



Wovor verschlüsselte Zugänge schützen, wozu sie gut sind

VPN: Sicher im Internet

Marktübersicht Provider • Technik im Vergleich



- Smarte Gartenbewässerungssysteme
- LoRaWAN-Outdoor-Gateway
- Zauberwürfel spricht mit App
- Kopfhörerverstärker mit Bluetooth

PCIe 3.0 und 4.0 im Vergleich

Die optimale SSD

Gamescom • Spilletrends • Hardware-Guide

Test: Gaming-Notebooks

Telekommunikation im Katastrophenfall

Impfstoffe: Warum CureVac durchfiel

Lernen mit Karteikarten-Apps

Starten mit Microsofts Active Directory

OpenWrt als WLAN-Repeater



€ 5,50

AT € 6,10 | LUX, BEL € 6,50

NL € 6,70 | IT, ES € 6,90

CHF 8.10 | DKK 60,00

E-Bikes finden, kaufen, tunen

5 Modelle im Test • Neue Motorenkonzepte • Legales Modding



1blu

Domainregen Homepage Boom

NOCH BIS ENDE AUGUST 2021

Keine Bestellannahme nach
dem 31.08.2021!

!

12 .de-Domains inklusive

Kostenlose SSL-Zertifikate

- > Webbaukasten inklusive
- > SSL-Certs von Let's Encrypt für alle Domains per Mausklick
- > 100 GB SSD-Webspace
- > Zusätzlicher Onlinespeicher (30 GB)
- > 4 externe Domains
- > 1.000 E-Mail-Adressen
- > 100 GB E-Mail-Speicher
- > 100 aktuelle 1-Klick-Applikationen
- > 100 SSD MySQL-Datenbanken

2,29
€/Monat*

Dauerpreis

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

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



E-Bikes: Sabotiert durchs Smartphone

Vor einem platten Reifen oder einer gerissenen Kette bei meinem E-Bike habe ich keine Angst. Kann ich alles flicken. Ob ich aber mein mächtig smartes Rad nach dem nächsten großen Betriebssystem-Update meines Smartphones noch nutzen kann, bringt mich schon jetzt ziemlich ins Grübeln. Das Bike hat ein schniekes Schloss, das sich selbst per Smartphone-App entsperrt, wenn sein Herrchen – also ich! – das so befiehlt. Wie lange wird es noch gehorchen?

Ich denke an das, was mir neulich mit einem Bluetooth-Schloss an meinem Winterfahrrad passiert ist: Das musste ich aufsägen. Denn die für die gewaltlose Öffnung zuständige App war für mein neues Smartphone-Betriebssystem nicht mehr erhältlich und gleichzeitig schwächelte der Akku meines nur dafür noch in Ehren gehaltenen alten Smartphones so sehr, dass ich es zur Vermeidung ungeplanter Wohnungsbrände entsorgen musste.

Auch bei meinem Auto, gar nicht so alt, klappen nur noch die Hälfte meiner elektronischen Gizmos. Ursprünglich sollte die über mein Smartphone laufende Navigation schick auf dem Riesen-Display des Fahrzeugs angezeigt werden. Geht nicht mehr, seit mein Smartphone zu neu ist. So nutzte ich das Festeinbau-Navi als Backup, das Eingaben zwar so träge verarbeitet, wie Drei-finger-Faultiere sich bewegen, aber ich sah wenigstens die Route und Staumeldungen. Bis die UMTS-Abschaltung die Verkehrshinweise versiegten ließ. Neue Landkarten fürs mit fünf Jahren wohl

steinalte Navi gibt es auch keine mehr. Auch sonst droht Ungemach: Für mein Keyless-Go-Öffnungssystem hat sich eine Sicherheitslücke gefunden, gestopft wird die nicht mehr.

Warum gibt es keine Update-Pflicht auch für smarte Technik in Autos, E-Bikes und lange haltbaren Geräten? Zurzeit harmoniert langlebige Technik wie E-Bikes und Autos einfach nicht auf Dauer mit Smartphones. Am Ende steht früher oder später ein durch ein Update forciertes Versagen, noch bevor die erwartbare natürliche mechanische Ermüdung zuschlägt. Da fällt es kaum noch ins Gewicht, dass Geräte sowieso immer öfter auch aus Mangel an so einem banalen Ersatzteil wie einem Plastikzahnrad nicht mehr repariert werden können. Schon jetzt sieht man marodierende verzweifelte Autobesitzer auf den Schrottplätzen und in Läden mit 3D-Druckern.

Was mein E-Bike angeht: Ich werde es wohl besser schnell verkaufen und mir ein weniger smartes zulegen.



Michael Link

Michael Link

Inhalt c't 18/2021

Titelthemen

VPN: Sicher im Internet

- 14 **Virtual Private Networks** Vor- und Nachteile
- 18 **Marktübersicht** VPN-Anbieter mit WireGuard
- 26 **Technikvergleich** Welche VPN-Variante wofür?

E-Bikes finden, kaufen, tunen

- 56 **Smarte Technik** für Fahrspaß und Sicherheit
- 62 **Test** Fünf E-Bikes für die City
- 68 **Zahlen, Daten, Fakten** E-Bikes
- 70 **E-Bike-Tuning** Was erlaubt ist und was nicht

Test: Gaming-Notebooks

- 84 **Gamescom 2021** Aktuelle Spieletrends
- 90 **Test** Fünf raytracingfähige Gamer-Notebooks
- 98 **Kaufberatung** Grafikkarten
- 100 **FAQ** Gaming-Hardware

Die optimale SSD

- 106 **PCI-SSDs** Vergleichstest günstig gegen teuer

Test & Beratung

- 72 **LoRaWAN-Outdoor-Gateway**
- 74 **Dell WB7022** 4K-Webcam mit Autofokus
- 74 **Webcam** mit Windows-Hello-Unterstützung
- 75 **Smartwatch** ohne Ladezwang
- 75 **Gamingmaus** Ultraleicht und edel
- 76 **PC-Barebone** Shuttle XPC slim DA320
- 78 **Zauberwürfel spricht mit App**
- 79 **Spiegelreflexkamera** Pentax K3 Mark III
- 80 **Kopfhörerverstärker mit Bluetooth**
- 80 **Laufwerksanalyse** mit WizTree
- 81 **Kollaborations-Tool** Butter
- 81 **KDE Connect** verbindet Smartphones mit PCs
- 82 **Malprogramm** Corel Painter 2022
- 83 **Evernote 10** Mehr als nur Notizen
- 112 **Bildbearbeitung** Plug-ins für Paint.NET
- 118 **Lernen mit Karteikarten-Apps**
- 126 **Smarte Gartenbewässerungssysteme**
- 168 **Action-Abenteuerspiel** Death's Door
- 169 **Bücher** Rust-Programmierung, Senioren im Netz

Aktuell

- 12 **Datenrettung nach Wasserschaden**
- 32 **Digitaler Impfnachweis** Chaos bei Apotheken
- 34 **Internet** BGH kassiert Facebooks Sperrpraxis
- 35 **Windows 11** Neues App-Management
- 36 **Anwendungen** Kein Dating für Impfgegner
- 37 **Digitale Schule** DigitalPakt stockt
- 38 **Bit-Rauschen** Intel-Umbruch, PlasticARM, 3dfx
- 39 **Hardware** 10-Nanometer-Xeons
- 40 **Netze** Neues WireGuard für Windows, QNAP-Bug
- 41 **Spielergrafikkarte** AMD Radeon RX 6600 XT
- 42 **Monitore** Neue Formate, OLEDs und MiniLEDs
- 43 **Videostreaming** Sky Q übers Internet
- 44 **Spiele** Festival A MAZE, Klage gegen Blizzard
- 45 **c't I/O** Virtueller Wasserspaß in 3D
- 46 **Bitcoin** China schaltet Mining-Farmen ab
- 48 **iOS-Sicherheit** Kryptologe wettert gegen Apple
- 49 **Security-Studie** Die häufigsten Sicherheitslücken
- 50 **Pegasus-Spyware** auf dem iPhone enttarnt
- 52 **Webtipps** Flughafen-WLAN, Dating, Namenskunde

14 VPN: Sicher im Internet



VPN-Dienste versprechen Anonymität, Schutz in öffentlichen WLANs und Zugriff auf Mediatheken ferner Länder. Wer die VPN-Technik versteht, tappt nicht in die Marketing-fallen der VPN-Provider.

Wissen

- 102 Telekommunikation im Katastrophenfall**
- 132 Impfstoffe: Warum CureVac durchfiel**
- 138 Content Delivery Networks** Das Rückgrat des Web
- 142 Starten mit Microsofts Active Directory**
- 172 Staatstrojaner** Sicherheit trotz Überwachung

Praxis

- 148 Raspi 4** als USB-Netzwerkadapter
- 150 Zwei-Faktor-Authentifizierung** per Authenticator
- 152 GitHub** auf der Kommandozeile bedienen
- 154 3D-Drucker** Abluftregelung mit Irisblende
- 158 OpenWrt als WLAN-Repeater**
- 162 Windows** Recovery-Partition reparieren

Immer in ct

- 3 Standpunkt** Smarte E-Bikes sabotiert
- 6 Leserforum**
- 11 Schlagseite**
- 54 Vorsicht, Kunde** Abkassiert trotz Garantie
- 174 Tipps & Tricks**
- 178 FAQ** Online-Kartenzahlungen
- 180 Story** Botschaften aus dem Netz
- 189 Stellenmarkt**
- 192 Inserentenverzeichnis**
- 193 Impressum**
- 194 Vorschau 19/2021**



c't Hardcore kennzeichnet im Heft besonders anspruchsvolle Artikel.

56 E-Bikes finden, kaufen, tunen



Bei E-Bikes gibt es viel neue Technik. Wir erklären Konzepte von Motoren, Antrieben und smarten Gimmicks und stellen legale Tuning-Maßnahmen vor. Im Test: Fünf E-Bikes für die Stadt und für Ausflüge.

90 Test: Gaming-Notebooks



Fünf Gaming-Notebooks mit raytracingfähigen GeForce- und Radeon-GPUs müssen zeigen, dass sie weder zu schwer noch zu kurzatmig sind, um auch unterwegs detaillierte 3D-Welten flüssig darzustellen.

Leserforum

Kein fruchbarer Boden

Standpunkt Security: Mit Linux wäre das nicht passiert, c't 17/2021, S. 3

Volle Zustimmung zu Ihrem Artikel. Nur wem sagen Sie das, wer der Verantwortlichen liest und begreift das? Unsere so beliebten BWL- und VWL-Studiengänge spucken Bachelors und Masters en masse aus, denen nichts anderes eingetrichtert wurde als Shareholder Value, gute Quartalszahlen, an allem zu sparen, was nicht zwingend notwendig ist, und outsourcing, was nur geht, denn damit kann man Verantwortung abschieben.

Wie sollen da Ihre Worte auf fruchtbaren Boden fallen? Und obwohl diese Strategie den Unternehmen in den letzten Jahren und auch erst ganz aktuell massiv mit Millionenschäden auf die Füße gefallen ist, erfolgt soweit ich das sehe kein Umdenken, im Gegenteil noch mehr Outsourcing, noch mehr Cloud.

Rainer Müller-Knoche

Und Linux hilft doch

Ihre These, in dem geschilderten IT-Umfeld brächte Linux kaum mehr Sicherheit, ist, mit Verlaub, blander Blödsinn. Dass und in welchen Aspekten die Sicherheitsarchitektur von Linux und vergleichbaren Betriebssystemen der von Windows konzeptionell und handwerklich überlegen ist, wurde tausendfach dargelegt. Bildlich gesprochen ist die „Sicherheit“ bei Windows eine auf die Spitze gestellte Pyramide. Man muss ständig balancieren und abstützen und der kleinste Windhauch bringt das ganze Gebilde in Gefahr. Hingegen steht bei Linux und Verwandten die Pyramide stabil und erdbebenfest auf ihrer Basis. Da braucht man gar nicht so viel Personal, um das System sicher einzurichten und zu pflegen.

Christoph Schmees, Bremen

Fehlender politischer Wille

Sie schreiben, dass es wirklich helfen würde, wenn Behörden der IT endlich den richtigen Stellenwert einräumen würden.

Das richtige Bewusstsein fehlt sicherlich auch einigen Behördenleitungen. Der wesentliche Mangel liegt aber anderswo: Es fehlt vor allem am politischen Willen, geeignete Voraussetzungen zu schaffen. Weder bei Wählerentscheidungen noch in den Parteiprogrammen ist das Thema sonderlich wichtig.

Jens Eisreh

Raspi 1 Model B+ reicht völlig

Raspi als Lebensverlängerung für USB-Drucker und -Scanner, c't 17/2021, S. 18

Für einen Gelegenheitsdruck oder -scan tut es hier ein Raspi 1 Model B+ mit 8-GByte-Karte. Beim Drucken zeigt htop nur für etwa 2 Sekunden pro Seite mal die 100-Prozent-Auslastung an, beim Scannen mit 600 dpi Farbe sind es 97 Prozent mit ganz gelegentlichen 100-Prozent-Spitzen. Nebenbei macht der Raspi noch kleinere triviale cron.hourly-Jobs ohne Mücken, ist also nicht ausschließlich zum Drucken abgestellt. Mit einem geschickt gewählten nice könnte man sicher auch noch enger getaktete Python-Jobs laufen lassen, ohne das Drucken zu bremsen.

Maik R.

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>

Fragen zu Artikeln

 Mail-Adresse des Redakteurs am Ende des Artikels

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

VM statt Raspi

Ich finde Raspi & Co. nur in Sonderfällen als Print-/Scan-Server sinnvoll. Ich verwende Drucker und Scanner schon immer extrem lange. Beim letzten habe ich durch ein Firmware-Update von 2012 auch unter Windows 10 über die USB-Buchse scannen können. Scannen über LAN habe ich unter Windows neuer als XP zwar nur hinbekommen, indem ich in einer virtuellen Maschine Linux installierte. Aber warum stattdessen einen Raspi verwenden?

notting

Doppelte Einwilligung nötig

Transkriptionsdienste: Audioaufnahmen in Text wandeln, c't 17/2021, S. 110

Ich hätte mir noch einen Hinweis auf die rechtlichen Konsequenzen gewünscht, denn Transkription ist grundsätzlich für alle Vorträge und gegebenenfalls auch Meetings interessant beziehungsweise steigert den Wert von Mitschnitten bis hin zur Durchsuchbarkeit. Das Problem ist, dass – nach meinem Verständnis – nicht einmal dann eine nachträgliche Transkription einer Meeting-Aufzeichnung mittels Webdienst rechtlich zulässig ist, wenn die Teilnehmer der Aufzeichnung zugestimmt haben, weil die Übertragung der aufgezeichneten Datei und die Verarbeitung durch Dritte wiederum die Zustimmung jedes Teilnehmers benötigen. Manch Anbieter (z. B. Google Meet) hat da eine akzeptable Live-Transkription (zumindest englisch) direkt eingebaut und man kommt um dieses Problem herum. Steht so eine eingebaute Funktionalität nicht zur

Pokini Flex

Unglaubliche Schnittstellenvielfalt für maximale Flexibilität in allen Bereichen



DER FLEXIBELSTE INDUSTRIE PC

mehr Infos auf
pokini.de/flex



LASSEN SIE SICH BERATEN

07322 / 9615 - 282

www.pokini.de | info@pokini.de

Sie sind auf der Suche nach einem zuverlässigen Partner um das Sortiment Ihres Systemhauses zu erweitern oder um ein IT-Großprojekt umzusetzen? Dann lassen Sie sich von uns überzeugen.

Unsere Industrie IT Marken

calmo

Pokini

Unsere Business IT Marke

exzone

Pokini
IT for rough environments



EXTRA Computer GmbH · Brühlstraße 12 · 89537 Giengen | Irrtum und Änderung vorbehalten. Nur solange der Vorrat reicht.

© Copyright by Heise Medien.

Verfügung, hätte ich wohl ein schlechtes Gewissen.

Karl Eilebrecht 

Raspi sperrt Linux auf

Verschlüsselte Linux-Systeme über SSH entsperren, c't 17/2021, S. 162

Ich habe für das Problem eine andere Lösung gefunden: Ich habe einen Raspberry Pi Zero W in ein USB-Gehäuse gepflanzt und lasse den sich als USB-Tastatur an dem Rechner anmelden, in dem er steckt. Angenehmerweise bezieht er auch gleich die Versorgungsspannung aus dem jeweiligen USB-Port.

Auf dem Pi läuft die USB-HID-Emulation und ein OpenVPN, mit dem er sich über WLAN in einen VPN-Server einwählt. So kann ich mich über das VPN auf dem Pi einloggen und so eine Passphrase in den Host eingeben, auch wenn noch überhaupt kein Betriebssystem gebootet ist.

Peter Franck 

Haare spalten

Wie Kryptosysteme auf Angriffe von Quantencomputern vorbereitet werden, c't 16/2021, S. 60

Absolut sichere und nachweislich unknackbare Verschlüsselung ist möglich und noch nicht einmal übertrieben kompliziert – oder neu. Man braucht dazu nur eine polyalphabetische Substitutions-Chiffre (z. B. nach Vigenère, von 1586) in Kombination mit Schlüsseln, die die gleiche Länge wie das Chiffraut haben und nur

einmal verwendet werden. Letztere bei den Anforderungen machen das Verfahren unpraktikabel, da es den vorhergehenden Austausch sehr großer One Time Pads über einen sicheren Kanal erfordert.

Dadurch ist diese Möglichkeit eine recht akademische und mein Leserbrief ergo klugscheißerisch. Nichtsdestotrotz: Ihre Aussage „Idealerweise sollte eine Verschlüsselung für immer unknackbar sein, aber das kann kein System garantieren“ ist so nicht korrekt. Das Problem ist, dass für den praktischen Einsatz nicht nur die Verschlüsselung unangreifbar sein muss, sondern auch der Schlüsselaustausch.

Ansgar Horstmann 

Sie haben natürlich recht. Zu so einem „System“ gehört zwar unserer Meinung nach auch die Schlüsselverwaltung (mit den von Ihnen angesprochenen Problemen), aber die Formulierung ist in der Tat nicht gut.

Rätselhaftes USB-Symbol

USB-C: Das leistet die praktische Schnittstelle, c't 16/2021, S. 90

An meinem Laptop (Tuxedo BM1707) befindet sich eine USB-C-Buchse mit einem Symbol, welches nirgendwo erklärt wird. Kennen Sie die genaue Bedeutung?

Michael Poeting 

Das Symbol entspricht in der Form nicht der Spezifikation. Es stellt schlicht eine 3.1 dar, was wohl die USB-Version angeben soll. Allerdings kann man davon nicht auf irgend-

welche Fähigkeiten oder die Geschwindigkeit schließen. Zur USB-3.1-Spezifikation zählen 5 GBit/s (USB 3.1 Gen 1) und 10 GBit/s (USB 3.1 Gen 2).

Windows-11-Desaster

Windows 11: Preise, Termine, Systemvoraussetzungen, Updates und Upgrades, c't 16/2021, S. 20

Aus meiner Sicht sind die aktuellen Hardwarevoraussetzungen für Windows 11 reichlich fragwürdig. Meine Frau nutzt einen ASRock DeskMini A300 Barebone mit einem AMD Athlon 200GE. Der Rechner ist gerade einmal 15 Monate alt. TPM 2.0, 1-TByte-SSD und 8 GByte RAM sind eingebaut. Nur die CPU gefällt Microsoft nicht. Ich verwende ein Microsoft Surface Pro 4 zum Surfen, für E-Mail, Office und Skype. Für meine Zwecke ist der Core i7-6650U ausreichend schnell. Auch hier ist laut Microsoft die CPU nicht kompatibel.

Über das Thema TPM 2.0 kann man streiten. Eine kundenfreundliche Lösung wäre, wenn Microsoft ein TPM 2.0 nur für neue Rechner und Mainboards verbindlich vorschreiben würde. Und existierende Computer nutzen TPM 2.0, wenn es vorhanden ist. Betrachtet man das Thema Hardwarevoraussetzungen aus dem Blickwinkel Umweltschutz und Ressourcen schonen, dann ist Windows 11 ein Desaster.

Norbert Piechotta 

Ergänzungen & Berichtigungen

Falsche Bildquelle

Mobiles Arbeiten wird zum neuen Normalfall, c't 17/2021, S. 56

Der Quellennachweis des Fotos auf Seite 58 unten links ist nicht korrekt: Das Foto wurde nicht von Katja Seidel aufgenommen, sondern von Nina Stiller.

Besser versichert bei mobiler Arbeit

Recht: Mobiles Arbeiten, c't 17/2021, S. 64

Die Angaben zur gesetzlichen Unfallversicherung bei mobiler Arbeit sind veraltet. Seit Mitte Juni besteht im Homeoffice und unterwegs der gleiche Versicherungsschutz wie im Büro. Auch die Wege zwischen Homeoffice und Kindergarten oder Schule sind seitdem versichert. Die Neuregelungen wurden mit dem „Betriebsräte-Modernisierungsgesetz“ getroffen.



Bild: Michael Poeting

Das Symbol über diesem USB-C-Anschluss entspricht keinem Standard und sagt nichts über Funktion oder Geschwindigkeit aus.

Große Veränderungen beginnen mit kleiner Technik

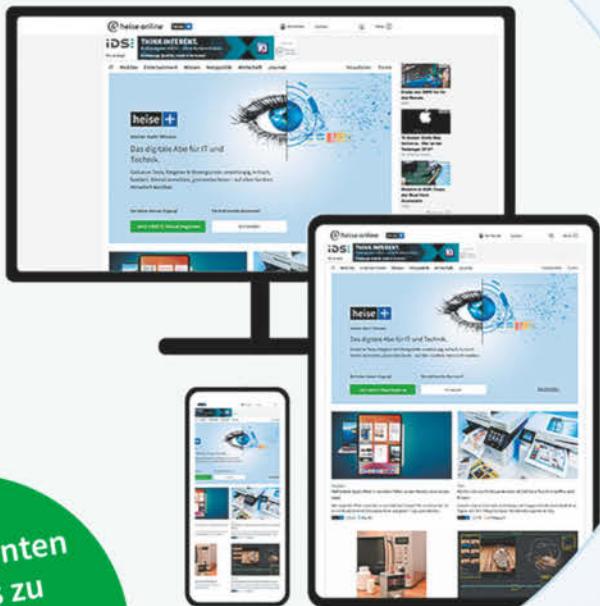
Fortschritt entsteht nicht immer durch revolutionäre Großprojekte. Oft sind es kleine Bau- teile, die einen technologischen Wandel herbeiführen. So kann zum Beispiel in Zukunft die Überwachung von Feinstaubbelastung und Emissionswerten in Städten und Ballungszen- tren vollständig autonom erfolgen – durch wenige unscheinbare LoRa-Sensoren an den Messstationen. Und das ist nur der Anfang: Dank hoher Übertragungsreichweiten bei sehr niedrigem Energieverbrauch eignet sich LoRa-Sensorik ideal für viele weitere innovative IoT- Projekte. Sie möchten mehr über **LoRa & LoRaWAN** erfahren oder planen bereits ein Projekt? Wir sind gerne für Sie da! Kontaktieren Sie uns einfach unter thomas-krenn.com/anfragen



E-Book “LoRa & LoRaWAN”
Jetzt kostenlos downloaden!
thomas-krenn.com/lorawan

**THomas
KRENN®**

c't-Abo-
nenten
lesen bis zu
75%
günstiger



Das digitale Abo für IT und Technik.

**Exklusives Angebot für c't-Abo-
nenten:**
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

- ✓ Zugriff auf alle Artikel von heise+
- ✓ Alle Heise-Magazine online lesen: c't, ix, 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

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



Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite

Daten schürfen im Schlamm

Erste Hilfe für untergegangene Datenträger

Versehentlich gewässerte Festplatten, Sticks und Speicherkarten müssen nicht gleich in den Müll. Selbst bei Datenträgern aus den Schlammmassen der Flutkatastrophe im Westen Deutschlands besteht eine Chance auf Datenrettung.

Von Lutz Labs

Der Lagerplatz für alte Notebooks und PCs sowie die IT-Restbestände aus ausgemusterten Rechnern ist in vielen Fällen der Keller – der bei Starkregen potenziell überflutet werden kann. So wurden vor einigen Wochen die Untergeschosse vieler Häuser in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz überschwemmt. In einigen Gebieten stand das Wasser sogar bis zu den Fenstern der ersten Obergeschosse und erreichte damit auch das aktuell benutzte IT-Equipment.

Defekte Netzteile, Grafikkarten, Mainboards oder Monitore sind ärgerlich, unersetztlich hingegen sind oft die Daten auf Festplatten, SSD, USB-Sticks und Speicher-

karten. Wer kein trockenes Backup hat, muss versuchen, die Daten vom nassen Datenträger herunterzuholen. Zum Glück klappt das in vielen Fällen erstaunlich gut.

Zuallererst steht der Kauf eines neuen Mediums an, auf dem genügend freier Speicherplatz für die Daten sein sollte. Denn auch wenn man die durchnässten Datenträger noch einmal dazu bringen kann, ihre Daten herzugeben: Für den produktiven Einsatz sollte man sie nicht mehr hernehmen, sondern sie nach der Datenrettung fachgerecht entsorgen. Die Gefahr, dass durchfeuchtete Platinen auf Dauer etwa zu Haarrissen in den Leiterbahnen führen und damit erneut ein Datenverlust ins Haus steht, ist viel zu groß.

Für Komplettrechner und Notebooks stehen die Chancen auf eine vollständige Wiederherstellung schlecht. Versuchen Sie gar nicht erst, diese Geräte zu retten. Bauen Sie stattdessen die Datenträger aus, deren Daten Sie retten wollen, der Rest muss leider weg.

Ausbauen, säubern und trocknen

Festplatten verlangen zwar später eine besondere Behandlung, der erste Schritt aber ist bei allen Datenträgern gleich: säubern und trocknen. Bauen Sie dazu die Platinen aus den Gehäusen aus. Bei SSDs reicht meistens ein kleiner Kreuzschlitzschraubendreher, manchmal braucht man Torx- oder Pentalob-Bits, manchmal sind die Gehäuseenteile auch nur ineinander verhakt. Einige SD-Karten stecken in einem Gehäuse, auch wenn man ihnen das gar nicht ansieht, viele USB-Sticks ebenfalls. Bei billigen Modellen reichen manchmal schon die Fingernägel, um die Gehäuse aufzubrechen, Gitarristen besitzen für härtere Fälle ein Plektrum. Sollte das zu reinigende Gerät einen Lüfter enthalten, ziehen Sie dessen Kabel ab oder blockieren ihn anderweitig: Ein sich drehender Lüfter induziert eine Spannung, die angeschlossene Bauteile beschädigen kann.

Sehr verschlammte Geräte sollte man zunächst vorsichtig mit Leitungswasser ab-

spülen (mit Ausnahme von Festplatten, dazu gleich mehr). Vermeiden Sie hohen Wasserdruck: Er könnte das Wasser an Stellen drücken, die bislang noch nicht betroffen waren. Nutzen Sie besser einen Pinsel und tragen Sie Handschuhe, denn der Schlamm kann eine ungesunde Mischung aus Fäkalien und Heizöl enthalten, die zu Magen-Darm-Beschwerden führen kann.

Mit destilliertem Wasser spülen Sie im nächsten Schritt die zurückgebliebenen leitfähigen Mineralien aus dem Leitungswasser wieder weg. Achten Sie dabei besonders auf die Kontaktflächen und ziehen Sie eventuelle Steckverbinder ab. Wer besonders gründlich sein möchte, spült die Platinen anschließend mit 99,9-prozentigem Isopropanol aus der Apotheke ab. Isopropanol ist nicht leitfähig, verdunstet rückstandslos, löst eventuelle Fett- und Ölablagerungen und desinfiziert die Platinen, wenn man es mit etwa 30 Prozent destilliertem Wasser versetzt.

Nun geht es ans Trocknen: Die meisten IT-Geräte vertragen bis zu 70 °C, allerdings sollten sie nur langsam erwärmt werden. Viele Haushaltsbacköfen sind vor allem in den unteren Temperaturbereichen sehr ungenau, bleiben Sie lieber etwas unter der Maximaltemperatur und erhöhen und verringern Sie die Temperatur in kleinen Schritten. Für die Trocknung von Festplatten empfiehlt Toshiba eine Veränderung um maximal 20 °C pro Stunde, insgesamt sollten die Laufwerke mindestens einen halben Tag im Backofen verbringen. Mikrowellenöfen und Föhne sind für die Trock-



Ein so verschlammtes Notebook ist kaum noch zu retten. Die Daten der SSD lassen sich jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit auslesen.



Externe Festplatten sollte man vor der Reinigung aus dem Gehäuse befreien.

nung ungeeignet, auch von einer Trocknung auf der Heizung raten wir aufgrund der ungenauen Temperaturverhältnisse ab. Lassen Sie die Datenträger nach dem Trocknen mindestens einen, besser noch mehrere Tage liegen, bevor Sie mit der Datenrettung beginnen.

Sonderbehandlung für Festplatten

Mit Ausnahme von hochkapazitiven heliumgefüllten Laufwerken haben die allermeisten Festplatten ein kleines Loch für den Druckausgleich. Durch dieses kann jedoch Wasser in das Gehäuse eindringen. Glücklicherweise klebt unter dem Loch zunächst ein Filter mit Aktivkohle, der nach unseren Erfahrungen zwar selbst nass wird, das Eindringen von Wasser in das Innere des Gehäuses jedoch zumindest in unserem Test zuverlässig verhinderte. Die Festplatten lagen in unserem Versuch eine Nacht lang in einer Wassertiefe von etwa einem halben Meter im Teich hinter unserem Verlagsgebäude. Größere Tauchtiefen führen zu höheren Drücken und damit steigender Wahrscheinlichkeit für einen Wassereinbruch.

Trotz des recht guten Eindringschutzes sollten Sie Festplatten nicht unter fließendes Wasser halten, sondern lediglich die wichtigsten Stellen mit einem feuchten Lappen reinigen. Schrauben Sie zusätzlich die Platine von der Unterseite ab und reinigen Sie die Kontakte – bei einer Samsung-Platte aus unseren Versuchen hat das zum Erfolg geführt.

Bei sehr alten Festplatten bestand der Filter an der Druckausgleichsöffnung noch nicht aus Aktivkohle, sondern aus Papier. Das hält das Wasser nicht auf, wie uns ein Toshiba-Manager nach einem Versuch mitteilte. Sofern Sie ein Laufwerk aus der PATA-Zeit retten müssen, sollten Sie direkt zu einem Datenretter gehen; Selbstversuche sind zu gefährlich: Selbst wenn das eingedrungene Wasser getrocknet ist, verbleibt auf den Scheiben eine mineralische Schicht von ein paar Mikrometer Dicke. Da die Köpfe jedoch nur wenige Nanometer über den Scheiben fliegen, würde dies sofort zu einem Headcrash führen. Mutige Zeitgenossen können die Festplatte öffnen und mit Isopropanol reinigen, für kurze Zeit läuft eine solche Platte auch in der normalen Umgebungsluft.

Auslesen

Noch ist nicht sicher, dass das getrocknete Gerät auch wirklich funktioniert. Um den



Der Aktivkohlefilter dieser Festplatte ist beim Tauchen zwar feucht geworden, hat aber kein Wasser in das Innere durchgelassen.



Bild: Rainer Werner Käse, Toshiba

Auslese-PC zu schützen, sollten Sie die Geräte nur per USB anschließen, besser noch über einen aktiven USB-Hub. Wenn es einen Schaden gibt, dann ist nur der Hub hinüber und nicht gleich der ganze PC.

Für USB-Sticks, SD-Karten und SATA-Festplatten dürften in vielen Haushalten Adapter vorhanden sein. Handelt es sich bei der Festplatte noch um ein altes PATA-Modell, empfiehlt sich ein PATA-USB-Adapter für rund 20 Euro.

Nach der erfolgreichen Sicherung sollten Sie eine weitere Kopie der Daten anlegen und diese an einem anderen Ort lagern. Noch besser ist der 3-2-1-Ansatz: drei identische Versionen auf zwei unterschiedlichen Datenträgern, davon eine außer Haus.

Professionelle Datenretter

Wer sich einen Rettungsversuch nicht zutraut oder Angst hat, wirklich wichtige Daten durch das eigene Unvermögen endgültig zu vernichten, sollte professionelle Datenretter beauftragen. Einige Dienstleister haben sogar spezielle Tarife für von der Flutkatastrophe Betroffene angekündigt.

Geben Sie die Datenträger dort so ab, wie Sie sie gefunden haben, dann haben die Datenretter die besten Chancen. Verpacken Sie sie zwecks Feuchtigkeitserhalt und daraus resultierender Korrosionsvermeidung möglichst luftdicht; versuchen Sie gar nicht erst, Schlamm oder Dreck zu entfernen. Achten Sie bei der Auswahl des Unternehmens auf Referenzkunden sowie Bewertungen in den sozialen Medien und lassen Sie sich einen Kostenvoranschlag geben. Eine Empfehlung für oder gegen bestimmte Anbieter können wir hier nicht geben; einige Wochen Wartezeit müssen Sie aktuell sicher einkalkulieren.

Ältere Festplatten nutzen statt Aktivkohle einen Papierfilter. Der hält das Wasser nicht auf, dieses Laufwerk wäre ein Fall für den Datenretter gewesen.

Nasse Smartphones retten

Die meisten modernen Smartphones lassen sich zum Trocknen nicht öffnen; auch der alte Tipp, den Akku zu entfernen, klappt immer seltener. Wer einen Cloud-dienst zur Speicherung seiner Adressen und der Fotos nutzt, kann sich zurücklehnen: Die Daten können Sie an einem anderen Gerät wieder abrufen. Alle anderen müssen ebenfalls erst einmal das Telefon trocknen und dann weitersehen.

Mit etwas Glück ist das Smartphone sogar wasserdicht und damit noch funktionsfähig. Wenn nicht, sollte es zunächst mehrere Tage trocknen – auch dafür bitte weder die Mikrowelle noch einen heißen Föhn einsetzen. Falls es sich nach Trocknen und Laden noch nicht einschalten lässt, hilft eventuell der Gang zum Servicepartner des Herstellers. Weisen Sie ausdrücklich darauf hin, dass auf dem Gerät wichtige Daten sind, damit der Service nicht einfach ein neues Mainboard mit frischem Speicher einbaut, sondern das Gerät wirklich repariert. Mit etwas Glück sind die Daten anschließend wieder da.

Bei unseren Versuchen haben wir lediglich Festplatten gebadet, denn diese sind aufgrund der mechanischen Bauteile am stärksten durch das Wasser gefährdet. Alle haben das Bad überlebt, und auch bei SSD, USB-Sticks und Speicherkarten stehen die Chancen auf eine erfolgreiche Datenrettung sehr gut, selbst wenn wie bei einer Flutkatastrophe aus Wasser Schlamm wird.

(ll@ct.de) ct

Der VPN-Guide

Wovor ein Zugang zum Virtual Private Network schützt und wovor nicht



Vor- und Nachteile der Technik	Seite 14
Provider in der Marktübersicht	Seite 18
Nachgeschlagen: Technikdetails	Seite 26

VPN-Anbieter versprechen, die übertragenen Daten stets zu verschlüsseln, geografische Sperren aufzuheben und Anonymität herzustellen. Doch auch wenn die Technik selbst über jeden Zweifel erhaben ist, hat sie ihre Tücken. Man sollte sich schon deshalb nicht blind einem Anbieter anvertrauen.

Von Peter Siering

Sie haben sicher auch schon davon gehört, dass es ganz einfach sei, gesperrte Serien oder Sportereignisse in einem Streamingportal über ein VPN anzusehen. Sie sind bestimmt schon davor gewarnt worden, offene WLANs ohne VPN zu verwenden, weil Ihre Daten dann leicht abhörbar durch den Äther fliegen. Sie haben vielleicht auch mal darüber nachgedacht, anonym ins Internet zu gehen, um sich die dunkle Seite der Macht anzusehen, und haben dazu VPN-Anbieter empfohlen bekommen. Doch ist das immer eine gute Wahl und welcher Anbieter ist seriös?

Anvertrauen

Virtual Private Network (VPN) als Technik baut verschlüsselte Tunnel zwischen Netzwerken auf. Ursprünglich diente das vor allem dazu, Netze über unsichere Verbindungen zu koppeln und mobile Nutzer (Road Warriors) sicher ins Firmennetzwerk zu holen. Beim Firmeneinsatz ist das Verhältnis eindeutig: Der Firmenadmin, der dazu die Zugangsdaten oder Schlüssel ausgibt, wird zumeist vertraglich vom Arbeitgeber zu Vertraulichkeit verpflichtet. VPN-Anbieter hingegen erlegen sich solche Pflichten selbst auf. Kunden sollten deswegen wissen, dass die Anbieter stets alle Schlüssel kennen, um Klartext mitzulesen.

Dass das keine theoretische Möglichkeit ist, sondern in der Praxis ausgeschöpft wird, um aus den Nutzungsdaten Profit zu schlagen, ist kein Geheimnis: Bei VPN-Anbietern, die ihre Dienste kostenlos anbieten, besteht darin oft das Geschäftsmodell. Sie machen daraus nicht mal einen Hehl, sondern gestehen das in Geschäfts-

bedingungen und Datenschutzerklärung ein. Aber nicht jeder: Facebook kaufte 2013 den Dienst Onavo mit seinem VPN-Angebot und nutzte ihn heimlich zum Sammeln von Nutzerdaten. 2019 verschwand das Angebot.

Doch nicht nur mit den Daten wird getrickst. Es tauchen immer mal wieder auch Anbieter auf, die VPN kreativ interpretieren. 2015 machte die Runde, dass der Anbieter Hola die Internet-Anschlüsse der Kunden seines Gratisangebots benutzt, um dort den Datenverkehr anderer Kunden auszuleiten. Das klingt auf den ersten Blick elegant, aber hat rechtliche Implikationen. Wenn nämlich ein anderer VPN-Nutzer Urheberrechtsverletzungen begeht, könnten sich die auf den Plan gerufenen Anwälte an den nichts ahnenden

Anschlusseigner halten. In der FAQ weist Hola auf die Technik hin, ohne aber vor möglichen Gefahren zu warnen. Zahlende Kunden sollen nicht betroffen sein.

Misstrauen

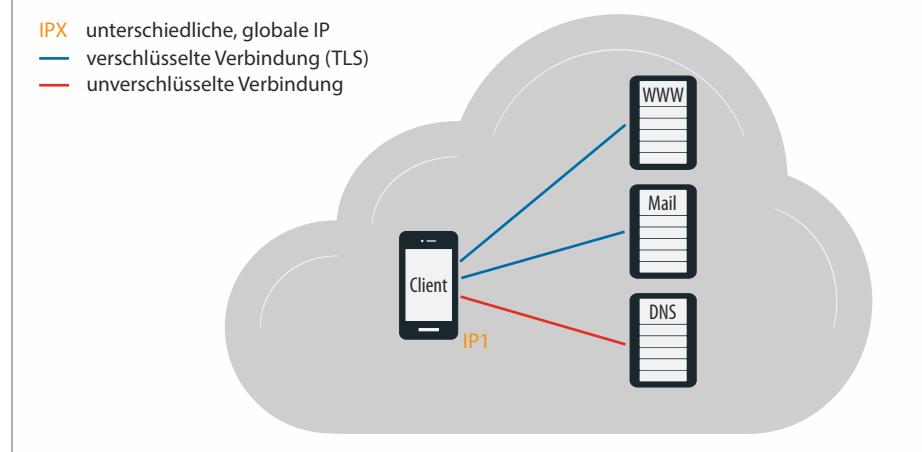
Wer vorschnell zu einem VPN-Angebot greift, läuft also Gefahr, über den Tisch gezogen zu werden. Besonders gilt das, wenn man sich an einer der vielen im Internet zugänglichen Bestenlisten orientiert. Viele dieser Sites leben vom Affiliate-Geschäft, also von Provisionen, die der Betreiber erhält, wenn ein Besucher direkt per Link in den Shop des VPN-Providers hüpfst. Der eine oder andere VPN-Provider wirbt unterdessen damit, dass er sich an diesem Zirkus nicht beteiligt. All das sind Indizien, die bei der Wahl eines geeigneten VPN-Providers helfen können. Wir haben uns elf VPN-Provider genauer angesehen und stellen deren Angebote ab Seite 18 im Detail vor.

Alle, die gern tüfteln, können auch einen eigenen VPN-Dienst aufsetzen: Dazu braucht man entweder einen Router, der das schon von sich aus beherrscht, oder einen dauerhaft laufenden Computer wie einen Raspi. Ihr VPN-Tunnel überbrückt dann fremde Netze, etwa unverschlüsselte WLANs im Hotel, bis zu Ihrem Heimnetzwerk. Erst dort wird der verschlüsselte Verkehr entpackt und gelangt über den dortigen Anschluss ins Internet. Dadurch entstehen keine Kosten und Sie

Ohne VPN mit TLS

Wenn heute ein PC oder ein Smartphone Internet-Dienste anspricht, geschieht das in der Regel verschlüsselt. Die globale IP-Adresse des Clients ist den angesprochenen Servern bekannt. Web- und E-Mail-Server lassen sich heute nicht mehr auf Klartextverbindungen ein. Häufig aber laufen Namensanfragen (DNS) noch im Klartext durchs Netz. So entstehen schon recht umfangreiche Bewegungsdaten eines Surfers. Obendrein verpetzt der TLS-Verbindungsaufbau den angefragten Hostnamen (SNI). Aus solchen Daten schlagen dubiose VPN-Provider Profit.

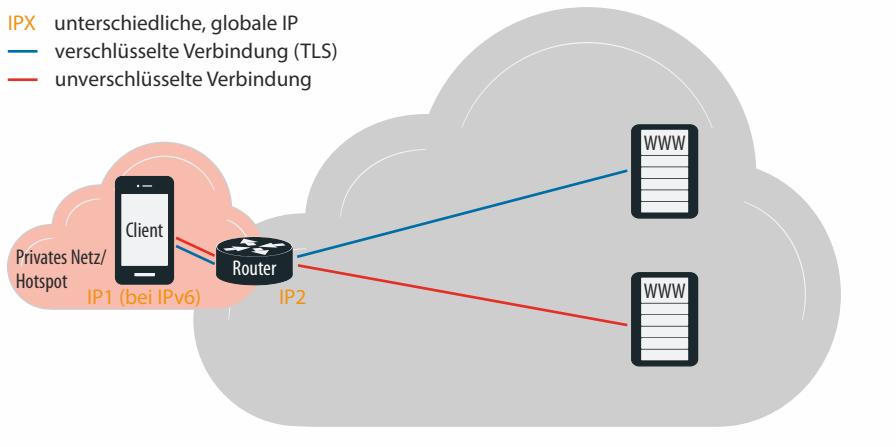
- IPX unterschiedliche, globale IP
- verschlüsselte Verbindung (TLS)
- unverschlüsselte Verbindung



Eigene IP ohne VPN verstecken

Offene WLAN-Hotspots, viele Mobilfunkprovider oder andere große Netzwerke, die Clients eine private IP-Adresse verpassen, erreichen einen ähnlichen Effekt wie ein VPN-Server: Ein aufs Internet zugreifender Client versteckt sich in der Masse der anderen Clients hinter der öffentlichen IP-Adresse dieses Netzes. Wie detailliert der Betreiber protokolliert und ob er einen konkreten Nutzer zu fassen bekommt, dazu gibt es meist keine Auskunft. VPN-Provider versprechen, das nicht zu tun. Im Fall globaler IPv6-Adressen, wie sie Mobilfunkprovider heute vergeben, funktioniert das Verstecken nicht.

- IPX unterschiedliche, globale IP
- verschlüsselte Verbindung (TLS)
- unverschlüsselte Verbindung



müssen sich nicht Dritten anvertrauen. Hilfestellung in Form von c't-Artikeln finden Sie unter [ct.de/yach](#).

Für all diejenigen, die schon dem eigenen Internet-Provider misstrauen, ist das keine Lösung. Wenn Sie Ihre Aktivitäten hinter den IP-Adressen eines VPN-Providers verstecken wollen, dann müssen Sie sich eben solchen Angeboten anvertrauen. Oft aber ist der Gewinn, den sich Kunden dadurch versprechen, ein Irrtum: Die

IP-Adresse, mit der Sie sich im Internet bewegen, lässt vor allem dann Rückschlüsse auf Sie zu, wenn es hart auf hart kommt und sich jemand mit juristisch berechtigtem Interesse bemüht, Ihre Identität ermitteln zu lassen. Internet-Provider geben Ihre Daten dann heraus. VPN-Provider behaupten, das nicht zu tun.

Für die Betreiber von Websites und anderen Diensten ist eine IP-Adresse nicht so sehr viel wert. Zum einen verbergen sich

hinter einer Adresse oft viele Nutzer, zum anderen wechselt sie häufig. Bei IPv6 sorgen die Privacy Extensions dafür, dass Windows alle 12 Stunden die Adresse ändert. So haben die Anbieter längst bessere und perfidere Methoden entwickelt, Benutzer wiederzuerkennen. Erst wenn man sich auf das mühsame Unterfangen eingelassen hat, all diese Plagegeister aus dem Fell zu schütteln (siehe [ct.de/yach](#)), gewinnt man noch mehr Anonymität durch das Verschleiern der IP-Adresse per VPN.

Einen Vorteil verspricht eine andere IP-Adresse allerdings: Dienste erkennen nicht mehr zwangsläufig, in welcher geografischen Region der Internetanschluss liegt. Anhand der Adresse lässt sich das nämlich ziemlich exakt bis hinunter zur Stadt ermitteln. Größere VPN-Provider betreiben weltweit mehrere tausend Server, sodass ihre Kunden sich gezielt auf andere Kontinente begeben können – jedenfalls denken die Dienste das anhand der IP-Adresse, die sie zu sehen bekommen.

Urvertrauen

Anbieter von urheberrechtlich geschütztem Material, das noch dazu unterschiedliche Veröffentlichungstermine auf verschiedenen Kontinenten oder in verschiedenen Ländern hat – Streamingdienste oder lokale Mediatheken –, haben sich allerdings längst auf die VPN-Trickserei eingestellt. Sie blockieren Zugriffe, die von ihnen bekannt gewordenen VPN-Servern stammen. Allzu schwer ist das nicht, weil die von den Providern in Rechenzentren angemieteten Server typischerweise andere IP-Adressbereiche verwenden als die Kunden, die von ihren DSL-, Kabel- und Glasfaseranschlüssen aus die Angebote nutzen.

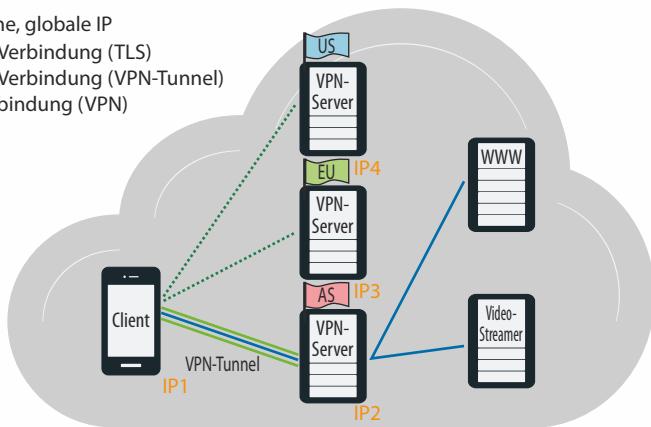
Von der Tatsache, heute mit einem VPN-Provider hierzulande noch nicht erhältliche US-Serien ansehen zu können, sollte man nicht auf Morgen schließen. Wer das allzu voreilig tut und stark rabattierte Zwei-Jahres-Verträge abschließt, tappt in die Muckibudenfalle des Internets. Obendrauf: Viele VPN-Provider brüsten sich zwar mit einer riesigen Zahl von Servern weltweit. Gezielt ansteuern kann man die aber oft nicht – die Provider versuchen, Kunden gleichmäßig auf die Server zu verteilen, sodass man mit Pech und ohne Handarbeit vielleicht nur an die Server gerät, die auf Blacklisten stehen.

Apropos Handarbeit: Achten Sie darauf, die Dienste eines VPN-Providers ohne dessen Spezialsoftware nutzen zu können. Zum einen können Sie so selbst beeinflus-

Virtuelle Ortswechsel per VPN

VPN-Provider betreiben Server in vieler Herren Länder. So erhält der Kunde eine IP-Adresse, die Internet-Dienste dem Land zurechnen. Videostreamingplattformen werten die aus. Allerdings pflegen die auch Blacklisten mit den IP-Adressen der VPN-Server, sodass ein Zugriff auf die Plattform über das VPN früher oder später misslingt.

- IPX unterschiedliche, globale IP
- verschlüsselte Verbindung (TLS)
- verschlüsselte Verbindung (VPN-Tunnel)
- alternative Verbindung (VPN)



sen, mit welchem seiner VPN-Server Sie sich verbinden. Zum anderen stellen Sie so sicher, dass der Betreiber keine Extras einbaut, etwa Ihren Internetanschluss andere Kunden mitbenutzen lässt (wie das eingangs erwähnte Hola). Im Zweifel ist die offizielle Software der Open-Source-Projekte wie WireGuard oder OpenVPN oder die bereits in Client-Betriebssystemen integrierte VPN-Zugangssoftware die beste Wahl.

Wenn Sie dieser Empfehlung folgen, vergeben Sie ein viel gepriesenes Feature, den sogenannten Kill-Switch. Darunter verstehen die VPN-Provider eine Funktion, die sicherstellen soll, dass sämtliche Daten von Ihrem Client nur durch den VPN-Tunnel fließen. Bei einer VPN-Störung sollen so – für den Nutzer womöglich unbemerkt – keine Daten über den regulären Internetzugang des Clients laufen. Vom Prinzip her ist das eine gute Idee. Wer das aber wirklich in Perfektion braucht, sollte das anders sicherstellen: Filterregeln auf Ihrem DSL-Router, die nur Verbindungen zum VPN-Server zulassen, sind aus unserer Sicht weitaus vertrauenswürdiger.

Ähnliches gilt auch für die weiteren Extras, mit den einige VPN-Provider ihren Nutzwert aufhübschen wollen: Sie betreiben eigene, filternde DNS-Server, um ihren Kunden Werbung vom Hals zu halten. Aus unserer Sicht sind solche Angebote eine gute Idee. Aber sie zahlen sich vor allem dann voll aus, wenn sie unabhängig betrieben werden – also ohne etwaige andere Interessen. Wenn Sie wirklich darauf angewiesen sind, sich maximal zu schützen, nutzen Sie unsere Hinweise aus Artikeln der letzten c't-Ausgaben (siehe ct.de/yach). Betreiben Sie gegebenenfalls einen eigenen filternden DNS-Server wie Pi-Hole oder Adguard und lassen Sie den verschlüsselten DNS verwenden (siehe ct.de/yach).

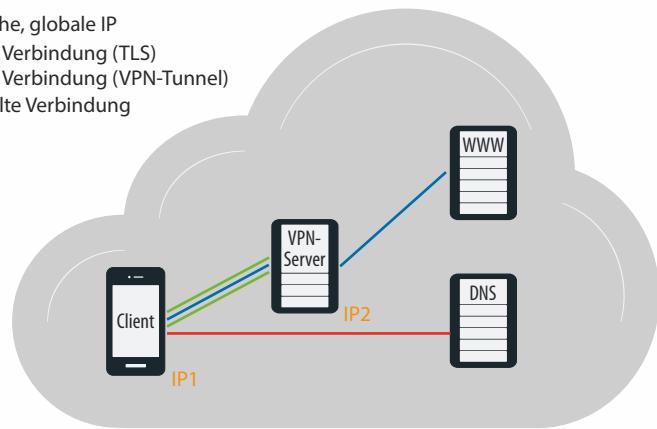
Vertrauen

Auch wenn gegenüber den VPN-Providern eine Grundskepsis angebracht ist, liefern sie doch einen sinnvollen und durchaus empfehlenswerten Dienst: Sobald Sie sich mit Ihren Geräten in einem öffentlichen, offenen, nicht verschlüsselten WLAN bewegen, sollten Sie das nur mit einer VPN-Verbindung tun. Die stellt sicher, dass alle Daten verschlüsselt sind, die Ihr Client verschickt und empfängt. Selbst wenn Sie sich versehentlich in den Märschen eines Netzes verfangen, das Böswichte mit dem Ziel betreiben, Daten abzufischen, wären Sie dann sicher.

Split-Tunneling im VPN

Wer sich hinter einem VPN-Server verstecken möchte, sollte tunlichst vermeiden, dass – vom VPN-Verkehr abgesehen – Daten außerhalb des Tunnels den Client verlassen. Schon ein Paket könnte reichen, um den Schutz auffliegen zu lassen. DNS-Anfragen oder nicht vollumfängliche IPv4- und IPv6-Unterstützung durch das VPN können Ursache dafür sein. Firmen schätzen hingegen das Verhalten, wenn Sie die Bandbreite Ihres VPN-Servers schonen wollen: Nur der fürs Unternehmensnetz gedachte Verkehr fließt dann durch den Tunnel.

- IPX unterschiedliche, globale IP
- verschlüsselte Verbindung (TLS)
- verschlüsselte Verbindung (VPN-Tunnel)
- unverschlüsselte Verbindung



Sollte Ihr Ziel sein, unerkannt im Internet aktiv zu werden, sind VPNs ein zweifelhaftes Mittel: Wie Ihr Internet-Provider kennt der VPN-Betreiber meist Ihre Identität. Wie haltbar seine Versprechen sind, nichts zu protokollieren und die Identität seiner Kunden nicht preiszugeben, ist meist unbelegt. Hinweise, dass einzelne VPN-Server übernommen worden sind, gibt es. Ob das genügt, um

Ihre Identität aufzudecken, steht auf einem anderen Blatt. Mit Tor oder auch offenen WLANs, die von nicht kommerziellen Initiativen wie Freifunk betrieben werden, gibt es gute Alternativen. Keine der Methoden garantiert jedoch unter allen Umständen Anonymität.

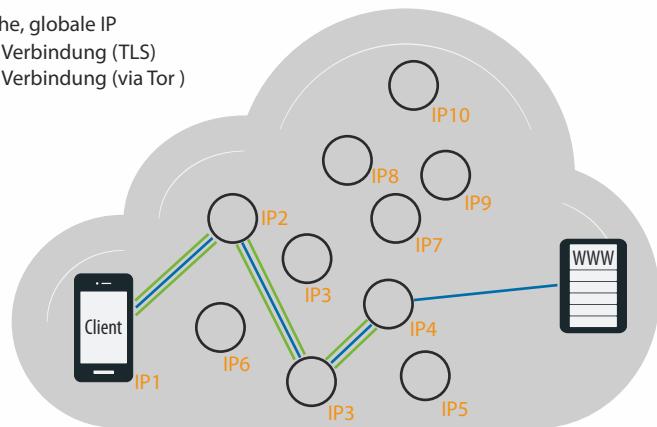
(ps@ct.de) ct

Vertiefende Artikel: ct.de/yach

Tor als VPN-Alternative

Im Tor-Netzwerk wählt ein Client aus der Gesamtzahl der Tor-Knoten einen Eintritts-, Vermittlungs- und Austrittsknoten. Auf jeder Verbindung kommt ein anderer Schlüssel zum Einsatz. Nur der Client kennt diese und gibt jeweils einen an den beteiligten Node weiter. Verbindungen scheinen stets von der IP-Adresse des Austrittsknoten zu stammen. Der Knoten und damit die IP-Adresse ändert sich automatisch alle zehn Minuten. Die vielen beteiligten Knoten und die Entschlüsselungslast verlangsamen den Datenfluss.

- IPX unterschiedliche, globale IP
- verschlüsselte Verbindung (TLS)
- verschlüsselte Verbindung (via Tor)
- Tor-Nodes





Tunnelblick

Elf VPN-Anbieter mit WireGuard im Vergleich

Intransparente Rabatte, vollmundige Versprechen, fragwürdige Werbeprogramme. Die VPN-Branche gibt kein gutes Bild ab, dabei geht es doch um Vertrauen. Wer genau hinschaut, findet aber auch datenschutzfreundliche VPN-Anbieter mit klaren Tarifen und nützlichen Funktionen.

Von Keywan Tonekaboni

Wenn das Internet die Datenautobahn ist, dann sind die VPN-Anbieter die Gebrauchtwagenhändler des Internets. Es gibt unzählige Anbieter mit teils großspurigen Versprechen zu Anonymität, Privatsphäre und Sicherheit. Dabei sind einige der vollmundigen Behauptungen schlicht falsch und andere lassen sich nicht verifizieren.

Dieser Artikel soll etwas Klarheit in die trübe VPN-Angebotssuppe bringen.

Der Fokus liegt auf Anbietern für Privatpersonen, die sich in öffentlichen WLANs schützen wollen oder sich im Netz mit einer im Ausland verorteten IP-Adresse bewegen möchten. Wir erklären, worauf es bei der Auswahl eines VPN-Anbieters ankommt und von welchen gewagten Werbeaussagen Sie sich nicht blenden lassen sollten.

Wer ein VPN verwenden möchte, muss dem Anbieter vertrauen. Was auf dem Server passiert, bleibt für Außenstehende verborgen. Daher sollte zumindest der Verbindungsaufbau so transparent wie möglich sein. Unsere Übersicht haben wir deshalb auf solche Dienstleister eingeschränkt, die Verbindungen mittels WireGuard über die im Betriebssystem integrierte VPN-Funktion oder die Zugangssoftware des WireGuard-Projekts anbieten. WireGuard ist sicher, schnell und besonders für den mobilen Einsatz geeignet, mehr zu VPN-Protokollen erklärt der Artikel ab Seite 26. Anbieter mit Open-Source-Apps haben wir ebenfalls mit aufgenommen.

Wir haben elf Anbieter ausgemacht, die diesen Kriterien entsprechen: Azire-VPN, Hide.me, IVPN, Mozilla VPN, Mullvad, OVPN, Private Internet Access (PIA), StrongVPN, VPN.AC, WeVPN und Windscribe. Was uns bei den durchs Raster ge-

fallenen Anbietern wie CyberGhost oder NordVPN während der Recherche aufgefallen ist, haben wir dennoch festgehalten.

Marktschreier

Viele VPN-Anbieter arbeiten zum Ankurbeln der Nachfrage mit Affiliate-Marketing. Blogs und Websites mit fadenscheinigen Produkttests erhalten für Empfehlungen eine Vergütung. Das ist an sich nicht verwerflich, wenn dies dem ratsuchenden Publikum transparent gemacht wird. Das ist leider nicht immer der Fall, beziehungsweise sind die Hinweise darauf sehr versteckt. Zudem besteht die Gefahr, dass die Aussicht auf eine Provision das Testergebnis beeinflusst. Das geht sogar so weit, dass in einem Test von WireGuard-Anbietern ein VPN-Provider gewinnt, der über WireGuard überhaupt keinen Zugang bereitstellt. Firmen wie IVPN oder Mullvad lehnen dieses Geschäftsgebaren als unseriös ab und haben ihre Affiliate-Programme, wenn überhaupt vorhanden, eingestellt (siehe ct.de/ymnu).

Neben mutmaßlich gekauften Reviews und massiver Werbung in sozialen Netzwerken nutzen VPN-Anbieter noch eine weitere Masche: das Spiel mit der Angst. Wer die Webseiten von VPN-Anbietern besucht, sieht häufig eine auffällige Warnung: Die eigene Internetverbin-



Bild: Andreas Martini

dung oder IP-Adresse sei ungeschützt. Um die Behauptung zu bekräftigen, enthält die Warnung der IP-Adresse zugeordnete Daten wie den Internet-Provider oder den vermuteten geografischen Standort. Daneben heißt es in markigen Aussagen, nur der angebotene VPN-Dienst biete Schutz, damit niemand in den Datenverkehr reinsehen kann. Dass sowohl der VPN-Anbieter selbst als auch Lauscher auf dem Weg zwischen VPN-Gateway und Zielhost weiter Einblick in den Datenstrom haben können, verschweigen die Marketing-Sprüche hingegen oft. Deutschsprachige Kundinnen und Kunden werden außerdem mit angeblich erhöhtem Datenschutz geködert.

Dagegen fragt IVPN prominent auf der eigenen Startseite „Brauchen Sie wirklich ein VPN?“ und rät explizit vom unnötigen Einsatz eines VPN-Dienstes ab. Anonymität, Schutz vor Internetkriminalität und Datensammlern wie Facebook oder Google gewährleiste ein VPN nicht. Nur wer seinem Internet-Provider nicht vertraut oder Schutz vor einem Angreifer in einem ungeschützten Netzwerk sucht, oder Zensur und Geoblocking umgehen will, solle einen VPN-Dienst buchen.

Manchen Menschen geht es aber gar nicht um Privatsphäre, sondern um den Zugang zu medialen Inhalten, wie ausländischen Streamingangeboten, etwa Netflix USA oder dem BBC iPlayer. Auch diese Klientel umwerben die VPN-Anbieter. Sie listen auf, welche der eigenen Server sich dafür besonders eignen. Hide.me wirbt so offensiv mit dem freien Zugang zu diversen Streamingdiensten wie BBC iPlayer, HBO Go oder Hulu, dass man fast den Eindruck gewinnt, Hide.me wäre ein Kabelnetzbetreiber und kein VPN-Dienst.

StrongVPN geht sogar so weit, detailliert zu erklären, wie man eine gefälschte Rechnungsadresse erzeugt, um sich bei einem US-Streaming-Dienst anzumelden.

Keiner der Anbieter blockiert P2P-Filesharing und Torrent-Software, obwohl deren Nutzung rechtlich meist unzulässig ist. Vielmehr ist es wohl ein Verkaufsargument. IVPN bittet lediglich höflich darum, für Filesharing nicht die US-Server zu verwenden; aufgrund zahlreicher Urheberrechtsbeschwerden (DMCA Takedown Notices) seien die von einer Abschaltung bedroht. Windscribe missbilligt floskelhaft den Einsatz seines Dienstes für illegale Aktivitäten, während es an anderer Stelle penibel erklärt, wie man Torrents sicher und ohne Sorge vor juristischer Verfolgung nutzt. Ähnliche Anleitungen stellen auch Hide.me, OVPN und PIA bereit; Mullvad bietet sogar einen Online-Check auf Torrent-Leaks. VPN.AC gibt Tipps, welche Server für File-

sharing die beste Anbindung haben und CyberGhost hat in seiner Zugangssoftware eine eigene Kategorie dafür.

Tunnel ins Steuerparadies

Die Firmensitze der VPN-Anbieter lesen sich wie eine Liste bekannter Steueroasen: Britische Jungferninseln, Gibraltar, Malaysia oder Panama. Dadurch hoffen die Anbieter, sich dem Zugriff der Sicherheitsbehörden und der Justiz aus den USA, der Europäischen Union und anderen Ländern zu entziehen. Wer vor hiesigen Behörden zu solchen Firmen flüchtet, darf anderseits aber auch nicht auf europäisches Verbraucherschutzrecht hoffen. Oft fehlt es schon an einem Impressum, Kontaktdaten oder klaren Angaben, welche Firma hinter dem Angebot steckt.

Es gibt aber auch etliche Anbieter aus der EU: AzireVPN und Mullvad aus Schweden, VPN.AC aus Rumänien. Beide Länder haben den Ruf einer datenschutzfreundlichen Gesetzgebung.

2. Generate a WireGuard key

Generate key `to6fxQfj10Nxm8u0cgoE0I1jUzyL7GJxaQa19+9zCw0=` ✓

Manage keys ▾

We never get access to your private key, only the public key is sent to us. The private key is stored locally in your browser so that you can create multiple files from the same key and as soon as you leave this page, it is deleted.

3. Select one or multiple exit locations

UK Manchester gb24-wireguard

Advanced settings ▾

4. Generate and download configuration

Download file Generate QR code

The screenshot shows the CyberGhost VPN homepage. At the top, it displays "Your IP: 80.187.122.235" and "Your Status: EXPOSED !". Below this, the CyberGhost logo is visible, followed by navigation links: "What Is VPN", "Features", and "VPN Apps".

Mit Warnungen versuchen VPN-Anbieter, zum Abschluss eines Abonnements zu drängen.

Vertrauensbildende Maßnahmen

Um für Vertrauen zu werben, versprechen alle Anbieter, für die VPN-Nutzung keine Protokolle (Logs) zu speichern. Die einen speichern zumindest temporär die dem Client vom VPN-Server zugewiesene IP-Adresse, andere haben eine strikte „Zero Logs“-Policy. All diese Angaben sind jedoch kaum unabhängig überprüfbar. Windscribe musste kürzlich eingestehen, dass in der Ukraine zwei ihrer Server beschlagnahmt wurden. Brisant an der Geschichte: Die Server waren nicht verschlüsselt und auf ihnen lief OpenVPN mit einer unsicheren Konfiguration.

Als Steigerung werben einige Betreiber mit datenträgerlosen Servern, deren Systeme ausschließlich im Arbeitsspeicher laufen. AzireVPN und WeVPN betreiben laut eigenen Angaben ihre Server im „Blind Operator Mode“. Ein Kernel-Modul verwehrt selbst Root den Zugriff auf den Netzwerkverkehr und versteckt die von WireGuard genutzten IP-Adressen. WireGuard-Erfinder Jason A. Donenfeld hat das Modul auf Initiative von AzireVPN entwickelt. Ironischerweise bezeichnet er selbst das Modul als Quacksalberei, rät von der Nutzung ab und macht sich darüber lustig („Für ahnungslose Betreiber, die noch ahnungsloser werden wollen“, siehe ct.de/ymnu).

Ein Siegel für vertrauenswürdige VPN-Anbieter gibt es nicht. Einige Anbieter haben immerhin unter dem Label „VPN Trust Initiative“ (VTI) gemeinsame Prinzipien vereinbart. Die freiwillige Selbstverpflichtung klingt plausibel, lässt aber auch Schlupflöcher offen und es fehlen Mechanismen zur Durchsetzung. Zur VTI gehören unter anderem Hide.me, NordVPN, StrongVPN und WeVPN. Mullvad und IVPN waren an einer ähnlichen, mittlerweile scheinbar eingeschlafenen Initiative beteiligt („Trustworthy VPNs“).

Indizien für die Glaubwürdigkeit der Zero-Logs-Bekundungen liefern Gerichtsverfahren, wenn VPN-Anbieter trotz entsprechender Beschlüsse keine Daten aushändigen und vor Gericht versichern, über keine Nutzungsdaten zu verfügen. OVPN

hat gegen einen Urheberrechtsverband ein Verfahren gewonnen und wirbt damit.

Aussagekräftiger sind Audits, in denen unabhängige Firmen die Infrastruktur und Software auf Sicherheitslücken untersuchen und die Aussagen der Anbieter bestätigen. So soll PricewaterhouseCoopers (PwC) laut NordVPN ein Audit durchgeführt haben. Merkwürdigweise haben weder NordVPN noch PwC den vollständigen Bericht veröffentlicht, was übrigens gegen die VTI-Prinzipien verstößt. Die Berliner Sicherheitsfirma Cure53 hat bei mehreren VPN-Anbietern, darunter IVPN, Mullvad und Surfshark, Audits durchgeführt und veröffentlicht. Darin sind auch die gefundenen Schwachstellen dokumentiert. Wenn ein VPN-Anbieter mit einem Audit wirbt, achten Sie darauf, ob der Bericht veröffentlicht und was genau geprüft wurde: die Sicherheit der Server, nur eine Browser-Extension oder die No-Log-Policy? Zudem sind Audits immer nur eine Momentaufnahme.

Zur Beruhigung der Kundschaft pflegen AzireVPN, IVPN und WeVPN einen sogenannten Warrant Canary. Wie der Kanarienvogel im Bergbau soll dieser vor Gefahren warnen: Gesetze wie der be-

rüchtigte Patriot Act erzwingen unter Strafandrohung eine stille Zusammenarbeit mit Sicherheitsbehörden. Um dem vorzubeugen, veröffentlicht der Betreiber turnusmäßig eine PGP-signierte Erklärung, dass weder gerichtliche Verordnungen oder Beschlagnahmungen vorliegen noch Durchsuchungen stattgefunden haben. Bleibt deren Aktualisierung aus, ist die Kundschaft gewarnt, ohne dass für den Anbieter eine Strafe droht. So zumindest die Theorie. Die Wirksamkeit eines Warrant Canary ist umstritten, da dessen Erneuerung erzwungen werden könnte.

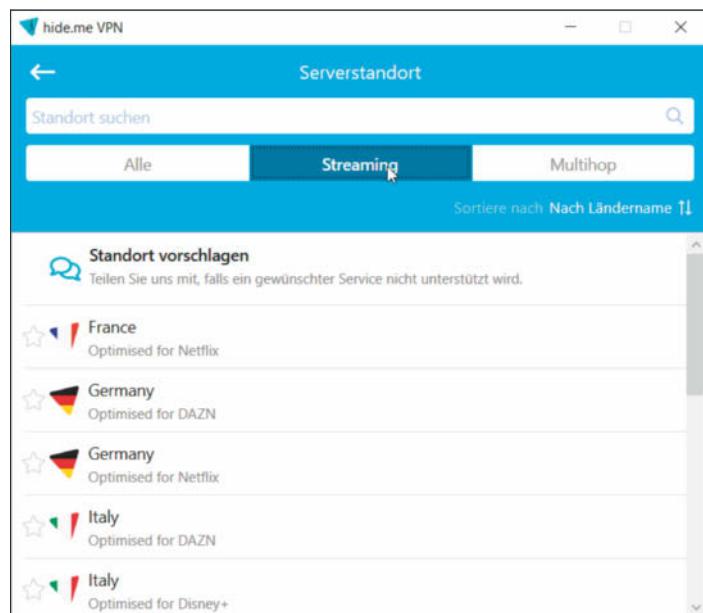
Damit erst gar keine Daten in falsche Hände geraten, sollten möglichst wenige erhoben werden. Gut die Hälfte der Anbieter verlangt für die Registrierung eine gültige E-Mail-Adresse, bei den anderen ist selbst optional. Mullvad und IVPN beschränken sich auf eine anonyme Zugangsnummer. Für die Anmeldung bei OVPN muss man ein Google-Captcha lösen, was dem Versprechen von mehr Privatsphäre zuwiderläuft.

Preiskarussell

Wer einen VPN-Tarif buchen will, hat die Wahl zwischen Monatstarifen und Verträgen von mehreren Monaten bis hin zu einem oder zwei Jahren Laufzeit, bei manchen Anbietern sogar bis hin zu drei Jahren. Um Anbieter, die gegen Einmalzahlung einen lebenslangen VPN-Zugang versprechen, sollten Sie einen großen Bogen machen, da dies kein seriöses Geschäftsmodell ist.

Das gilt aber auch für die Mehrjahresverträge. Viele VPN-Anbieter locken mit

Hide.me listet für Streamingdienste geeignete VPN-Server in einer eigenen Kategorie auf.





fixLink® System für beste Verbindungen

fixLink® SL RJ45 Keystone Modul Kat.6A

- für 4PPoE / PoE++ gemäß IEEE 802.3bt geeignet
- schnelle Montage; kein LSA Anlegewerkzeug nötig
- kompatibel mit designfähiger Modulaufnahme



optimale Konfektion für
höchste Performance



gerade, gewinkelt sowie für Litze
oder starre Leitererhältlich

EasyLan

DESIGN
ENTWICKLUNG
IN GERMANY
MADE
IN EU



POE BIS 100 WATT



WIR. VERBINDEM. TECHNIK.



Kat. 6A Patchkabel für
jeden Einsatzzweck



Express bis 14 Uhr bestellt –
Versand noch am selben Tag**



FLEXBOOT

30 µ Goldschichtdicke auf Kontakten,
4P PoE tauglich



DUALBOOT® STANDARD

50 µ Goldschichtdicke auf Kontakten,
hoher Torsions-, Zug- und Druckschutz



DUALBOOT® PUSHPULL

Entriegelung auch unter begrenzten
Begebenheiten möglich



DUALBOOT® LED

zusätzlich mit optischer Zuordnung
des jeweiligen Kabelendes



** Mo - Fr. Warenverfügbarkeit vorausgesetzt



www.kabelscheune.de



Mit angeblich zeitlich begrenzten Rabatten erhöhen manche VPN-Provider den Verkaufsdruck. Das identische Angebot sahen wir aber an mehreren Tagen.

hohen Rabatten. So kostet ein Monatstarif meist um die 10 Euro, der Jahrestarif nur 60 Euro, also umgerechnet 5 Euro im Monat. Aber ob der Dienst auch in Zukunft die gewünschte Bandbreite oder den Zugang zur Lieblingsmediathek bietet, kann niemand garantieren. In unsere Vergleichstabelle haben wir Preise für einen Monat, drei Monate und ein Jahr aufgenommen. Positiv sticht Mullvad hervor, der unabhängig von der Laufzeit nur 5 Euro pro Monat berechnet. Zudem sollte man sich bei den langfristigen Verträgen nicht vom angezeigten niedrigen Monatspreis täuschen lassen. Anders als beim Mobilfunkvertrag wird der Preis für die gesamte Laufzeit sofort fällig und im Voraus eingezogen.

Bei fast allen Anbietern ist die automatische Vertragsverlängerung voreingestellt. Azire-VPN und Mullvad bieten auch Einmalzahlungen an. Alle VPN-Dienste akzeptieren die Bezahlung per Kreditkarte, fast alle auch per PayPal und Kryptowährung. Über ein Bankkonto (Giropay, SEPA-Lastschrift) nehmen nur vier Anbieter das Geld entgegen. Wer ganz viel Wert auf Datenschutz legt, schickt per Post Bargeld an AzireVPN, IVPN, Mullvad oder OVPN. Wählerisch gibt sich Mozilla, das ausschließlich per Kreditkarte abrechnet.

Manchmal weicht der beworbene vom abgebuchten Preis ab, da einige Anbieter die Mehrwertsteuer erst während des Bestellvorgangs aufschlagen. Bei Anbietern, die die Preise in US-Dollar berechnen, können zusätzliche Bankgebühren für Zahlungen in Fremdwährung anfallen. Auskunft dazu gibt Ihnen Ihre Bank oder die Ausgabestelle Ihrer Kreditkarte.

Die Rabatte sind teilweise undurchsichtig. So gibt OVPN als Referenz für den Rabatt Mondprix an, die deutlich höher sind als der Monatstarif über die gleiche Laufzeit. Die Ersparnis für den Zweijahresvertrag schrumpft so von angeblichen

264 Euro auf real 120 Euro, was immer noch beachtlich hoch ist. Auch VPN.AC wirbt beim Dreijahresvertrag mit einem prozentual geringfügig zu hohen Rabatt. VyprVPN rechnet in den Rabatt auch die zusätzlichen Gratismonate ein und drückt so den Durchschnittspreis. Bei PIA sind in der Bestellübersicht für den Jahrestarif knapp 112 Euro aufgelistet. Der versprochene Preis von gut 37 Euro ergibt sich durch einen Rabatt von circa 74 Euro. Es bleibt aber unklar, ob der Nachlass nur im ersten Jahr gewährt wird.

Um eine Kaufentscheidung zu forcieren, zeigen beispielsweise CyberGhost, NordVPN, PIA oder VyprVPN einen Countdown für den versprochenen Rabatt an, der sekundenweise herunterzähltd. Dieses „Pressure Selling“ ist nach EU-Recht eigentlich unzulässig, muss laut Verbraucherzentrale Bayern aber im Einzelfall juristisch geklärt werden. Unser Tipp: Lassen Sie sich von Sonderangeboten nicht unter Druck setzen, denn die Rabatt-Aktionen werden ständig neu aufgelegt.

Erfreulicherweise unterscheiden sich die verschiedenen Tarife abseits der Laufzeit kaum. Den Jahresverträgen vorbehalten oder zusätzlich kostenpflichtig sind höchstens nicht zwingend notwendige Zusatzfunktionen wie VPN-Verbindungen über mehrere Server (Multihop), Port-Forwarding oder eine öffentliche IP-Adresse.

Alle Anbieter versprechen unbegrenztes Datenvolumen oder schränken es nicht von vornherein ein. Meist sind gleichzeitige Verbindungen von fünf bis zehn Geräten im Tarif enthalten. IVPN bietet auch einen vergünstigten Tarif für maximal zwei Geräte an. Im Unterschied dazu erlaubt Windscribe, beliebig viele Geräte gleichzeitig per VPN zu verbinden, solange der VPN-Zugang nur im engsten Familienkreis geteilt wird.

Die Verbindungsgeschwindigkeit schwankte bei unseren Stichproben zwischen den Anbietern, jedoch war sie in der

Regel deutlich höher als 100 MBit/s, oft auch ein Mehrfaches davon. Eine richtige Schnarchnase fiel uns nicht auf. Lediglich ein von Hide.me für Netflix USA empfohlener Server war so langsam, dass die Verbindung nur für HD-Streaming gereicht hätte. Die gebotene Geschwindigkeit kann jederzeit schwanken, abhängig vom zugeeilten Server, dessen Auslastung und weiteren Faktoren.

Die Anzahl der Serverstandorte schwankt zwischen 19 bei AzireVPN und 110 bei Windscribe. Gateways zu beliebten VPN-Ausflugszielen wie Großbritannien oder die USA stellen alle bereit, ebenso Server in Deutschland, den Niederlanden oder Schweden. Wenn Sie ein bestimmtes Land benötigen, prüfen Sie vor der Buchung die verfügbaren Standorte. Die sind meist auf der Webseite aufgeführt.

App ins VPN

Das WireGuard-Protokoll ist bei VPN-Anbietern nicht umstritten. Der minimalistische Code überzeugt zwar durch Einfachheit und Geschwindigkeit. Kritiker bemängeln jedoch, WireGuard sei nicht optimal auf Privatsphäre ausgerichtet. Üblicherweise wird die dem VPN-Tunnel zu-

Server	Region	Latency	Rating
Amsterdam	Netherlands	13ms	★
Atlanta, GA	United States	123ms	★
Belgrade	Serbia	30ms	★
Bratislava	Slovakia	25ms	★
Brussels	Belgium	20ms	★
Bucharest	Romania	29ms	★
Budapest	Hungary	114ms	★
Chicago, IL	USA	123ms	★

Die VPN-Apps der Anbieter sortieren die Server nach Reaktionszeit, Region oder gewünschter Anwendung.

Das Magazin von Fotografen für Fotografen



Porträtfotograf und
c't Fotografie-Autor

Tilo Gockel, Fotografiert u. a. für Spiegel-
Online, Vogue.it, Pablo-Magazin, DIGIT

*„Porträts? Sind hart und stressig...
und damit die interessanteste Art
von Aufnahmen! :-)"*

Tilo Gockel, Fotopraxis.net

© Tilo Gockel



2 × c't Fotografie testen

- **2 Ausgaben** kompaktes Profiwissen für 14,30 €
- 35 % Rabatt gegenüber Einzelheftkauf
- Inkl. Geschenk nach Wahl

c't Fotografie
**Edle Bilder
Zuhause**
Der Weg zum perfekten Print

c't Fotografie
**Edle Bilder
Zuhause**
Der Weg zum perfekten Print

+

Jetzt bestellen:
www.ct-foto.de/miniabo

gewiesene IP-Adresse fest in die WireGuard-Konfiguration geschrieben. Da man so bei jeder Verbindung die gleiche IP-Adresse verwendet, lässt sich das Surfverhalten einem Account zuordnen. Das gilt vor allem für die nur intern im VPN-Netz verwendete private IP-Adresse, während Webserver meist nur die nach außen sichtbare IP-Adresse des Gateways sehen.

WireGuard gibt diese feste Zuordnung nicht vor; sie resultiert aus der besonders einfach gestalteten Konfiguration mit `wg-quick`. Unter anderem Hide.me, Mozilla und NordVPN haben eigene Lösungen entwickelt, um die WireGuard-Verbindung mit dynamisch vergebenen IP-Adressen aufzubauen. Wie oft eine neue IP-Adresse zugeteilt wird, variiert zwischen den Diensten. Dafür ist aber die Nutzung der anbieterspezifischen Zugangssoftware notwendig. In der Regel gibt man nur die Anmeldedaten an und die App generiert dann die benötigten WireGuard-Schlüssel und kümmert sich um den Schlüsselaustausch mit dem VPN-Server. Letztlich muss man auf die eine oder

andere Weise dem VPN-Anbieter vertrauen. Erfreulich ist, dass mehrere der Anbieter ihren Client unter einer Open-Source-Lizenz veröffentlicht hat.

Auch sonst erleichtert eine Zugangssoftware das Surfen durch den VPN-Tunnel. In der App wählt man bequem aus einer Liste die gewünschte Region aus oder lässt sich mit dem schnellsten Server verbinden. Die Programme listen die Standorte sortiert nach Ländern oder Latenzen auf, vereinzelt werden Server für Streaminganbieter oder Filesharing hervorgehoben. Hinzu kommen diverse Zusatzfunktionen wie der automatische Verbindungsauftakt bei unsicheren Hotspots oder Ausnahmeregeln für einzelne Programme oder Hosts. Der Kill-Switch soll unbeabsichtigten Netzwerkverkehr außerhalb des VPN-Tunnels verhindern, aber darauf sollten Sie sich im Ernstfall nicht verlassen.

Alle VPN-Dienste verhinderten DNS-Leaks, da sie eigene DNS-Server anbieten und die Domainanfragen dort und nicht beim eigenen Internet-Provider landen. Der IPv6-Verkehr wird entweder ebenfalls

durchs VPN getunnelt oder abgeklemmt. Lediglich WeVPN patzte dabei. Windscribe bietet unter Windows eine Option IPv6 abzuschalten, aber die verlangt einen Neustart. AzireVPN teilt eine globale IPv6-Adresse zu, aber Server im Netz sehen nur die des VPN-Gateways.

Wir haben uns den Netzwerkverkehr der Apps, die eine Verbindung per WireGuard aufbauen, unter Windows und Android angeschaut. Bei den meisten Anbietern mussten wir WireGuard explizit in den Einstellungen als Verbindungsprotokoll auswählen. Auch unter Windows ähneln die Programme vom Aussehen eher Handy-Apps. Die Anwendungen von StrongVPN und WeVPN verlangten bei jedem Start Admin-Rechte.

Positiv: Alle Programme und Apps verschlüsselten wie versprochen. Auch bei der Anmeldung beim VPN-Dienst selbst plauderten sie nichts aus. So konnten wir auch nicht kontrollieren, welche Daten durch den Tunnel gehen. Die Apps von StrongVPN, WeVPN und Windscribe enthalten laut der Tracker-Datenbank von

VPN-Dienste mit WireGuard

Name	AzireVPN	Hide.me	IVPN	Mozilla VPN	Mullvad
Anbieter, Firmensitz	Netbouncer AB, Schweden	eVenture Ltd., Malaysia	Privatus Limited Inc., Gibraltar	Mozilla Corporation, USA	Mullvad VPN AB, Schweden
URL	azirevpn.com	hide.me	www.ivpn.net	mozilla.org/de/products/vpn	mullvad.net
Anbieter-Apps mit WireGuard					
Windows / macOS / Linux	✓ / - / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Android / iOS	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
App Lizenz	proprietär	proprietär / GPLv2 ¹	GPLv3	GPLv3	GPLv3
Unterstützung für alternative Clients					
Konfigurationsdatei erhältlich via	QR-Code, Web-Generator, Skript	-	manuell ²	-	QR-Code, Web-Generator
Verbindung					
VPN-Server (IPv4 / IPv6)	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓
Tunnel (IPv4 / IPv6)	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Schutz vor IPv6-Leak / DNS-Leak	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
IP-Adresse öffentlich oder privat (IPv4 / IPv6)	privat / privat	privat / privat	privat / privat	privat / privat	privat / privat
Kill-Switch	-	✓	✓ ⁴	-	✓
maximal verbundene Geräte	5	10	2 (Standard) / 7 (Pro)	5	5
freie Portwahl	✓	-	Auswahl	-	✓
Protokolle zusätzlich zu WireGuard					
OpenVPN	✓	✓	✓	-	✓
IPSec (L2TP / IKEv2)	-	- / ✓	- / ✓	-	-
Infrastruktur					
Standorte	19	53	45	52	52
Länder (Anzahl / Auswahl) ⁵	14 / CA, FR, DK, RO, TH	46 / AU, BR, ES, HK, IT	32 / CH, IL, JP, SG, UA	33 / BR, CZ, HK, MD, NZ	33 / BR, CZ, HK, MD, NZ
Abonnement					
benötigte Daten	keine	E-Mail-Adresse	keine	keine	keine
Abonnement / automatische Verlängerung	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Bezahlung per Bankkonto / Kreditkarte / PayPal / Bargeld / Kryptowährung	- / ✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / - / ✓	- / ✓ / ✓ / ✓ / ✓	- / ✓ / - / - / -	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓
Preise (mit WireGuard)					
1 Monat / 3 Monate / 12 Monate	5 € / 12 € / 45 €	12,99 US-\$ / - / 99,99 US-\$	6 US-\$ / - / 60 US-\$ (Standard) 10 US-\$ / - / 100 US-\$ (Pro)	9,99 € / 41,94 € / 59,88 €	5 € / - / -

¹ nur unter Linux

² Konfiguration und Keys muss man selber erstellen

³ öffentliche IP-Adresse gegen Aufpreis

⁴ nur mit Anbieter-App

⁵ alle Anbieter haben Standorte u. a. in DE, NL, SE, UK, US

„Exodus Privacy“ Bestandteile von Google's Analytics-Modulen Crashlytics und/ oder Firebase Analytics. Ob die Bibliotheken fürs Tracking verwendet werden, bleibt unklar. IVPN schickt anonyme Fehlerberichte zu den Entwicklern, aber das lässt sich abschalten. Mozilla VPN fragt vorher, ob es Daten sammeln darf.

Handarbeit

Wenn Sie sich nicht mit den speziellen Apps herumschlagen wollen, erhalten Sie bei etlichen VPN-Anbietern die für WireGuard oder Ihr Betriebssystem passenden Zugangsdaten. Meist gibt es einen Web-Generator, der im Browser die WireGuard-Keys erzeugt oder wo Sie einen vorhandenen Public Key eintragen können. Nach der Auswahl der gewünschten Server und weiterer Optionen erzeugt der Webdienst eine Konfigurationsdatei und bietet diese zum Download an, teilweise auch als QR-Code direkt zum Ein-scannen mit dem Handy oder als Zip-Archiv mit den Konfigurationsdateien für mehrere oder gar alle Server. Die Web-

Generatoren von Mullvad und StrongVPN bieten für Linux an, über iptables-Regeln einen Kill-Switch einzubauen. Bis auf Windscribe hatten alle auf IPv4 beschränkten Anbieter die Konfigurationsdatei so erstellt, dass es keinen IPv6-Leak gab.

Merkwürdig ist der Ansatz von PIA: Für den Download der Konfigurationsdateien stellt der Anbieter nur einen komplexen Satz von Bash-Skripten bereit, die man als Root ausführen muss. Ebenso enttäuschend ist IVPN, denn dort muss man sich um alles selber kümmern: mit den WireGuard-Befehlen im Terminal ein Schlüsselpaar erzeugen, dann auf der IVPN-Webseite den Public Key hochladen und dort die Server-Daten heraussuchen und alles zusammen von Hand in eine Konfigurationsdatei eintragen.

Ganz gleich ob Download oder QR-Code: Der Preis für die Autonomie ist das mit Ihrem Account verknüpfte Paar aus Schlüssel und IP-Adresse. Wollen Sie dieses austauschen, müssen Sie von vorne anfangen und neue Schlüssel und Konfi-

gurationsdateien erzeugen. Ob man in einer festen (privaten) IP-Adresse oder in proprietären Apps das größere Übel sieht, ist Ansichtssache.

Fazit

Transparente und günstige Preise bieten AzireVPN, IVPN und Mullvad. Mozilla verpackt die Dienstleistung von Mullvad zum doppelten Preis in einer eigenen App. PIA und Windscribe verfügen über die meisten Standorte in zahlreichen Ländern, aber bieten kein IPv6. Wer WireGuard mit den Apps der Anbieter nutzen will, sollte genau hinschauen, auf welcher Plattform das moderne Protokoll angeboten wird.

Weder der Firmensitz an exotischen Standorten noch die vollmundigen Versprechen garantieren wirklich Sicherheit. Dank der Vielfalt an VPN-Diensten können Sie den unseriösen Anbietern aber problemlos aus dem Weg gehen. (ktn@ct.de) **ct**

Erklärungen zum Affiliate-Marketing und Blind Operator Mode: ct.de/ymnu

OVPN	PIA	StrongVPN	VPN.AC	WeVPN	Windscribe
OVPN Integritet AB, Schweden	Private Internet Access, Inc., USA	J2 Global, Inc., USA	Netsec (NSIS), Rumänien	WEVPN Ltd., British Virgin Islands	Windscribe Limited, Kanada
ovpn.com/de	privateinternetaccess.com	strongvpn.com	vpn.ac	wepvn.com	windscribe.com
- / - / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / -	- / - / -	✓ / ✓ / - /	✓ / ✓ / ✓ /
✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓
proprietär	GPLv3	proprietär	proprietär	proprietär	proprietär
QR-Code, Web-Generator	Skript	QR-Code, Web-Generator	Web-Generator	Web-Generator	Download
✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / -
✓ / ✓	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / -
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ ⁴ / ✓
privat ³ / privat	privat / -	privat / -	privat / -	privat / -	privat ³ / -
-	✓	- ¹	-	✓	✓ ⁴
4	10	12	6	10	unbegrenzt (Haushalt)
-	-	Bereich	-	-	Auswahl
✓	✓	✓	✓	✓	✓
-	-	✓ / ✓	✓ / ✓	- / ✓	- / ✓
27	106	67	42	64	110
17 / AU, DK, FR, JP, RO	78 / AU, CN, EG, IN, NZ	41 / AE, CO, EE, IE, ZA	23 / FR, JP, NO, PL, TW	47 / AT, BE, MX, PT, RU	63 / AZ, AQ, GR, PA, VN
keine	E-Mail-Adresse	E-Mail-Adresse	E-Mail-Adresse, Land	E-Mail-Adresse	keine
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
- / ✓ / ✓ / ✓ / ✓	- / ✓ / ✓ / - / ✓	- / ✓ / ✓ / - / -	✓ / ✓ / ✓ / - / ✓	- / ✓ / ✓ / - / ✓	✓ / ✓ / ✓ / - / ✓
11 € / - / 59,88 €	9,29 € / - / 111,48 € ⁶	10,99 US-\$ / - / 79,99 US-\$ ⁷	9 US-\$ / 24 US-\$ / 58 US-\$	9,95 US-\$ / - / 39,95 US-\$	9 US-\$ / - / 49 US-\$

⁶ 37,19 € im ersten Jahr

⁷ 39,99 US-\$ im ersten Jahr

✓ vorhanden

- nicht vorhanden



Bild: Andreas Martini

Maskierungsspiel

Unterschiede und Gemeinsamkeiten gängiger VPN-Varianten

**VPN ist nicht gleich VPN:
Das eine mag nicht über IPv6
laufen, das andere ruckelt in
Mobilnetzen. Der Blick auf die
Details klärt, welche Technik
für welche Situation am besten
taugt. So findet man beim
VPN-Provider das optimale
Protokoll.**

Von Holger Zuleger

Ein Virtual Private Network, kurz VPN, kennen alle, die sich aus dem Homeoffice mit einem meist mobilen Gerät in das Firmennetz einwählen. Dort bekommt man nach erfolgreicher Authentifizierung – der Anmeldung mit individuellen Zugangsdaten – Zugriff auf die gewohnte Arbeitsumgebung mit Drucker und Serverdiensten fast wie vor Ort. Da die VPN-Verbindung typischerweise über die Netze mehrerer Provider läuft, ist eine sichere Verschlüsselung unabdingbar, um Vertraulichkeitsvorgaben etwa aus der DSGVO einzuhalten.

Wer aus dem Homeoffice an den Arbeitsplatz zurückkehrt, vermisst nun vielleicht die heimische Netzumgebung. Dann liegt der Gedanke nahe, vom Arbeitsplatz aus mit den gleichen Techniken aufs Heimnetz zuzugreifen wie vorher umge-

kehrt. Im Folgenden schildern wir, welche wichtigen Unterschiede es zwischen den VPN-Varianten gibt und welche Rolle die Netztopologie spielt.

Das Wissen um die Zusammenhänge erleichtert die Wahl des passenden VPNs. Denn neben der möglicherweise fehlenden Erlaubnis – viele Unternehmen sehen eine Verbindung aus dem Firmennetz heraus als kritische Sicherheitsverletzung – stehen dem Unterfangen häufig auch technische Gründe entgegen.

Schon Windows 95 und NT hatten einen Client für Microsofts **PPTP** (Point-to-Point Tunneling Protocol). Leider gelten die dort eingesetzten Verschlüsselungs- und Authentifizierungsverfahren seit mehr als einem Jahrzehnt als gebrochen und damit unsicher. Unmissverständlich ausgedrückt: Lassen Sie die Finger von PPTP,

auch wenn es in Ihrem Router besonders bequem einzurichten oder gar das einzige angebotene VPN-Verfahren ist!

Als Alternative zu PPTP finden sich etwa in iOS und macOS allein drei Einwahlmethoden für **IPsec** (Internet Protocol Security), das seit Langem als sichere VPN-Methode gilt. Gründe für die IPsec-Vielfalt liegen in der historischen Entwicklung und darin, dass sich neue Standards – besonders in dem sich selbst gern als innovativ feiernden Netzwerkbusiness – nur sehr langsam durchsetzen.

IPsec wurde vor vielen Jahren als ergänzender IP-Header zur Verschlüsselung für IPv6 entwickelt. Damals gab es aber kaum IPv6-fähige Endgeräte und die Internetanbindungen waren ausschließlich für IPv4 ausgelegt. Folglich wurde IPsec für IPv4 zurückportiert – ohne dabei die Unterschiede beider Transportprotokolle gründlich zu beachten.

IPv6 hatte ab Werk einen Mechanismus zur IP-Adressautokonfiguration, IPv4 nicht. Deshalb musste anfangs – und auch heute manchmal noch – für die VPN-Einwahl die IPv4-Adresse des Geräts statisch konfiguriert werden. Das war bei den aufkommenden mobilen Endgeräten untragbar. So haben die IPsec-Entwickler nachgebessert und die damalige Authentifizierungsmethode IKEv1 (Internet Key Exchange) um Mechanismen zur IP-Autokonfiguration erweitert.

Mobil nachgeholt

Ein weiteres Problem ergab sich aus der Authentifizierung der Geräte. Als IPsec entwickelt wurde, lag der Fokus auf der Standortvernetzung. Mobile Geräte gab es schlichtweg nicht. IPsec wurde bis dahin nur auf Gateways (Routern) eingesetzt, um Datenverkehr zwischen Standorten zu tunnellen und dabei zu verschlüsseln.

Die Gateways authentifizierten sich gegenseitig über Zertifikate. Für die aufkommenden, immer vielfältigeren mobilen Endgeräte war das aber zu unflexibel, da jedes Gerät ein eigenes Zertifikat benötigt.

Microsoft entwickelte mit dem oben erwähnten PPTP zwar sehr früh ein Protokoll, das zur Authentifizierung und Einwahl auf bekannte Verfahren aus Modemzeiten zurückgreift. Es wurde jedoch bald durch ein Verfahren mit besseren Verschlüsselungskomponenten abgelöst: PPP (Point-to-Point Protocol) über L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol) mit IPsec im Transport-Mode (siehe Kasten auf S. 28).

Das Zusammenspiel verschiedener Protokolle bei L2TP/IPsec ist zwar komplex, hat gegenüber reinem IPsec aber mehrere Vorteile: Zum Transport dient L2TPv2, das auf UDP aufsetzt (User Datagram Protocol). Damit ist der Verbindungsauflauf NAT-freundlich (Network Address Translation, IPv4-Adressumschreibtechnik) und setzt zumindest auf einer Seite keine öffentliche IPv4-Adresse mehr voraus. Denn NAT-Router nutzen die von den Datenströmen verwendeten Ports zur eindeutigen Zuordnung der Kommunikationspartner. Bei reinen IPsec-Verbindungen stecken diese Informationen jedoch im verschlüsselten Tunnel und sind für den Router nicht erkennbar.

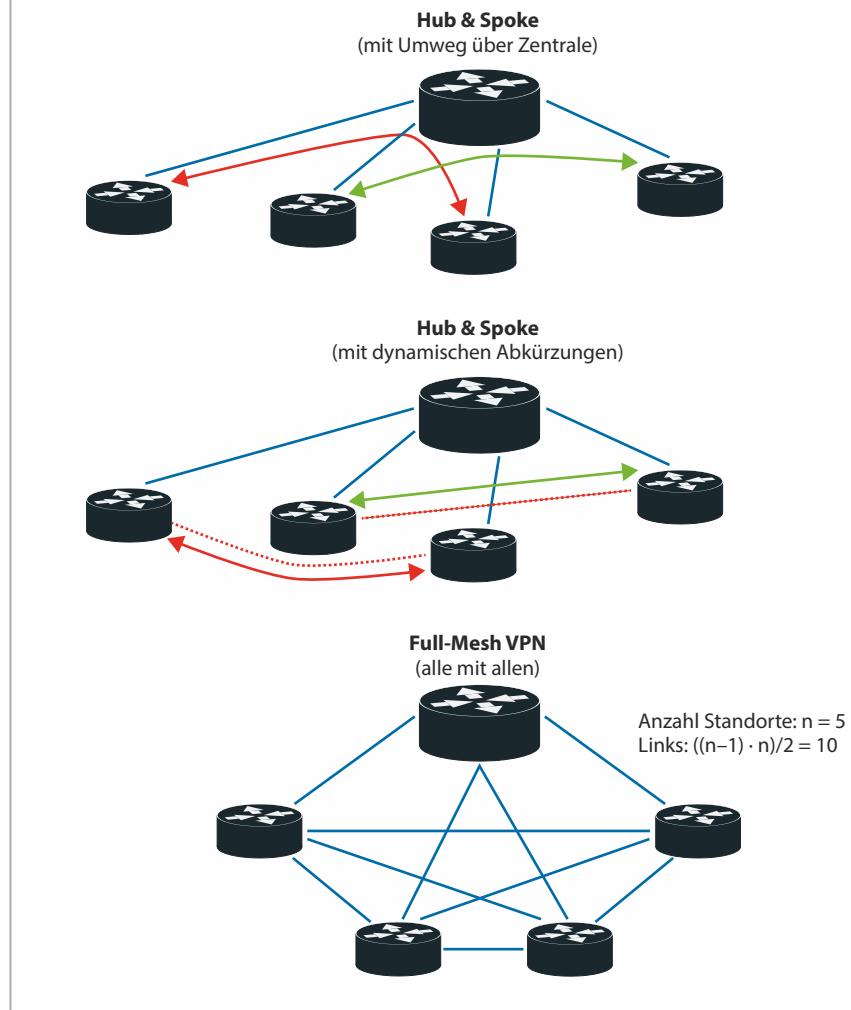
PPP über den Layer-2-Tunnel bringt einen Vorteil bei der Nutzerauthentifizierung: Sie lief historisch meist mit Name und Passwort, heutzutage mittels EAP (Extensible Authentication Protocol) über diverse andere Verfahren. So lässt sich bei L2TP/IPsec auch eine Gateway-seitige Zertifikatsauthentifizierung für die äußere Verschlüsselung mit vereinfachter PPP-Nutzerauthentifizierung innerhalb des Tunnels kombinieren.

Mit Einschränkungen

So praktisch und vielseitig die Lösung ist, kann sie heutzutage aber nicht mehr generell empfohlen werden: L2TPv2 ist nur für IPv4 als Transportprotokoll definiert und merkwürdigerweise auch nie für IPv6

VPN-Vermischung

Der Road-Warrior-Ansatz (VPN-Verbindung zur Zentrale à la Hub & Spoke, oben) funktioniert in Firmennetzen mit vielen Standorten wegen der doppelten Übertragungen schlecht. Voll vermaschte VPNs (unten) sind wegen der vielen Verbindungen aufwendig zu administrieren. Hub & Spoke mit dynamischem Linkaufbau hilft den Aufwand im Griff zu halten.



umgesetzt werden. L2TP/IPSec kann deshalb zwar IPv6 als inneres Protokoll transportieren, der Tunnel selbst muss jedoch über IPv4 aufgebaut werden.

Ähnlich eigenwillig verhält sich IPsec mit IKEv1, wie es beispielsweise die verbreiteten Fritzboxen anbieten. Für jedes transportierte Protokoll (IPv4 oder IPv6) muss ein separater Tunnel mit dem gleichen Transportprotokoll aufgebaut werden. Für Dualstack im Firmennetz wären demnach zwei Tunnel nötig.

Wegen der Adressknappheit bei IPv4 werden Internetanschlüsse zwar vermehrt parallel mit IPv6 ausgestattet. Privatkunden bekommen aber oft gar keine öffentliche IPv4-Adresse mehr. Nutzer von Internet per TV-Kabel und manchen Glasfaser-Anbietern können ein traurig Lied davon singen. Wegen des Provider-NAT muss man für den Betrieb extern erreichbarer Server im eigenen Netz nicht nur Klimmzüge machen [1, 2], sondern es steht auch häufig klassischen IPsec-Verbindungen im Weg. Selbst wenn das Gegenüber, der Peer, eine öffentliche IPv4-Adresse hat, funktioniert IPsec mit IKEv1 und L2TP an solchen Anschlüssen nicht jederzeit stabil.

Aufgeräumt

IPsec Version 2 (IKEv2) soll all diese Probleme lösen. Es bringt unterschiedliche Authentifizierungsverfahren über EAP, NAT-Traversal, Dead Peer Detection zur Ausfallerkennung, IP-Autokonfiguration sowie nicht zuletzt IPv4-über-IPv6-Transport und umgekehrt.

Damit, sollte man meinen, kommt man auch als Internet-Nomade immer ins Heim- oder Firmennetz. Für Privatkundenanschlüsse stimmt das. In Firmennet-

VPN-Topologien

Das klassische Road-Warrior-Szenario – ein Gerät verbindet sich per VPN mit der Firmenzentrale – arbeitet in derselben Topologie, die man bei VPN-Dienstleistern findet: Hub & Spoke, also Nabe (Zentrale) und Speichen (Geräte beziehungsweise Fernarbeitende) eines gedachten Rades.

Wenn Firmen ihre Standorte so vernetzen, dann läuft der Verkehr zwischen zwei Niederlassungen immer über die Zentrale. Der Nachteil ist offensichtlich eine Doppelbelastung der VPN-Verbindungen und damit der Internetanbindung. Durch einen VPN-Tunnel läuft nun auch nicht mehr nur der Verkehr des Road-Warriors, sondern der vieler Geräte auf beiden Seiten.

Um die Verkehrsverdopplung zu vermeiden, setzen manche Unternehmen auf ein voll vermaschtes VPN (Full Mesh), in dem jede Niederlassung direkt mit allen anderen Stationen kommunizieren kann. Was die Anbindung der Zentrale entlastet,

verkompliziert aber den VPN-Aufbau, steigt doch die Zahl der Tunnel überproportional mit der Zahl der Niederlassungen: Drei Standorte lassen sich mit ebenso vielen VPN-Verbindungen vernetzen. Vier benötigen jedoch schon sechs Tunnel, fünf Standorte gar zehn und bei 10 Standorten müssen ganze 45 Tunnel eingerichtet und überwacht werden.

Als Alternative bieten sich VPNs an, die anfangs als Hub & Spoke konfiguriert werden. Damit steigt die Tunnelzahl nur linear. Wollen zwei Außenstellen kommunizieren, dann errichtet das System dynamisch einen neuen Tunnel zwischen ihnen. Cisco hat das unter dem Namen DMVPN (Dynamic Multipoint VPN) entwickelt. Es basiert auf IPsec in Kombination mit dem Next Hop Routing Protocol (NHRP) und GRE-Tunneln (Generic Routing Encapsulation). Eine vergleichbare, aber technisch völlig anders realisierte Open-Source-Lösung für Full-Mesh-VPN ist Tinc.

zen steht jedoch meist eine Firewall am Internetzugangspunkt. Diese kontrolliert nicht nur den eingehenden, sondern häufig auch den ausgehenden Verkehr. IPsec-Verbindungen aus dem Firmennetz in Richtung Internet gelten gerne mal als suspekt und werden unterbunden.

Ähnliche Einschränkungen finden sich auch bei manchem WLAN-Hotspot oder bei Gastzugängen. Letztere lassen

sich beispielsweise bei den verbreiteten Fritzboxen auf Surfen und Mailen begrenzen.

Die neuen Wilden

Durch die oben angesprochenen Probleme befeuert, kamen schon früh Alternativen zu IPsec auf. Diese arbeiten nicht auf Ebene 3 (IP) des OSI-Stacks, sondern auf der Transportebene 4 (TCP, Transmission Control Protocol, oder UDP).

OpenVPN zählt zu den ersten solcher VPNs und ist eine inzwischen weitverbreitete Open-Source-Implementierung. Die Peers authentifizieren sich über eine TLS-Verbindung (Transport Layer Security), ähnlich wie man es von HTTPS kennt, und tauschen darüber auch ihre Schlüssel aus. Die zu transportierenden Daten erhalten einen proprietären Verschlüsselungsheader und werden in UDP-Pakete verpackt. Das vermeidet die von reinen IPsec-Verbindungen bekannten NAT-Probleme. Wenn der VPN-Tunnel über UDP scheitert, kann OpenVPN per Konfigurationseingriff dafür auf HTTPS wechseln.

Das OpenVPN-Konzept war so erfolgreich, dass schnell Nachahmer auf den Plan traten, wenn auch für andere Anwen-

VPN-Typen und ihre Eigenschaften

VPN	IPsec	L2TP/IPsec	OpenConnect	OpenVPN	Tinc	WireGuard
Einwahl / Vernetzung	✓ / ✓	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓	- / ✓	✓ / ✓
Hub & Spoke / Full Mesh	✓ / ✓ ¹	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓ ¹	✓ / ✓	✓ / ✓ ¹
Verschlüsselung	IPsec	IPsec	HTTPS, DTLS	proprietär	proprietär	proprietär
Clients	alle OS	alle OS	Linux, iOS, Android ²	alle OS	Linux, Windows	Linux ³
IPv6-Transport	✓ ⁴	-	✓	✓	✓	✓
Ethernet-Bridging	-	-	-	✓	✓	-
Authentifizierung						
Zertifikate oder asym. Keys	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pre-Shared Key	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Radius	nur mit IKEv2	✓	✓	✓	-	-
Windows AD (Kerberos)	nur mit IKEv2	✓	✓	-	-	-
Zwei-Faktor-Authentifizierung	✓	✓ ⁵	✓	✓ ⁶	-	-

¹ kleine Anzahl Standorte, da nur manuell konfigurierbar

² kommerzielle Versionen für macOS und Windows erhältlich

³ originär für Linux-Kernel entwickelt, im Userspace auch für macOS, Windows, iOS und Android

⁴ bei IKEv1 kein Mixmode

⁵ implementierungsabhängig

⁶ über PAM-Oath-Modul

✓ vorhanden - nicht vorhanden



**WIR MACHEN
KEINE WERBUNG.
WIR MACHEN EUCH
EIN ANGEBOT.**



ct.de/angebot

Jetzt gleich bestellen:

ct.de/angebot

+49 541/80 009 120

leserservice@heise.de

ICH KAUF MIR DIE c't NICHT. ICH ABBONNIER SIE.

Ich möchte c't 3 Monate lang mit 35 % Neukunden-Rabatt testen.
Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

**Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl,
z. B. einen RC-Quadrocopter.**

© Copyright by Heise Medien.



L2TP/IPsec

Klassisches IPsec, gleich ob IKEv1 oder IKEv2, verwendet auch bei der Remote-Einwahl IPsec im Tunnel-Modus. Dabei wird ein zweiter äußerer IP-Header vor das eigentliche IP-Datenpaket geschnallt und dieser mit dem Verschlüsselungsheader von IPsec versehen (ESP, Encapsulating Security Payload).

Der VPN-Client muss mit zwei IP-Adressen umgehen, einer aus dem Fremdnetz auf dem physischen Interface und einer zweiten virtuellen aus dem Heimatnetz, die ihm bei der Einwahl zugewiesen wurde. Die getunnelten Datenpakete gehen an das Remote-VPN-Gateway, das diese entschlüsselt, den äußeren Transport-Header entfernt und sie dann wie normale Pakete im internen Netz weiterleitet.

Bei dem oft mit IPsec kombinierten L2TP sieht der Aufbau komplett anders aus: Der VPN-Client baut zum VPN-Gateway eine L2TP-Verbindung auf und nutzt UDP auf Port 1701 als Transportprotokoll. So entsteht ein Layer-2-Tunnel, innerhalb dessen die Geräte wie früher zu Modemzeiten eine PPP-Verbindung aufbauen.

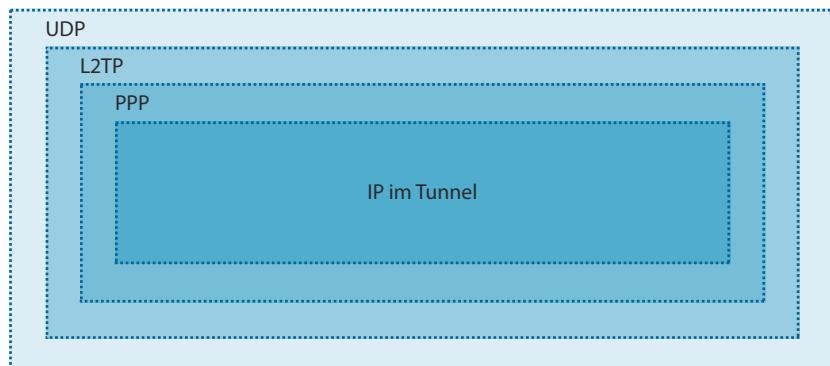
PPP erledigt das Authentifizieren der Benutzer, meist gegen einen Radius-Server. Der Client bekommt im Tunnel eine IPv4-Adresse und einen oder zwei DNS-Server aus dem Heimnetz zugewiesen.

Außen drumherum verschlüsselt IPsec im Transport-Mode schließlich den L2TP-UDP-Verkehr. Das Verkapseln kostet 40 Byte, die Verschlüsselung außen nochmal zirka 50 Byte.

L2TP/IPsec-Verschachtelung

VPNs verpacken die zu schützenden Daten matroschkamäßig in mindestens zwei zusätzliche äußere Protokollsichten. L2TP/IPsec treibt das mit vier Hüllen auf die Spitze.

IP/ESP (verschlüsselt)



dungsbereiche: **Tinc** soll besonders gut für VPNs mit sehr vielen Standorten skalieren. Es kommt bei Overlay-Community-Netzwerken wie etwa dem Freifunk-Inter-City-VPN zum Einsatz.

OpenConnect soll in möglichst allen Netzwerksituationen einen verschlüsselten Tunnel errichten können: Es baut anfangs eine HTTPS-Verbindung zum VPN-Gateway auf, notfalls über einen Proxy. Darüber authentifizieren sich die Gegenstellen und tauschen ihre Schlüssel. Die Datenverbindung versucht OpenConnect dann über einen DTLS-gesicherten UDP-Link zum Gateway herzustellen (Datagram Transport Layer Security: TLS-Äquivalent für UDP). Blockiert eine Firewall den UDP-Tunnel, nutzt OpenConnect die bestehende HTTPS-Verbindung. Sie ist zwar nicht so performant, funktioniert aber in so gut wie allen Umgebungen.

VPN-Wunderkind

Das jüngste Kind im Reigen der VPN-Techniken heißt **WireGuard**. Es wurde konsequent auf Einfachheit und damit auf Geschwindigkeit getrimmt. Ein einziger,

nicht änderbarer Schlüsselalgorithmus einhergehend mit nur einem Authentifizierungsverfahren (Public/Private Key) spart nicht nur Programmcode, sondern baut auch die Verbindung wesentlich schneller auf, weil keine Verschlüsselungsparameter ausgehandelt werden müssen.

Zudem findet der IP-Transport inklusive Ein- und Auspacken der Verschlüsselungsheader bei Linux-Implementierungen komplett im Kernel statt. Daraus ergibt sich ein immenser Geschwindigkeitsvorteil gegenüber den anderen Nicht-IPsec-Verfahren. Ferner klappt das Authentifizieren der Gegenstellen unabhängig von deren IP-Adresse. So werden wechselnde IP-Adressen nicht zum Security-Problem und WireGuard funktioniert problemlos an Internetanschlüssen mit dynamischer Adresszuteilung, sogar mobil mit LTE-Routern.

WireGuard bringt auf manchen Plattformen zwar deutlich mehr Geschwindigkeit als IPsec [3], doch spielen für die Einzelplatzeinwahl auch andere Eigenschaften eine Rolle, beispielsweise Optionen für die Nutzerauthentifizierung.

Bekannte Fernarbeiter

Kleine Firmen-VPN-Verbünde lassen sich oft noch in „Handarbeit“ administrieren. Wenn sich aber eine größere Zahl Beschäftigte einwählen soll, müssen die VPN-Verfahren ein gut skalierendes Authentifizierungsverfahren mitbringen, das einen zentralen Server fragt.

In Windows-Netzen ist das der Domänencontroller, der das Active Directory führt (siehe S. 142). Radius-Server haben auch Vorteile: Beispielsweise erlauben sie mehrere Einwahl-Gateways, um den Verkehr zu verteilen oder Redundanz vorzuhalten, ohne die Nutzerdatenbank zu duplizieren. Zentrale Benutzersperren, zeitliche Einwahlbeschränkungen, nutzerspezifische Access-Listen und weitere Individualisierungsoptionen erhält man obendrauf.

OpenVPN und OpenConnect unterstützen viele Authentifizierungsmethoden (siehe Tabelle auf S. 26). Gerade bei Linux/Unix-Systemen lassen sich zusätzliche Verfahren wie etwa eine Zwei-Faktor-Authentifizierung ohne großen Aufwand über das PAM-API integrieren (Pluggable Authentication Modules).

Im Heimnetz genügen hingegen im Router hinterlegte Zugangsdaten (Nutzername, Passwort, optional zusätzlicher Pre-Shared Key) oder ein Public/Private-Key-Verfahren wie bei WireGuard.

Transporter

Jenseits von IPsec – doch selbst dort, wenn NAT-Traversal gebraucht wird – dient stets UDP als Spediteur, mal mit proprietärer Verschlüsselung, mal mit DTLS (TLS-Äquivalent für UDP), oft verknüpft mit einer TLS-Authentifizierungssitzung.

Manche Protokolle schalten bei Problemen mit dem UDP-Transport auf TCP (OpenVPN) oder HTTPS über TCP um (OpenConnect). Dadurch sinkt zwar die Performance, aber die Verfügbarkeit verbessert sich.

IPv6 sollte heute ebenso als Trägerprotokoll wie auch als im Tunnel transportiertes Protokoll möglich sein. Erstens stellen viele Internetanschlüsse keine öffentliche IPv4-Adresse mehr bereit, was – siehe NAT-Problematik oben – stabile

VPN-Verbindungen verhindert. Zweitens wird IPv6 längst in vielen Netzen genutzt: Im Sommer 2021 fiel der tageszeitlich schwankende IPv6-Anteil auf heise.de nicht mehr unter 30 Prozent. Google meldete für Deutschland 52 % IPv6-Verfügbarkeit (siehe google.com/ipv6, Österreich: 17 %, Schweiz: 34 %).

Einer der Vorteile von IPv6: Es kann kein Problem mit überlappenden Adressbereichen im VPN entstehen. Bei IPv4 drohen hingegen Kollisionen, wenn im Ziel- und im gerade besuchten Netz der gleiche private Addressblock genutzt wird. Beispielsweise stellen wohl nur wenige Fritzbox-Nutzer die Werksvorgabe 192.168.178.0/24 auf einen anderen Bereich um.

So gesehen sind sowohl IPsec mit IKEv1 als auch die beliebte L2TP/IPsec-Kombination nicht mehr zeitgemäß. Bei den Alternativen ist inzwischen selbst der Oldie OpenVPN voll IPv6-tauglich. Die jüngeren Konkurrenten waren dies ab Start.

Fazit

Profis, die VPNs zur Standortvernetzung einsetzen, schätzen tinc und WireGuard. Für die Auswahl eines VPN-Providers für Endkunden ergibt sich eine andere Rangfolge: WireGuard glänzt bei der Geschwindigkeit und auf mobilen Clients. IPsec spielt dann seine Vorteile aus, wenn es ohne speziellen Client gehen soll. OpenConnect trumpft dann auf, wenn es widrige Netze zu überwinden gilt. Das verbreitete OpenVPN bleibt als die Universallösung, falls die anderen versagen.

(ea@ct.de) ct

Literatur

- [1] Reiko Kaps, Mauerspechte, Internet-Dienste trotz DS-Lite nutzen, c't 6/2013, S. 178
- [2] Ernst Ahlers, Server-Umleitung, Heimserver hinter DS-Lite oder CG-NAT erreichbar machen, c't 2/2018, S. 138
- [3] Andrijan Möcker, Fritz'scher Ausblick, WireGuard-VPN: Was moderne Fritzboxen leisten (können), c't 14/2020, S. 130
- [4] Ronald Eikenberg, Privacy-Risiko Browser, Datenschützer oder Datenschleuder: Sieben Browser im Privacy-Check, c't 14/2021, S. 18

AirServer Connect 2

Ad hoc Screen Sharing



Weitere Infos

Ihre Inhalte

+

AirServer Connect 2

= Inhalte auf Schul- & Konferenzdisplay



>>>



>>>

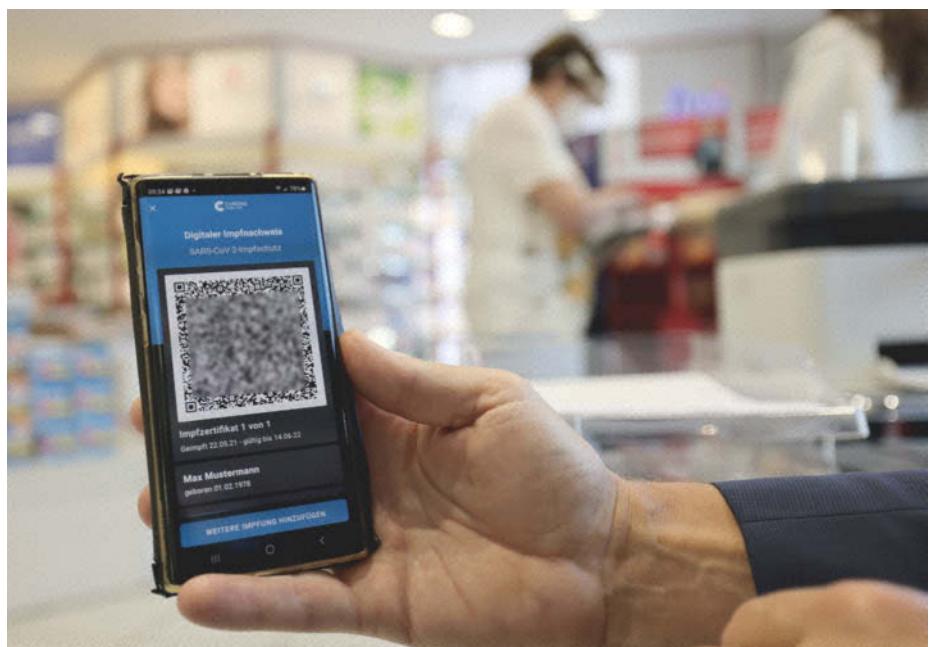


Bringen Sie Inhalte sorglos und kabellos auf ihr Konferenzdisplay

- Unterstützt alle Geräte und Betriebssysteme:
iPhone & iPad • Android Tablets & Phones • Windows & Apple Laptops
- Es ist ganz einfach. Sie brauchen:
Keine Kabel • Keinen Dongle • Keine Softwareinstallation
- Mehrere Varianten zur Wahl:
AirServer Connect • AirServer OPS Display Modul • jeweils auch mit Windows 10



"Wir suchen Wiederverkäufer" - Perfekte AV-Händlerunterstützung!



geförderten Nachweise bei. Die Gastzugänge hatte der DAV auf Druck des Bundesgesundheitsministeriums (BMG) für Apotheken eingerichtet, die keine Verbandsmitglieder waren. DAV-Angaben zufolge hatten zuletzt etwa 470 Apotheken einen Gastzugang erhalten.

Bundesweite Sperren

Hätte der DAV auch nur eine der von den Sicherheitsforschern erflunkerten Angaben überprüft, wäre der Schwindel sofort aufgeflogen. Stattdessen erhielten sie prompt einen Brief mit Zugangsdaten, mit denen sie sich im Portal registrierten. Dort versagte auch die letzte Sicherheitsschranke: Anstelle einer gültigen Telematik-ID, mit der sich Apotheken bei der telematischen Infrastruktur anmelden, akzeptierte der Server eine beliebige 19-stellige Zahl. Ungehindert stellten Tschirsich und Zilch zwei Zertifikate aus, die jede Überprüfung bestanden, und konfrontierten den DAV mit ihren Ergebnissen.

Ohne jede Vorwarnung zog der Apothekererverband die Notbremse und nahm den gesamten Server vom Netz. Am Nachmittag des 21. Juli konnte keine Apotheke mehr Zertifikate ausstellen. Die in den Augen der Forscher überhastete und unnötige Sperrung erfolgte deutschlandweit und betraf Verbandsmitglieder des DAV wie Gastzugänge gleichermaßen.

Am 22. Juli veröffentlichte DAV ein Statement, demzufolge ungenannte IT-Spezialisten „mithilfe von professionell gefälschten Dokumenten“ einen Gastzugang „erzeugen konnten“. Die Erstellung eines solchen Zugangs sei „in betrügerischer Absicht nur mit erheblichem Aufwand und krimineller Energie denkbar“.

Schon am Tag drauf konterte Martin Tschirsich in einem Interview mit der Deutschen Apotheker Zeitung trocken: „Das hätte jeder Siebtklässler hinbekommen. Das Aufwendigste war eine Google-Suche mit den Stichwörtern Betriebs-erlaubnis und Apotheke.“ Das für 2,7 Millionen Euro im Auftrag des BMG von IBM Deutschland, Ubirch, Govdigital und Bechtle unter der Aufsicht des Robert-Koch-Instituts entwickelte System ließ sich demnach mit Kenntnissen eines Mittelstufenschülers unterwandern.

Umzugsprobleme

Am selben Tag versprach der DAV den Apotheken, den Betrieb des Zertifikatsportals „in der nächsten Woche“ wieder

Großes Tohuwabohu

Wie Methoden auf Siebtklässlerniveau den digitalen Impfnachweis ausbremsten

Über eine Woche lang konnten deutsche Apotheken keine digitalen Impfnachweise ausstellen, mitten in der Urlaubssaison.

Auslöser war die Enthüllung von Sicherheitsforschern, die zeigten, wie leichtsinnig der Apothekererverband DAV mit Zugangs-anträgen umging. Inzwischen steht ein neues Portal bereit – mit neuen Problemen.

Von Gerald Himmelein

den. Anfängliche Lücken in der Umsetzung wurden zügig geschlossen – so ließ etwa das digitale Genesenenzertifikat bis zum 9. Juli auf sich warten.

Dann erschien Mitte Juli auf dem Schweizer Nachrichtenportal Watson.ch ein Bericht, wonach in einschlägigen Messenger-Kanälen digitale Impfzertifikate zum Kauf angeboten wurden, zu Preisen von bis zu 300 Euro. Als Zertifikatquelle vermutete man ein Webportal, das der Deutsche Apothekererverband (DAV) betrieb. Seit das Portal Mitte Juni online ging, haben die 17.900 angeschlossenen deutschen Apotheken über 25 Millionen Zertifikate ausgestellt, wobei jede vollständige mRNA-Impfung zwei Zertifikate umfasst.

Die Sicherheitsforscher Martin Tschirsich und Dr. André Zilch wollten der Sache nachgehen und beantragten beim DAV einen „Gastzugang“ zum Zugriff auf den Impfnachweis-Server. Hierfür dachten sie sich eine „Sonnen-Apotheke“ aus, deren Anschrift ein Mehrfamilienhaus war, und legten plumpé Fälschungen der

Viele hatten gezweifelt, ob die EU ihre digitalen COVID-Zertifikate innerhalb des gesetzten Zeitrahmens an den Start bekommen würden. Umso stolzer erklärte die EU-Kommission am 1. Juli, alle 22 Mitgliedsstaaten seien erfolgreich an das zentrale Gateway angeschlossen wor-

aufzunehmen. Drei Tage verstrichen, dann meldete der DAV tatsächlich Vollzug. Nur: Statt das bisherige Portal wiederzueröffnen, war ein neuer Server aufgesetzt worden.

Damit nicht genug: Das neue Impfportal ist nur noch über die Telematikinfrastruktur (TI) erreichbar. Dieses abgesicherte E-Health-VPN lässt sich nur über spezielle Konnektoren ansteuern, deren Routing zum Zugriff auf den neuen Server erst einmal angepasst werden musste. Dies mussten im Regelfall die IT-Systemhäuser übernehmen, die den Apotheken den TI-Zugang gelegt hatten, unter maximalem Zeitdruck.

Seit dem 29. Juli greifen die deutschen Apotheken schrittweise auf das neue Portal zur Ausstellung digitaler Impf- und Genesungsnachweise zu. Dabei knirschte es von Anfang an heftig im Gebälk. Mal fiel der Server aus, mal brach die abgesicherte Verbindung ab, mal streikte das Online-Formular. Mit ähnlichen Startschwierigkeiten hatten Apotheker schon bei der Inbetriebnahme des alten Portals gekämpft, nur waren die Probleme diesmal schwerwiegender und die Apotheken geizter. Pharmazeuten tauschten Tipps per Social Media aus, um überhaupt Zertifikate abrufen zu können.

Parallel zur Hauruckaktion mit dem neuen Server überprüfte der DAV alle Gastzugänge auf weitere Fake-Apotheken. Diese Suche verlief, wie der DAV gegenüber c't bestätigte, erfolglos: Abgesehen von der Sonnen-Apotheke der Sicherheitsforscher „wurden keine unrechtmäßigen Zugriffe festgestellt.“ Die Zertifikate aus dem digitalen Untergrund müssen also einen anderen Ursprung haben. Denkbare Szenarien schließen eine amoklaufende Querdenker-Apotheke, geklaute Zugangsdaten oder auch Bestechung ein. Wie Watson.ch berichtet, hat das BMG inzwischen das Bundeskriminalamt (BKA) eingeschaltet, um der illegalen Quelle auf die Spur zu kommen.

Neue EU-Regeln

Am 28. Juli veröffentlichte das Robert-Koch-Institut (RKI) die Version 2.6 der Corona-Warn-App (CWA). Abgesehen von QOL-Updates führt die neue Release eine Gültigkeitsüberprüfung ein, ob in der App gespeicherte Zertifikate den Anforderungen eines Ziellands genügen. Hierfür greift die CWA auf eine Liste an Regeln zurück. Bisher haben sieben Länder eigene Regeln hinterlegt (Regelzahl in Klammern): Deutschland (4), Irland (9), Litauen (5), Luxemburg (3), Niederlande (6), Slowenien (4) und Spanien (2). Weitere Staaten sollen in den folgenden Wochen folgen.

Die Gültigkeitsprüfung erfolgt nicht etwa automatisch, sondern muss per Hand angestoßen werden. Die CWA empfiehlt, die Zertifikate frühestens zwei Tage vor der Abreise auf Kompatibilität zum Zielland zu überprüfen. Im Selbsttest von c't erfüllten zwei vollständige Impfzertifikatpaare – eins aus dem Impfzentrum, das andere aus der Apotheke – die Regeln fast aller Länder. Nur bei den Niederlanden zeigte die CWA beharrlich „Zertifikat nicht prüfbar“ und monierte Verstöße gegen fünf der sechs definierten Regeln.

Die Gültigkeitsprüfung erfolgt nicht etwa automatisch, sondern muss per Hand angestoßen werden. Die CWA empfiehlt, die Zertifikate frühestens zwei Tage vor der Abreise auf Kompatibilität zum Zielland zu überprüfen. Im Selbsttest von c't erfüllten zwei vollständige Impfzertifikatpaare – eins aus dem Impfzentrum, das andere aus der Apotheke – die Regeln fast aller Länder. Nur bei den Niederlanden zeigte die CWA beharrlich „Zertifikat nicht prüfbar“ und monierte Verstöße gegen fünf der sechs definierten Regeln.

Fake-Zertifikate für jeden

Richtig ernst darf man die von der CWA getroffenen Aussagen zur Gültigkeit der Zertifikate allerdings nicht nehmen. Zu Testzwecken ausgestellte Beispielzerti-

kate zeigt die App wie echte Nachweise an – und das schon seit Wochen.

Prinzipiell kann sich jeder über einen öffentlich erreichbaren Webserver ein Testzertifikat mit beliebigem Namen, Geburtsdatum und Impftermin generieren und in die CWA laden: In der App ist ein solches Fake-Zertifikat nicht von einem echten Nachweis zu unterscheiden.

Wer genau liest, findet in der CWA auch einen entsprechenden Hinweis, gut versteckt in den Erklärungen zur Gültigkeitsprüfung: „Um die Echtheit eines Zertifikats sicherzustellen, wird jedes Zertifikat mit einer digitalen Signatur ausgestellt. Diese Signatur wird nur in einer Prüf-Anwendung validiert.“ Das Verhalten ist also kein Unfall, sondern by design.

Der Zertifikatsspeicher CovPass und die Verifizierungs-App CovPass Check erkennen sofort, dass die Signatur nicht gilt. In den Augen der CWA ist an den Testzertifikaten jedoch nichts zu beanstanden, sie passieren dort auch den Gültigkeits-

Unzureichende Kontrollen

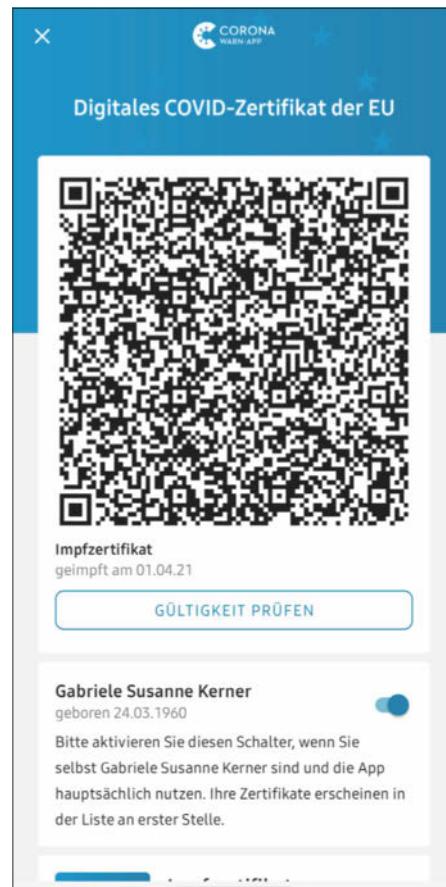
Sicherheitstechnisch ist am Verhalten der CWA nichts auszusetzen – es ist ja sogar dokumentiert. Zum Problem wird es erst dadurch, dass die Verifikation der digitalen Nachweise viel zu häufig nur aus einer Sichtkontrolle des Zertifikats besteht. Dies soll sogar auf Flughäfen vorkommen.

Mindestens dort müsste es eine klare Ansage geben: Zur Verifikation eines digitalen Zertifikats gehört neben dem Abgleich mit einem Lichtbildausweis zwingend die Gültigkeitskontrolle durch eine qualifizierte Instanz wie CovPass Check. Alles andere ist reines Security-Theater. Das mag zwar modern aussehen und bequem sein, bietet aber keinerlei realen Sicherheitsgewinn.

Solange sich an der gelebten Realität nichts ändert, können Ungeimpfte weiterhin unerkannt an Veranstaltungen teilnehmen, die eigentlich einen Drei-G-Nachweis (geimpft, genesen, getestet) voraussetzen – zu ihrer eigenen Sicherheit übrigens.

Beim aktuellen Stand der Dinge hätte sich nicht nur der DAV den aufwendigen Umzug seines Impfnachweis-Portals sparen können, sondern auch die EU den ganzen Aufwand mit den Schlüsseln und Zertifikaten. Einen schönen QR-Code mit beliebigem Inhalt generieren, das schafft tatsächlich jeder Siebtklässler.

(hag@ct.de) ct



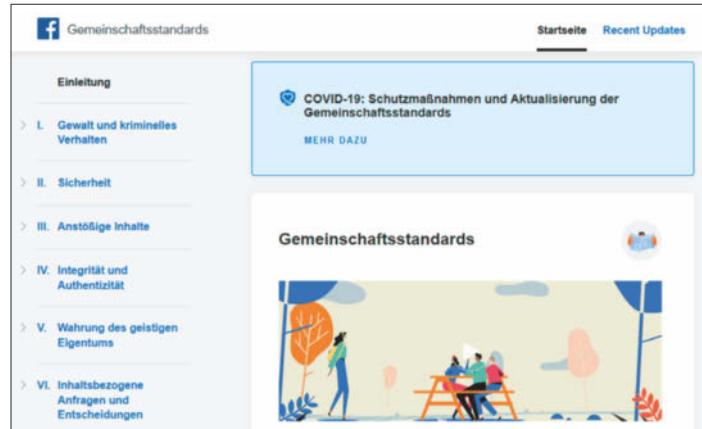
Kein Hack, keine Fälschung, sondern lediglich ein Testzertifikat. In der Corona-Warn-App ist dieser QR-Code jedoch nicht von einer echten Impfung zu unterscheiden.

Facebook muss gelöschte „Hassrede“ wieder freischalten

Mit einer Klausel seiner Geschäftsbedingungen behält sich Facebook Löschungen und Sperrungen bei Verstößen gegen die „Gemeinschaftsstandards“ vor. Diese Klausel ist laut einem Urteil des Bundesgerichtshofs (BGH) ungültig, weil sie Nutzer unangemessen benachteiligt.

Facebook dürfe Beiträge und Nutzerkonten bei Verstößen gegen die Nutzungsbedingungen grundsätzlich sperren, muss die Betroffenen aber informieren und ihnen Gelegenheit zur Stellungnahme geben. Ein Nutzer und eine Nutzerin hatten Facebook jeweils wegen der Löschung eines Beitrags und der Sperrung ihrer Konten verklagt. Beide hatten sich pauschal über Einwanderer geäußert. „Migranten können hier morden und vergewaltigen und keinen interessiert's!“, hieß es in dem einen der Beiträge.

Facebook hatte diesen und den anderen Beitrag sowie die zugehörigen Konten im August 2018 gesperrt und sich dabei auf die „Gemeinschaftsstandards“ und das dort erklärte Verbot von „Hassrede“ berufen. Mit ihren Klagen waren die Betroffenen in den Vorinstanzen weitgehend erfolglos. Der BGH hat diese Urteile nun größtenteils aufgehoben und Facebook verurteilt, die gelöschten Beiträge wieder freizuschalten, weil die Löschung auf Grundlage der ungültigen Nutzungsbedingungen erfolgt sei (Az. III ZR 179/20, III ZR 192/20). Der BGH liegt damit auf der Linie der jüngsten Änderungen des umstrittenen Netzwerkdurchsetzungsgesetzes (NetzDG), mit denen ein „Gegenvorstellungsverfahren“ eingeführt wurde. Das Gesetz verpflichtet Plattformbetreiber, ihre Entscheidungen auf Antrag zu überprüfen und das Ergebnis gegenüber dem Betroffenen „in jedem Einzelfall zu begründen“. (jo@ct.de)



WhatsApp: mit Selbstzerstörung

WhatsApp führt beim Versand von Fotos und Videos die **Option einer Einmalansicht** ein. Sie verschwinden aus dem Chat, sobald der Empfänger sie einmal geöffnet und damit angesehen hat. Allerdings bleibt unter anderem die Möglichkeit, alle Bilder automatisch in die Foto-Galerie des Smartphones zu übertragen. Der Dienst kennzeichnet solche Medien, sodass Empfänger wissen, dass es keine zweite Chance gibt, sie zu betrachten. Textnachrichten können sich bereits seit dem Herbst auf Wunsch selbst zerstören. (jo@ct.de)



Bilder mit brenzligem Inhalt kann WhatsApp nach einmaliger Betrachtung löschen.

Twitter: Faktencheck

Twitter will mit den Nachrichtenagenturen Reuters und AP zusammenarbeiten, um seinen Nutzern schneller **glaubwürdige Informationen anbieten** zu können. Die Nachrichtenagenturen sollen zudem Zusammenhänge zu Themen liefern, die in dem sozialen Netzwerk auf großes Interesse stoßen. Twitter will mit ihrer Hilfe Informationen und Nachrichten aus verlässlichen Quellen bereitstellen, **Falschinformationen entlarven** und erklären, warum bestimmte Themen bei Twitter besonders eifrig debattiert werden. (jo@ct.de)

Kurz & knapp: Internet

Der US-Bezahlidienst Paypal stellt seinen **Moneypool** genannten Service für Gruppenkassen, mit dem man zum Beispiel Geld für gemeinsame Geschenke sammeln kann, zum 8. November 2021 ein. Wer künftig Geld empfangen will, kann dafür etwa Bezahllinks über Paypal.me generieren.

Der Betreiber der Suchmaschine **DuckDuckGo** startet einen Weiterleitungs-dienst. Dort soll man sich kostenlos Mail-Adressen generieren können, um zum Beispiel bei Online-Anmeldungen nicht seine echte Adresse angeben zu müssen. Der Dienst entfernt Tracker aus eintreffenden Mails und leitet sie dann an die eigentliche Empfängeradresse weiter.

Google hat den angekündigten RSS-Reader für seinen Browser **Chrome** bereitgestellt – allerdings zunächst nur als experimentelle Funktion in der Android-Version. Wer sie ausprobieren möchte, muss die Seite chrome://flags aufrufen, dort den Eintrag #web-feed aktivieren und den Browser neu starten. Chrome bietet dann auf Seiten, zu denen es einen RSS-Feed entdeckt, im Menü den Punkt „Folgen“ an. Auf der Startseite des Browsers finden sich die Beiträge der abonnierten Seiten unter dem Punkt „Folge ich“.

Windows 11: Neues App-Management

Den Store für Business und Education hat Microsoft abgekündigt – an dessen Stelle tritt eine Intune-Integration für den neuen Store und den Package Manager.

Im „Store für Business und Education“ können Admins bislang für schul- oder firmeninterne Anwendungen passgenaue App-Angebote bereitstellen. Microsoft hat angekündigt, dass Windows 11 diesen Store nicht mehr enthalten wird. Auch aus Windows 10 baut Microsoft ihn aus, geplant ist das für das erste Quartal 2023.

Stattdessen soll Intune eine Schnittstelle zum künftigen neuen Store, dem bereits fertigen Windows Package Manager und privaten App-Repositories bekommen. Microsoft will sie in der ersten Hälfte des kommenden Jahres als Public Preview veröffentlichen; in der zweiten Hälfte soll sie reif für den produktiven Einsatz sein.

Bedenkt man, dass der Store für Business schon im ersten Quartal 2023 abgeschafft werden soll, bleibt betroffenen Admins wohl nur rund ein halbes Jahr Zeit, um ihr App-Management anzupassen.

(jss@ct.de)

```

Administrator: Windows PowerShell
Gefunden 7-Zip [7zip.7zip]
Diese Anwendung wird von ihrem Besitzer an Sie lizenziert.
Microsoft ist nicht verantwortlich und erteilt keine Lizenzen für Pakete von Drittanbietern.
Downloading https://raw.githubusercontent.com/microsoft/winget-pkgs/main/7z/1900-x64.wz
[██████████] 1.66 MB / 1.66 MB
Der Installer-Hash wurde erfolgreich überprüft
Paketinstallation wird gestartet...
Erfolgreich installiert
PS C:\WINDOWS\system32> winget install thunderbird
Gefunden Mozilla Thunderbird [Mozilla.Thunderbird]
Diese Anwendung wird von ihrem Besitzer an Sie lizenziert.
Microsoft ist nicht verantwortlich und erteilt keine Lizenzen für Pakete von Drittanbietern.
Downloading https://download-installer.cdn.mozilla.net/pub/thunderbird/releases/78.12.0/win64/de/
[██████████] 50.0 MB / 50.0 MB
Der Installer-Hash wurde erfolgreich überprüft
Paketinstallation wird gestartet...
Erfolgreich installiert
PS C:\WINDOWS\system32>

```

Der Windows Package Manager und das WinGet-Kommando sind schon fertig – eine Integration in Intune soll nächstes Jahr fertig werden.

Kurz & knapp: Windows

Die in Microsofts Azure-Cloud gehosteten virtuellen Windows-PCs namens **Windows 365** sind für Geschäftskunden seit dem 2. August bestellbar. Die Preise beginnen bei rund 18 Euro pro Monat – alle Details listet Microsoft unter microsoft.com/windows365 auf.

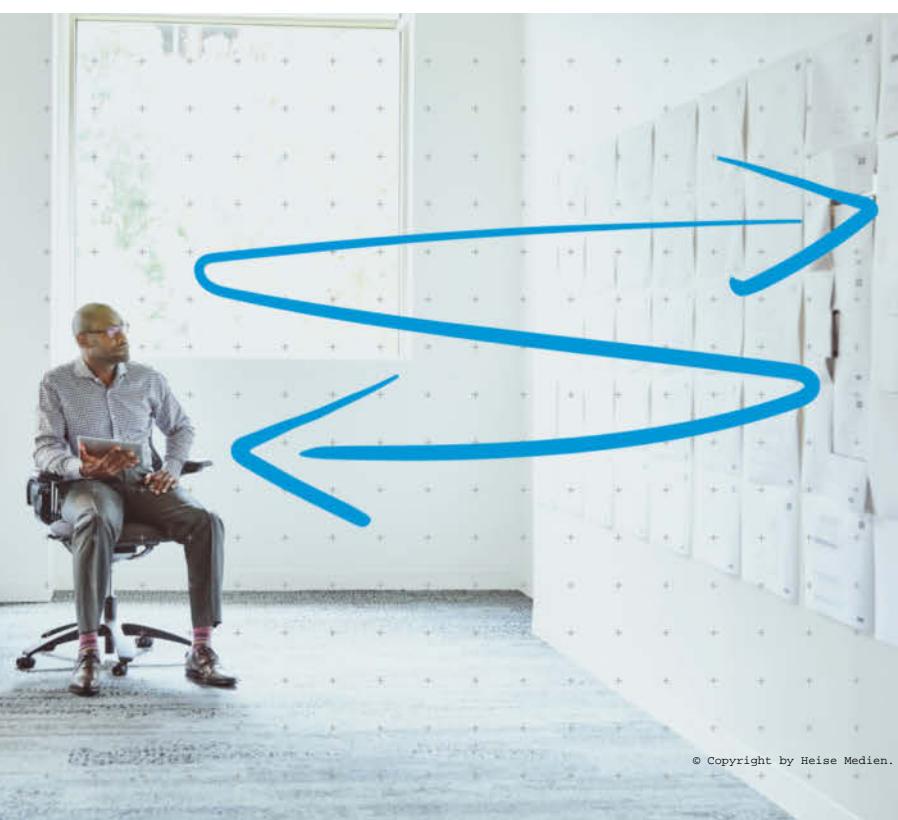
Den **Windows Server** gibt es künftig nur noch als Version mit Langzeitsupport (Long Term Servicing Channel, LTSC). Die seit 2017 parallel mit Windows 10 erschienenen und vor allem für Container und Microservices ausgelegten „Semi Annual Channel“-Varianten (SAC) werden abgeschafft. Die noch unterstützten SAC-Ausgaben 2004 und 20H2 bekommen bis Dezember 2021 und Mai 2022 Support, wie in den Wartungszyklen vorgesehen.

Windows 11 hat eine weitere Hürde genommen: Die Preview mit der Build-Nummer 22000.100 ist seit Kurzem nicht mehr ausschließlich im Dev-Kanal des Insider-Testprogramms verfügbar, sondern auch im Beta-Kanal. Im letzten veröffentlicht Microsoft Windows-Testversionen mit stärkerem Fokus auf Systemstabilität im Alltag.

 **KYOCERA**

**Ef-fizienz = zum
richtigen Zeitpunkt die
richtige Information**

Informationen verfügbar machen.
Zu jeder Zeit. An jedem Ort.



Apple entfernt Impfgegner-Dating-App

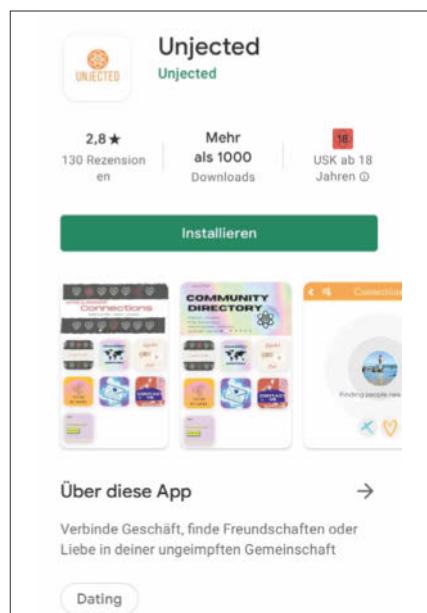
Die App „Unjected“ verstößt laut Apple gegen COVID-19-Regeln des Konzerns.

Apple hat die App „Unjected“ aus dem Apple App Store gelöscht. Auch aus dem Google Play Store wurde die App kurzzeitig entfernt, sie ist dort aber mittlerweile wieder verfügbar. Bei der Anwendung handelt es sich um eine Dating-Plattform für Personen, die für „medizinische Autonomie und freie Meinungsäußerung“ sind.

Laut Google bekamen Unjected-Nutzer in einem „Social Feed“ Falschinformationen vorgesetzt, etwa dass mRNA-Impfstoffe „Biowaffen“ oder „Nanotechnologie-Mikrochips“ seien. Auch die

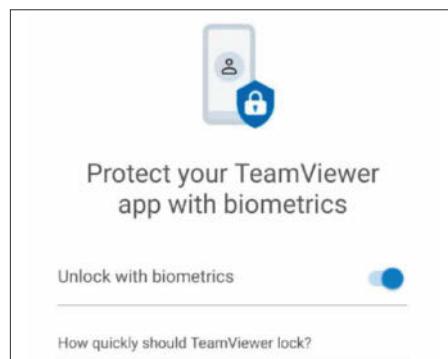
Corona-5G-Verschwörungstheorie soll reproduziert worden sein. Apple entfernte die App, da die Anwendung „unangemessen auf die COVID-19-Pandemie in ihrem Konzept oder Thema“ verweise. Corona-Themen müssen bei App-Store-Anwendungen stets „glaubwürdige Gesundheits- und Sicherheitsinformationen“ enthalten, so Apples Vorgabe. Zudem dürfen sie nur von „anerkannten Entitäten“ wie Regierungs-, Gesundheits-, Non-Profit- oder medizinischen Organisationen und Bildungseinrichtungen stammen.

Unjected hat auf Instagram rund 25.000 Follower und soll laut dem Analyseunternehmen Apptopia bereits rund 18.000 Mal aus dem Apple App Store heruntergeladen worden sein. (kim@ct.de)



Mittlerweile gibt es die App „Unjected“ wieder im Google Play Store.

2FA und Biometrie in TeamViewer



TeamViewer-Verbindungen lassen sich jetzt von passend ausgestatteten Mobilgeräten aus auch mit einem biometrischen zweiten Faktor authentifizieren.

TeamViewer hat seine **Fernsteuerungssoftware** um mehrere Sicherheitsfeatures erweitert: Auf allen Geräten, die ferngesteuert werden sollen, lässt sich jetzt eine Zweifaktor-Authentifizierung für eingehende Verbindungen anfordern; TeamViewer unterstützt dafür auch die Fingerabdruck- und Gesichtserkennung dazu befähigter Mobilgeräte. Außerdem kann man Computer nun mit Eingaben fernsteuern, die für deren Anwender nicht sichtbar werden. Das ist hilfreich für Servicetechniker, die auf Kundenrechnern arbeiten. Der Bildschirm des ferngesteuerten Geräts zeigt dann vorübergehend nur einen schwarzen Desktop. (hps@ct.de)

Online Lohnsteuer-Abgabe

Nutzer ohne eigenes Elster-Zertifikat mussten mit dem **Webdienst für die Einkommenssteuer**, „Lohnsteuer Kompakt“ bisher parallel zur elektronischen Datenübermittlung ihrer Erklärung noch eine komprimierte Steuererklärung ausdrucken und ans Finanzamt versenden. Nun bietet der Webdienst auch eine reine Online-Abgabe an. Um das Verfahren zu nutzen, muss der Kunde einmalig seine Identität bestätigen lassen. Dies geschieht mit einem Login im eigenen Girokonto, auf das später die Steuererstattung ausgezahlt werden soll. (dwi@ct.de)

Ältere Android-Geräte verlieren Google-Login

Mobilgeräte mit **Android Versionen bis 2.3.7** sollen ab dem 27. September 2021 das Google-Login verweigern. Besitzer eines solchen Endgeräts können Apps wie Gmail und Google Maps dann nicht mehr nutzen – Apps wie YouTube verlieren an Funktionen.

Google begründet den Schritt mit Sicherheitsbedenken gegenüber den älteren Android-Versionen. Geräte mit Android Version 3.0 oder neuer funktio-

nieren weiterhin unverändert. Besitzer eines betroffenen Gerätes können versuchen, es auf eine neuere Android-Version zu updaten. Ist das nicht möglich, kann man sich auch auf älteren Geräten in Web-Browsern weiterhin mit seinen Google-Daten einloggen und Dienste wie Gmail grundsätzlich weiterhin verwenden. Aktuell arbeitet Google an der Version 12 seines Betriebssystems.

(kim@ct.de)

Kurz & knapp

Miro, ein Anbieter von **digitalen Whiteboards**, hat den Webdienst AWW (A Web Whiteboard) übernommen, der bis Ende Juli ebenfalls eine digitale Zeichenfläche für Teams bereitstellte.

Zoom integriert ab sofort Apps in seine **Videokonferenzen**. Nutzer können die Apps hinzufügen und direkt aus Zoom heraus verwenden.

DigitalPakt: Es klemmt bei den Administratoren

Der Bund unterstützt die Länder bei der Digitalisierung des Schulunterrichts mit enormen Mitteln – so zumindest der Plan. Doch eine Statistik aus Nordrhein-Westfalen zeigt: Ausgerechnet die Unterstützung für IT-Administratoren in den Schulen kommt nicht in Gang.

Wie alle Bundesländer erhält Nordrhein-Westfalen für die Digitalisierung der Schulen aktuell Mittel aus dem DigitalPakt und weiteren Förderprogrammen des Bundes. Eine aktuelle Statistik zeigt, dass die Mittel für Schüler- und Lehrergeräte in NRW fast überall zu 100 Prozent ausgezahlt sind. Verheerend sieht es dagegen bei den Hilfen für die IT-Administration aus. Nur wenige Schulträger haben aus diesem Fördertopf Gelder beantragt, bewilligt wurde davon bisher so gut wie nichts.

Die Statistik der nordrhein-westfälischen Landesregierung ist die Antwort auf eine Kleine Anfrage der Grünen. Deren Frage, wie viel Geld für die Digitalisierung der Schulen bisher geflossen ist, parierte die Landesregierung mit 55 Seiten kleingedruckter Zahlen. Es handelt sich um vier nach Schulträgern aufgeschlüsselte Listen. Sie enthalten die jeweils beantragten, bewilligten und ausgezahlten Geldsummen aus den vier Fördertöpfen DigitalPakt, Ausstattung von Lehrkräften, Sofortausstattungsprogramm für Schüler und Förderung der IT-Administration.

Um die Zahlen richtig zu interpretieren, muss man wissen: Die ursprünglich vereinbarte Unterstützung für Schulen, sozusagen der Ur-DigitalPakt, umfasste fünf Milliarden Euro. Das Geld war vor allem für die digitale Infrastruktur

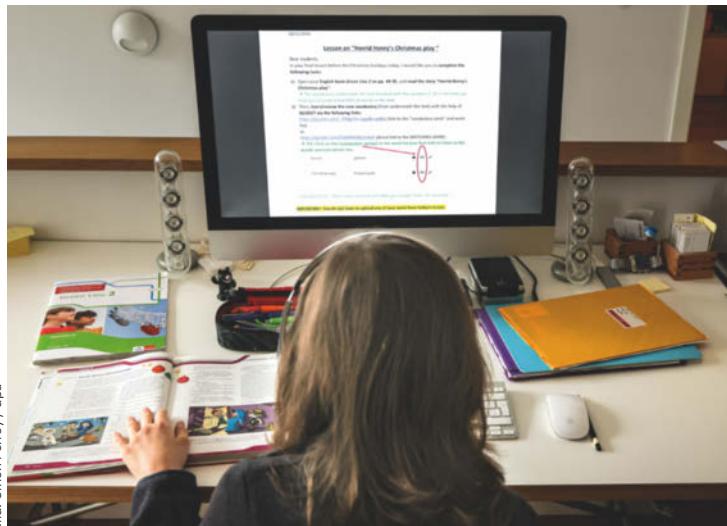
gedacht, also Verkabelung, WLAN und aktive Netzwerkkomponenten. Nach Ausbruch der Corona-Pandemie legte der Bund nach: Weitere 500 Millionen Euro für Lehrer-Laptops kamen hinzu, außerdem 500 Millionen Euro zur Förderung von Schul-Admins sowie 500 Millionen Euro für ein sogenanntes Sofortausstattungsprogramm. Das soll es Schulen ermöglichen, Leihgeräte für Schüler zu beschaffen, die daheim kein eigenes Endgerät zur Verfügung haben.

Während die Auszahlungen für Lehrer-Laptops und Leihgeräte für Schüler fast vollständig erfolgt sind, kamen Mittel aus dem ursprünglichen DigitalPakt laut Liste in NRW bisher erst bei 4 von 334 Schulen vollständig an. Gelder aus diesem Fördertopf fließen jedoch generell langsamer als aus den Folgeprogrammen. Das liegt daran, dass die DigitalPakt-Förderung längerfristig angelegt ist und einen aufwendigen Medienentwicklungsplan voraussetzt.

Die Statistik zu den Hilfen für die IT-Administration weist – Stand 30.6.2021 – nur 73 Schulträger aus. Lediglich einer davon, nämlich die Gemeinde Kirchlengern im Landkreis Herford, hat überhaupt schon Admin-Mittel erhalten: Von den beantragten 24.052,50 Euro flossen bisher 1814,40 Euro, das sind gerade einmal 7,5 Prozent. Alle anderen Schulträger der Liste erhielten bisher noch keine Admin-Hilfen. Wenn am 18. August in NRW das neue Schuljahr beginnt, wird die Administration der Schul-IT also vielfach weiterhin vom guten Willen einzelner engagierter Lehrer abhängen.

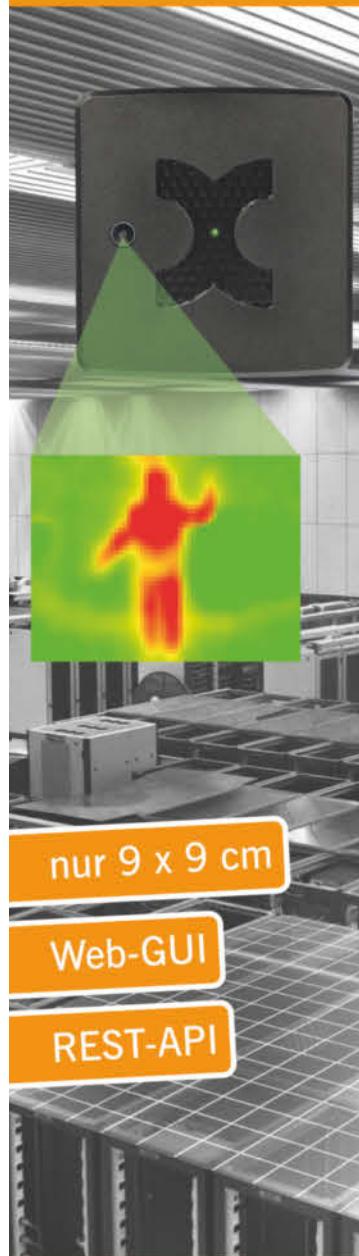
(dwi@ct.de)

Statistik zum Mittelfluss: ct.de/ybk9



Erst sehr wenige nordrhein-westfälische Schulträger haben eine Bewilligung für Mittel zur Förderung der IT-Administration in ihren Schulen erhalten, ausgezahlt wurde bisher so gut wie nichts.

IoT-basierter MultiSensor

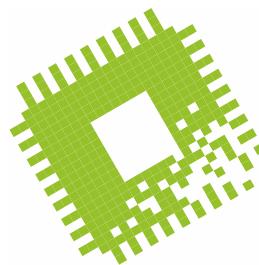


GENIAL EINFACH

RAUMÜBER-WACHUNG MIT THERMALBILD

Brandfrüherkennung
Umgebungsmonitoring
Personenerkennung

kentix.com



Bit-Rauschen

Intel erfindet sich neu, PlasticARMe sind der neueste Schrei und 3dfx kehrt zurück

Intel hat die „Nanometer-Lüge“ satt und verzichtet künftig auf deren Nennung. Davon abgesehen gibts aber auch echte Neuerungen. Und während Pragmatic einen PlasticARM zeigt, sorgt ein 3dfx-Twitterkonto für einen Retro-Hype.

Von Carsten Spille

Nanometer-Angaben zur Charakterisierung von Fertigungsprozessen sind seit vielen Jahren nur noch eine grobe Näherung und daher wenig aussagekräftig. Was aus der Führungsposition der Halbleiterfertigung heraus jahrelang recht und billig war, findet Intel nun gar nicht mehr so gut. Viel wichtiger sei schließlich die Energieeffizienz, auf die man sich jetzt konzentriere und als Maßstab verweise. Und die Transistordichte, die bei Intel-Prozessen schon seit Langem über der von Chipschmieden wie TSMC oder Samsung gelegen habe. Letzteres sehen übrigens auch unabhängige Experten so, die Chips aufgesägt und unter dem Rasterelektronenmikroskop analysiert haben.

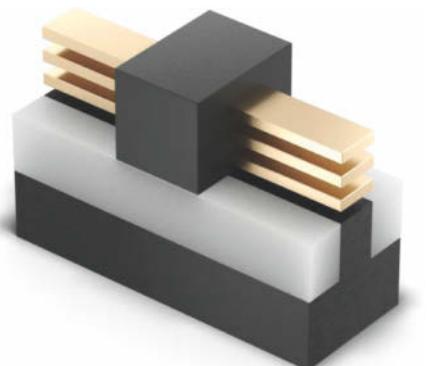
Beginnend mit der letzten geplanten Ausbaustufe der arg gebeutelten 10-Nanometer-Fertigung schwenkt man deshalb noch einmal auf eine neue Bezeichnung um. Denn bereits nach der schon unfreiwillig komisch wirkenden „+-Orgie bei der 14-Nanometer-Technik, die am Ende bei „14nm++“ angekommen war, gab es für die Prozessklasse „10 Nanometer“ bereits eine neue Taktik: Der erste, mit den Cannon-Lake-Prozessoren katastrophal gescheiterte Versuch wird totgeschwiegen, die wirklich massentaugliche Variante heißt schlicht „10 nm“. Deren Nachfolger, der auch die ursprüng-

lichen Taktziele für 10 Nanometer schaffte, bekommt den Zusatz „SuperFin“ und die letzte Ausbaustufe heißt nun nicht mehr „10 nm Enhanced SuperFin“ (aka. +++), sondern schlicht Intel 7. Ganz ohne Einheit.

Intel 4: 7 nm mit EUV

Danach folgt Intel 4, der ehemalige 7-Nanometer-Prozess. Der soll zu großen Teilen bereits extrem kurzwellige UV-Strahlen zur Belichtung der dotierten Wafer-Oberfläche nutzen. Nach Milliardeninvestitionen in die nötigen Maschinen und in Fabrikumbauten soll die Fertigung dadurch mit weniger Einzelschritten auskommen und so zuverlässiger werden. Die Desktop-Chips mit dem Codenamen „Meteor Lake“ und die Granite-Rapids-Server-CPUs nutzen Intel 4. Ihr Produktionsbeginn soll Herbst/Winter 2022 sein. Doch im Desktop sind erst einmal Alder Lake diesen Herbst und Raptor Lake 2022 dran, bei den Servern Sapphire Rapids.

Nach 4 kommt Intel 3 in der zweiten Jahreshälfte 2023 mit nochmals verbesserter Energieeffizienz, höherer Transistordichte durch neue Bibliotheken und mehr Lagen mit EUV. So weit, so umbenannt. 2024 wechselt der Name schließ-



Die Gate-Elektrode umschließt die leitenden Kanäle (goldfarben) auch beim RibbonFET von allen Seiten, daher der generische Name Gate-All-Around.

lich auf Intel 20A und kehrt damit – das A steht für die Längeneinheit Ångström – wieder zu einem dann hoffentlich korrekten Längenmaß zurück.

Doch es gibt ab 2024 auch echte Neuerungen, nicht nur beim Namen. So soll es nach jahrelanger FinFET-Nutzung auch neue Transistortypen geben. Bei Intel heißen die Schaltungen, bei denen der leitende Kanal des Feldeffekttransistors (FET) zu allen Seiten von der Gate-Elektrode umgeben ist, RibbonFET. IBM nennt sie Nanosheets, TSMC schlicht Gate-All-Around (GAA) und Hersteller Samsung Semiconductor, der schon 2023 mit der Massenproduktion starten will, Multi-Brigde-Channel-FET (MBCFET).

Zusätzlich plant Intel für 20A Power-Vias, bei denen die mikroskopischen Leitungen für die Stromzufuhr von der Rückseite des Siliziums herangeführt werden, was für bessere elektrische Eigenschaften sorgen soll.

Plastikarme

Anstelle eines Halbleiters auf Siliziumbasis demonstrierte die Firma Pragmatic gerade ein funktionierendes System-on-a-Chip mit 56.340 Dünnfilmtransistoren (IGZO-TFTs), die auf einem flexiblen Substrat aus Polyimidfolie mit einem Biegeradius von 3 Millimetern sitzen – passenderweise PlasticARM genannt. Das SoC beinhaltet einen 32-bittigen Cortex-M0+-Kern von ARM mit 128 Byte (sic!) RAM und 456 Byte ROM. Die CPU-Register sind allerdings in das RAM ausgelagert. Der Vorläufer des PlasticARM wurde schon vor ein paar Jahren demonstriert und auch der jetzt gezeigte Chip kann nicht mit Silizium-Pendants konkurrieren: Er belegt in 0,8 Mikrometer-Technik (800 nm) 59,2 Quadratmillimeter, taktet mit 29 kHz und braucht rund 21 Milliwatt – da ist noch sehr, sehr viel Abstand zu modernen Silizium-Chips derselben Klasse.

Zum Abschluss noch eine kleine Anekdote: 3dfx, seit 20 Jahren bankroter Pionier bei 3D-Spielegrafikkarten, wird derzeit vom Twitter-Account @3dfxofficial neu gehypt. Angeblich sollen mit Unterstützung eines Finanziers im kommenden Winter schon neue Grafikkarten, Smartphones & Co. vermarktet werden. Doch noch hält Nvidia – das immer noch um die ARM-Übernahme kämpft – die Rechte an IP und eigentlich auch am Markennamen ...

(csp@ct.de) ct

Audio-Podcast Bit-Rauschen: ct.de/ykgv

Xeon W-3300 „Ice Lake“ für High-End-Workstations

Intels erste 10-Nanometer-Prozessoren für leistungsfähige Workstations treten mit bis zu 38 Kernen und acht Speicherkanälen an.

Die CPUs der Serie Xeon W-3300 eignen sich für leistungsfähige Workstations, die für wissenschaftliche Simulationen, KI-Anwendungen und 3D-Rendering genutzt werden. Zur Auswahl stehen fünf Prozessoren mit 12 bis 38 CPU-Kernen. Das Topmodell Xeon W-3375 mit 38 Kernen und 76 Threads (2,5 GHz, Turbo: 4,0 GHz) kostet rund 4500 US-Dollar. Im Vergleich zu den 14-Nanometer-Vorgängern Xeon W-3200 „Cascade Lake“ steigt nicht nur die Zahl der Kerne. Zusätzlich spendiert Intel den CPUs die modernere Ice-Lake-Architektur und sie enthalten Befehlssatzerweiterungen wie AVX512 für HPC-Anwendungen und VNNI für Deep-Learning-Algorithmen.

Die Xeon-W-3300 sind eng verwandt mit den Server-CPUs der Serie Xeon SP,

sie haben acht DDR4-Speicherkanäle und steuern bis zu 4 TByte ECC-RAM an. Die Zahl der PCI-Express-Lanes am Prozessor erhöht Intel auf 64, zudem verdoppelt sich die Geschwindigkeit durch PCIe 4.0. Zu den Plattform-Merkmalen gehören der

Chipsatz C621A, Wi-Fi 6E und Thunderbolt 4. Asrock und Gigabyte haben passende LGA4189-Mainboards angekündigt. Von Noctua gibt es mehrere CPU-Kühler für die große CPU-Fassung.

(chh@ct.de)

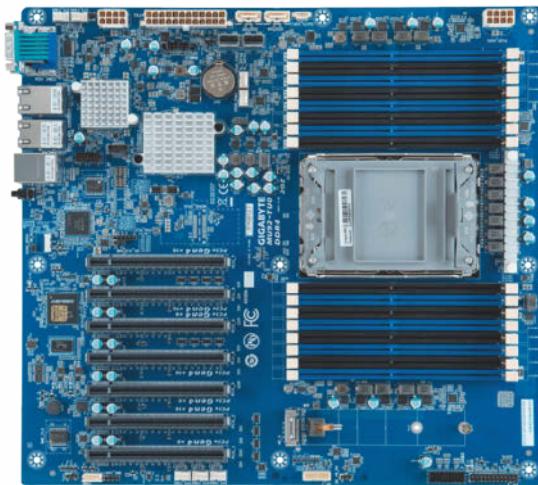


Bild: Gigabyte

Manchmal kommt es doch auf die Größe an: Das Gigabyte MU92-TU1 für Xeon W-3300 nimmt 7 Grafikkarten und 16 LRDIMMs für bis zu 4 TByte Arbeitsspeicher auf.

ISBN 978-3-8362-7588-0

10. Auflage!

Inkl. Prüfungsfragen und Praxisübungen

ISBN 978-3-8362-8131-7

NEU

Ideal für Aus- und Weiterbildung

Allgemeine Prüfungsfragen zum Download

Rheinwerk Computing

ISBN 978-3-8362-8112-6

IT-Bücher für Ausbildung und Studium

Mit unseren Büchern erschließen Sie sich die Informatik. Das IT-Handbuch und unsere Reihe »Informatik verstehen« zeigen, worauf es ankommt und was man im Beruf wissen muss. Lernen Sie von Praxisbeispielen und testen Sie Ihre Skills an zahlreichen Übungen.

Alle Bücher auch als E-Books und Bundle.

www.rheinwerk-verlag.de © copyright by Heise Medien.

 Rheinwerk

Enorm verbessertes WireGuard für Windows

Das neue Projekt WireGuardNT verbessert den Durchsatz der VPN-Software auf Windows-Maschinen drastisch und schont zugleich den Akku von Laptops.

Projektinitiator Jason Donenfeld und Simon Rozman haben WireGuard erstmals als Windows-Kerneltreiber implementiert. Zwar arbeitet schon die bisherige WireGuard-Implementierung für Windows zuverlässig, doch der Kerneltreiber ist weit schneller.

Das zunächst im User-Space implementierte WireGuard gründet auf dem Wintun-Interface und erfordert viele CPU-Zyklen für Dinge, die nur indirekt mit der Paketübertragung zu tun haben: Für jedes abzuschickende WireGuard-Paket ist ein Kontextwechsel in den Kernel-Mode erforderlich, eine Weiterleitung zu Wintun, ein Kontext-Switch zurück zum Userspace, die Verschlüsselung im Go-Scheduler und schließlich der Versand mit einem letzten Kontext-Switch. Ähnlich umständlich ist der Empfang.

WireGuardNT soll all das im Netzwerk-Stack ausführen, so wie auf Linux,

OpenBSD und FreeBSD. Damit fallen viele Schritte und die Kontextwechsel weg, so dass die Latenz schrumpft. WireGuardNT befindet sich zwar noch im Entwicklungsstadium. Aber schon die Vorschauversion überträgt auf 10-Gigabit-Leitungen rund 7,5 Gigabit pro Sekunde.

Von der Leistungszunahme dürften Firmen profitieren, die schnell angebundene Filialen über WireGuard auf Windows-Servern vernetzen. Außerdem werden sich

auch Laptop-User freuen, denn die gesparten CPU-Zyklen kommen der Akkulaufzeit zugute. Und während das aktuelle WireGuard laut Donenfeld über WLAN nicht mehr als 95 MBit/s liefert, soll der Kerneltreiber mindestens 600 MBit/s erreichen. Um die Software sattelfest zu machen, sucht Donenfeld Mitstreiter, die WireGuardNT testen, siehe ct.de/y6cf. (dz@ct.de)

Infos zu WireGuardNT: ct.de/y6cf

Die VPN-Software WireGuard ist als Windows-Kerneltreiber erschienen. Sie verursacht weniger CPU-Last und schöpft schnelle Leistungen besser aus als die bisherige Windows-Variante.

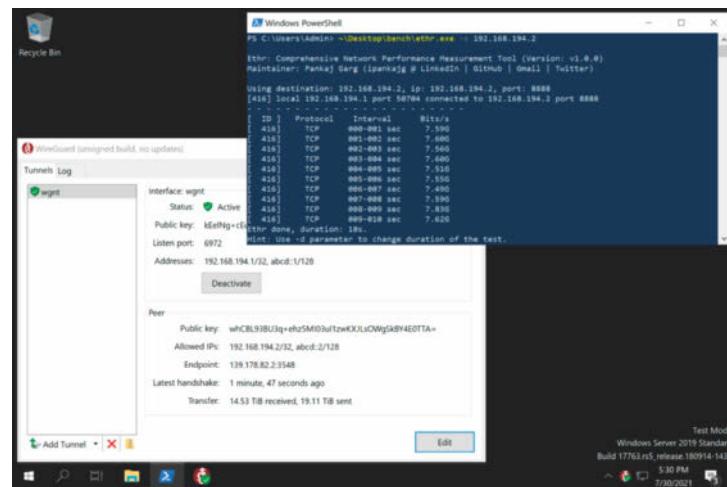


Bild: Jason Donenfeld

NAS-Ausfälle

Der LPC-Clock-Bug bestimmter Intel-CPU-Serien (siehe c't 16/2021, S. 54) scheint nicht das einzige Problem zu sein, das **manche Serien von QNAP-Netzwerkspeichern (NAS)** ins frühe Hardware-Grab treibt: Einem Hinweis im Nutzerforum (ct.de/y6cf) zufolge sollen bestimmte Fertigungsreihen der NAS-Modelle TVS-x72XT mit Intel-Prozessoren (Pentium Gold G5400T, Core i3-8100T, i5-8400T) und



CHILD·ON·AD

QNAPs NAS-Reihe TVS-x72T könnte einen Serienfehler haben, bei dem manche Exemplare nach dem Herunterfahren oder Neustart nicht mehr anlaufen.

vier, sechs oder acht Platten-Slots nach längerer Betriebszeit nicht mehr anlaufen, wenn man sie herunterfährt oder neu startet.

Auf unsere Anfrage hin bestätigte QNAP, dass das Fehlverhalten bei wenigen Exemplaren dieser Modellreihe nach zirka zwei Jahren und nach einem geplanten Shutdown auftritt. Es sollen nur Modelle mit der Seriennummer Q20B... betroffen sein (Baujahr vor November 2020). Besitzer eines TVS-x72XT mit diesem Symptom sollen den QNAP-Support über das Service-Portal kontaktieren (service.qnap.com/de-de). Falls nach der Schnellanalyse ein Austausch von Teilen erforderlich wird, verspricht der Hersteller eine kostenlose Reparatur. Außerdem will QNAP die Garantie für die betroffene Modellreihe von den üblichen zwei Jahren auf drei verlängern. Regelmäßige, nun vielleicht etwas häufigere Backups sind dennoch angebracht.

(ea@ct.de)

Bug bei QNAP TVS-x72XT: ct.de/y6cf

Kurz & knapp: Netze

Der deutsche Hoster Hetzner erhöht die Preise für IPv4-Adressen. Seit dem 2.8.2021 kosten zuvor gratis eingerichtete **zusätzliche Adressen und IPv4-Subnetze Geld**. Beispielsweise kostet eine zusätzliche IPv4-Adresse 23 Euro. Ab dem 3.1.2022 will Hetzner auch die monatlichen Nutzungsgebühren erhöhen. Manche Kunden gehen dagegen vor, da Hetzner die vom RIPE bezogenen IPv4-Adressen längst bezahlt habe.

Trendnet erweitert sein Sortiment mit einer neuen ONVIF-kompatiblen **IP-Kamera im Bullet-Format**: Die TV-IP-1328PI liefert 20 Bilder pro Sekunde bei 2460×1440 Pixeln Auflösung und komprimiert gemäß H.265. Das Gehäuse ist wasserfest und das Innenleben verkraftet Temperaturen zwischen -30 und +50 °C. Die Kamera kostet rund 70 Euro.

Spielergrafikkarte AMD Radeon RX 6600 XT

AMD positioniert seine neue Radeon RX 6600 XT für 380 Euro als günstige Raytracing-Grafikkarte gegen Nvidias GeForce RTX 3060.

Die Radeon RX 6600 XT tritt als Grafikkarte für Spieler mit Full-HD-Bildschirmen an und soll darauf flüssiges Gameplay auch auf höchster Detailstufe ermöglichen – inklusive Raytracing-Effekten. Die gab es auf Radeons bisher nur ab der 500 Euro teuren RX 6700 XT. Raytracing-fähige GeForce-Karten kosteten knapp 300 Euro. Doch das war vor der Chipknappheit. Aktuell kosten RT-fähige Karten mindestens 580 Euro. Ob die RX 6600 XT mit der Auslieferung ab dem 11. August sowohl in größeren Mengen verfügbar als auch zur unverbindlichen Preisempfehlung zu haben sein wird, bleibt abzuwarten.

Die RX 6600 XT nutzt die von der RX 6800 bekannte RDNA2-Architektur. Der Navi23-Grafikchip hat bei ihr 32 Compute Units, die dank hohen Takts von knapp 2,4 GHz so viel Rechenleistung erreichen wie das Vorgänger-Topmodell RX 5700 XT. Gespärt hat AMD allerdings beim Speicher. Der GDDR6-RAM fasst wie beim Vorgänger zwar für Full HD ausreichende 8 GByte, hat aber eine um 43 Prozent geringere Übertragungsrate. Das soll ein 32 MByte größer und mit rund 1 TByte/s viermal so schneller Cache innerhalb der GPU ausgleichen. Desse[n] Trefferrate sinkt jedoch mit steigender Auflösung. In Full-HD-Auflösung ist die RX 6600 XT meist noch schneller als die 5700 XT. In WQHD nähern sich die Leistungsniveaus an, in Ultra HD ist manchmal sogar die ältere Karte schneller.

Die erste Testkarte schickte XFX ins c't-Labor. Im DirectX-11-Benchmark

3DMark Firestrike Extreme schaffte sie auf unserem Testsystem rund 12.500 Punkte. Das ist etwa so viel wie eine werksübertaktete RX 5700 XT und nur wenig langsamer als die vier Jahre alte High-End-Karte GeForce GTX 1080 Ti. Im DirectX-12-Test 3DMark Time Spy waren es knapp über 10.000 Punkte – etwas über den genannten Vergleichskarten. Einen ausführlichen Test lesen Sie in einer der kommenden Ausgaben von c't. (csp@ct.de)



Die XFX Radeon RX 6600 XT ist ab Werk leicht übertaktet, hat drei Lüfter und belegt etwas mehr als zwei Steckplätze.

Radeon RX 6600 XT: Technische Daten

Grafikkarte	Radeon RX 6600 XT	Radeon RX 5700 XT	Radeon RX 6700 XT	GeForce RTX 3060
Rechengruppen / Shader-Kerne	32 / 2048	40 / 2560	40 / 2560	28 / 3584
Typ. Boosttakt in Spielen	2359 MHz	1755 MHz	2424 MHz	1670 MHz
Rechenleistung (FP32)	9,7 TFlops	9,0 TFlops	12,4 TFlops	12,0 TFlops
Raster-Endstufen	64	32	64	48
Typische TDP	160 W	225 W	230 W	170 W
Grafikspeicher	8 GByte GDDR6	8 GByte GDDR6	12 GByte GDDR6	12 GByte GDDR6
Speicherinterface	128 Bit (256 GByte/s)	256 Bit (448 GByte/s)	192 Bit (384 GByte/s)	192 Bit (384 GByte/s)
Infinity Cache	32 MByte (993 GByte/s)	—	96 MByte (1490 GByte/s)	—
Preis UVP / Straße	379 € / noch unbekannt	419 € / 900 €	479 € / 790 €	329 € / 600 €



Auf was kommt es bei Ihren
sicheren Lizenzcontainern an?

- Die Robustheit eines Hardware-Dongles?
- Die Offline-Nutzung einer Software-Aktivierung?
- Die Freiheit des Cloud-Zugriffs –
jederzeit und überall?



Testen
Sie jetzt!

+49 721 931720

sales@wibu.com

www.wibu.com



SECURITY
LICENSING
PROTECTION
PERFECTION IN PROTECTION

Alles organisch

OLED-Technik für Monitore und Fernseher

Während Samsung OLED-Technik demnächst in seinen TVs nutzen will, hat LG große Monitore mit OLED-Panel ins Programm genommen.

Von Ulrike Kuhlmann

Mit seinen PC-Monitoren UltraFine OLED Pro 32EP950 und 27EP950 präsentiert LG große RGB-OLED-Displays mit 80 Zentimetern respektive knapp 70 Zentimetern Diagonale. Bisher haben nur Asus und Eizo OLED-Monitore mit knapp 55 Zentimetern Diagonale (22 Zoll) im Programm; deren Panel stammt von Japan Display. Anders als bei TVs wird die organische Leuchtschicht im Monitor nicht flächig aufgetragen und ein Farbfilter davorgesetzt, sondern strukturiert in roten, grünen und blauen Streifen für die RGB-Subpixel aufgebracht.

LG nutzt in seinen OLED-Monitoren 8 Millionen Bildpunkte, das 32-Zoll-Display erzielt damit eine Pixeldichte von 140 dpi, der 27-Zöller sogar 163 dpi. Beide 4K-Monitore decken laut LG Adobe RGB und den DCI-P3-Farbraum zu 99 Prozent ab, verarbeiten pro Farbkanal 10 Bit und erreichen in der Spur eine Leuchtdichte von 540 cd/m². Zusammen mit dem Schwarzwert von nur 0,0005 cd/m² ergibt das einen Kontrast von 1 Million zu eins. Zur Ausstattung gehören unter anderem ein USB-Hub mit drei Downstreams sowie ein USB-C-Anschluss, der DisplayPort-Signale entgegennimmt und angeschlossene Geräte mit bis zu 90 Watt lädt. Die Displays sind hardwarekalibrierbar und lassen sich in der Höhe verstellen und drehen.

LG empfiehlt die UltraFine-OLED-Pro-Geräte für professionelle Anwendungen wie Videobearbeitung, entsprechend professionell ist auch ihr Preis: Der 32-Zöller wird ab 3250 Euro gehandelt; den Preis für den ab Herbst erhältlichen 27-Zöller nennt LG noch nicht.

Gerüchten zufolge könnte Samsung demnächst ebenfalls PC-Monitore mit OLED-Panel vorstellen. Diese sollen zwischen 32 und 35 Zoll Diagonale haben. Außerdem will Samsung die Panels auch an andere Monitorhersteller verkaufen. Damit käme erneut Bewegung in den Monitormarkt, der gerade durch neue Formate und Mini-LEDs im Backlight wachgeküsst wurde.

OLED-TVs von Samsung

Am Markt für TV-Bildschirme ist die Lage bis dato eindeutig: LG liefert organische Displays, während Samsung tonangebend bei den TVs mit Flüssigkristalltechnik ist. Das dürfte sich demnächst ändern, denn Samsung will offenbar wieder große OLED-TVs produzieren. Die Displaysparte des koreanischen Konzerns entwickelt seit geraumer Zeit Panels mit einer OLED-Technik, die wie LG eine blau leuchtende organische Schicht nutzen, aber die Farben statt mit organischen Farbfiltern mit anorganischen Quantenpunkten erzeugen.

Die Chefs von Samsungs TV-Sparte hatten sich zunächst gegen die neuen OLEDs ausgesprochen, da sie einige Nachteile gegenüber LCDs befürchteten: geringere Spitzenleuchtdichte, Burn-in-Gefahr, höhere Fertigungskosten. Außerdem zeigten die ersten Modelle wohl nicht die erwartete Bildqualität. Nachdem die Entwickler nachgebessert haben, soll die OLED-Technik nun doch in Samsung-Fernsehern Einzug halten. Die ersten Geräte sollen mit 55 und 65 Zoll Diagonale erscheinen, Preise nennt die Firma noch nicht.

An die Spitze setzt Samsung aber weiterhin seine LC-Displays, die durch farbverstärkende Quantenpunkte und Mini-LEDs im Backlight überzeugen sollen. Ganz oben sieht Samsung zudem Fernseher mit Mikro-LEDs als Bildpixel. Diese werden allerdings nur mit großen Diagonalen (demnächst ab 77 Zoll) und relativ geringer Pixeldichte (dann bis 57 dpi) angeboten und sind horrend teuer – es dürften mindestens 100.000 Euro fällig werden.

Umkämpftes Premiumsegment

Mit dem Start von neuen LCD-TVs mit Mini-LEDs in bis zu 2500 einzeln dimmbaren Zonen möchte LG bei den höherpreisigen TVs mit Flüssigkristalltechnik dagegenhalten. Dieses Segment hatte der Hersteller dem koreanischen Mitbewerber Samsung nahezu kampflos überlassen, denn man hatte ja die OLEDs.

Die schon im Januar angekündigten QNED-Fernseher mit LC-Display nutzen Quantenpunkte und LGs NanoCell-Technik, bei der ein Gelbfilter die Abgrenzung zwischen rotem und grünem Farbspektrum verbessert – ob das beim Einsatz von farbkonvertierenden Nanopartikeln überhaupt notwendig ist, sei dahingestellt. Vielleicht nutzt der Hersteller sie, um die Kombination aus Gelbfilter und Quantenpunkten als LG-eigene Technik reklamieren zu können.

Die QNED Mini-LED-TVs gibt es ab Diagonalen von 65 Zoll mit 4K- und mit 8K-Auflösung. Derzeit findet man die 4K-Modelle QNED919 mit 75 Zoll und 86 Zoll für 4600 Euro respektive 7000 Euro; ob es hierzulande auch ein kleineres Modell geben wird, ist noch offen. Die höher auflösende 8K-Variante QNED999 wird mit 65 Zoll für 5000 Euro, mit 75 Zoll für 7000 Euro und mit 86 Zoll für 10.000 Euro bei den Preisvergleichern gelistet. Damit sind die QNED-Modelle deutlich teurer als die OLED-TVs des Herstellers, was insofern bemerkenswert ist, als LG die OLEDs weiterhin als seine Premium-Klasse einstuft, sie also höherwertiger findet als LC-Displays mit Mini-LEDs. (uk@ct.de) **c't**



Bild: LG

Mit seiner Serie UltraFine OLED Pro bietet LG große OLED-Monitore an, das erste Modell zeigt 4K-Auflösung und misst 32 Zoll in der Diagonalen.

Sky Q übers Internet – und künftig mit US-Streamingdienst

Streaming ist bei Sky nichts Neues: Über Sky-Q-Receiver lassen sich so zusätzlich exklusive Videos abrufen und Dienste wie Netflix nutzen. Bei Live-TV und Themenkanälen setzte das Unternehmen aber bislang vorrangig auf die klassische Übertragung via Satellit und Kabel. Das hat nun ein Ende.

Seit Anfang August bietet Sky auch eine IPTV-Version von Sky Q an – inklusive neuer Box, die durch den Wegfall der Digital-TV-Empfänger deutlich kleiner ausfällt als ihre Vorgänger.

Hinsichtlich des Programmangebots ändert sich gegenüber den Digital-TV-Versionen mit Satelliten- beziehungsweise Kabelempfang praktisch nichts. So können Freunde des linearen Fernsehens die gewohnten Sky-Sender abonnieren sowie frei auf Partner- und Free-TV-Sender zugreifen. Die laut Sky „beliebtesten Free-TV-Sender“ sind ohne Zusatzkosten in HD-Auflösung zu sehen – inklusive ARD, ZDF und den Free-TV-Sendern der Mediengruppen RTL, ProSiebenSat.1 und Discovery mit Eurosport 1 und DMAX.

Darüber hinaus bietet die IPTV-Box Zugriff auf komplett Serien-Staffeln (darunter von HBO), Showtime-Serien und Sky Originals sowie den kostenfreien Zugang zu den Mediatheken von ARD, ZDF und Arte. Das TVNow-Angebot der RTL-Gruppe lässt sich ebenfalls ohne Zusatzkosten nutzen – und ist in die Oberfläche integriert, sodass ein separates Login entfällt. Schließlich sind Streamingdienste wie Prime Video, Disney+, TVNow Premium, DAZN und Spotify wieder mit von der Partie. Hinsichtlich der Integration von Apple TV+ und Joyn laufen laut Sky Verhandlungen.

Ein Empfang in UHD-Auflösung ist aktuell nicht möglich, laut Sky aber in Planung. Als Mindestbandbreite für die Nutzung von Sky Q über das Internet in HD gibt Sky 6 MBit/s an. Parallel sollen sich bis zu drei Streams empfangen lassen – eine entsprechende Internetleitung vorausgesetzt. Beim Ton unterstützt die Plattform bis zu 5.1 Kanäle und Originalton, sofern verfügbar.

„Sky Q über das Internet“ kostet im 12-Monats-Abo 12,50 Euro monatlich. Neben der Box samt Sprachfernbedienung sind Sky Go und das Sky-Entertainment-Paket enthalten. Weitere Premiumpakete wie Sky Fußball Bundesliga lassen sich hinzubuchen. Bestandskunden mit Sky-Q-Receiver für Satelliten- oder Kabel-TV sollen generell während der Laufzeit wechseln können.

Kurz vor der Präsentation der IPTV-Box kündigte Sky an, den US-amerikanischen Videostreamingdienst NBC „Peacock“ der gemeinsamen Muttergesellschaft Comcast nach Deutschland zu bringen.

Auf die Peacock-Inhalte soll man sowohl per Sky Q als auch über Sky Ticket zugreifen können – ohne Zusatzkosten, sondern finanziert durch Werbeeinblendungen. Das in den USA ebenfalls erhältliche Premium-Abonnement, das Werbeinhalte ausblendet, soll in Deutschland aber nicht angeboten werden.

„Peacock wird für Sky-Kunden mit über 7000 Stunden Content ohne zusätzliche Kosten einen großartigen Gewinn darstellen“, so Sky-Managerin Dana Strong. Allerdings sind eine Reihe von Inhalten sowieso bereits bei Sky Deutschland zu finden. Interessant dürfte werden, wie sich die Integration bei Sky auf die Rechtevergabe für Netflix, TVNow & Co. auswirkt. (nij@ct.de)

Zu heiß?
✉ E-Mail bei Überschreitung



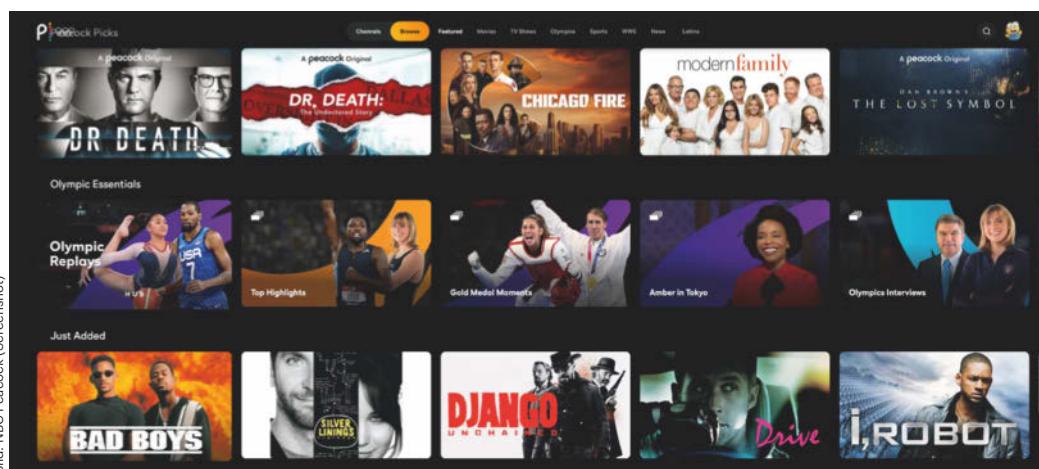
Web-Thermometer
erfassen Temperaturwerte
(auch %F, hPa und CO₂)
und stellen diese über
Web-Techniken bereit.

Sie sind vielseitig einsetzbar
z.B. für die Überwachung
von Serverräumen, Schalt-
schränken, Klimatechnik
oder Fertigungsbereichen.

One-box-fits-all:
Archiviert alle Messdaten,
überwacht Grenzwerte und
kommuniziert per E-Mail,
SNMP, Browser, TCP/IP
MQTT, Cloud, uvm.



Preise, Varianten
und Ideen für
den Einsatz
wut.de/thermo



Neben Inhalten des TV-Senders NBC sind beim Sky-Neuzugang „Peacock“ unter anderem Filme der Universal Studios zu finden.

Bild: NBC Peacock (Screenshot)

W&T
www.WuT.de

Wiesemann & Theis GmbH
0202 / 2680-110

Videospielfestival A MAZE feiert Geburtstag digital

Bereits zum zehnten Mal warf das A-MAZE-Festival einen Blick auf die schrägen Seiten des Videospiels. In der internationalen Indie-Game-Szene hat sich die betont unkommerzielle Veranstaltung damit einen Namen gemacht.

Die Sektkorken konnte man in Berlin wegen der Corona-Hygiemaßnahmen nicht knallen lassen, stattdessen wurde virtuell gefeiert. Letztes Jahr lautete das Motto noch „Total Digital“, diesmal war es „Hyper Hybrid“. Doch auch wenn sich einige Fans auf ein Bier im Außenbereich des Urban Spree treffen konnten, fand ein Großteil des Programms erneut online statt. Dafür wurde eine eigens in der Grafik-Engine Unity entwickelte 3D-Multiplayer-Umgebung namens „A MAZE Space“ genutzt.

Im Mittelpunkt des virtuellen Festivals standen die Vorträge, in denen Teams aus aller Welt zum Blick über den Tellerrand einluden. So erklärte einer der Designer des Aufbauspiels Terra Nil, wie das Team Spielmechaniken dem Verhalten von Pflanzen nachempfunden hat. An anderer Stelle erfuhr man, dass Argentinien eine lebendige DIY-Community für Arcade-Automaten beheimatet. Und eine Panel-Diskussion stellte die Gaming-Szene in Sambia vor. Alle Streams sind im YouTube-Kanal des A-MAZE-Festivals unter [youtube.com/AMazeFest](https://www.youtube.com/AMazeFest) verfügbar.

Die veränderten Rahmenbedingungen schlugen sich auch bei den Awards nieder. Weggefalen sind die sonst typischen Experimente mit VR-Brillen oder selbstgebauten Controllern. Der „Human Human Machine Award“, der das Zusammenspiel mehrerer Personen vor einem Computer belohnt, ging in diesem Jahr an das Fringe Ensemble aus Bonn für „Map to Utopia“, ein interaktives Theaterstück, das über die Videokonferenzsoftware Zoom stattfindet. Mit dem Nintendo-Switch-Spiel „I Am Dead“ sowie dem für PC, Android und iOS erschienenen „Stilstand“ wurden außerdem zwei Geschichten ausgezeichnet, die Tod und Einigkeit thematisieren.

Dass ein Festival wie A MAZE sich schon seit zehn Jahren halten kann, ist

nicht selbstverständlich. Zum zweiten Mal in Folge sind die Einnahmen durch Ticketverkäufe an der Abendkasse der vor Corona stets gut besuchten Mischung aus Ausstellung, Workshops und Konzerten weggefalen. Schon im März 2020 musste die Finanzierung mit einer Crowdfunding-Kampagne unterstützt werden. Festivaldirektor Thorsten S. Wiedemann kündigte aber bereits an, im nächsten Jahr zu einem physischen Event zurückkehren zu wollen. Der eigens entwickelte A MAZE Space soll dennoch über die beiden Corona-Jahrgänge hinaus bestehen bleiben. In Zukunft will man die Infrastruktur anderen Veranstaltungen zur Verfügung stellen.

(Daniel Ziegner/lmd@ct.de)

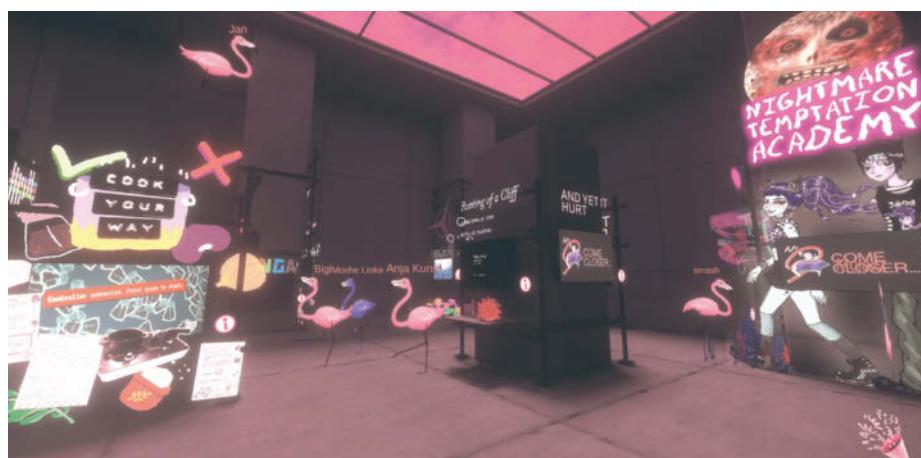


Bild: amaze-space.com

Kalifornien verklagt Activision Blizzard wegen sexueller Belästigungen

Das kalifornische Department of Fair Employment and Housing (DFEH) hat Activision Blizzard wegen sexueller Belästigungen am Arbeitsplatz verklagt. In einer offiziellen Stellungnahme hatte das Unternehmen die Vorwürfe zunächst bestritten, jetzt lenkte der CEO des Unternehmens, Bobby Kotick, ein.

In einer Klage wirft die Behörde dem Spiele-Unternehmen eine **sexistische Unternehmenskultur und regelmäßige Belästigungen weiblicher Angestellter** vor. Eingereichten Beschwerden von Betroffenen sei nicht nachgegangen worden. Weibliche Angestellte seien bei Bezahlung und Aufstiegschancen systematisch benachteiligt worden. Mit ihrer Klage möch-

te die US-Behörde unter anderem Schadensersatz für betroffene Mitarbeiterinnen erwirken. Männliche Angestellte von Activision Blizzard seien laut Klageschrift wiederholt alkoholisiert im Büro aufgetaucht und hätten regelmäßig sexistische Bemerkungen über ihre Kolleginnen abgegeben. Vorgesetzte sollen sich laut Klageschrift an diesem Verhalten nicht nur beteiligt, sondern Kollegen dazu ermutigt haben.

Activision Blizzard hat mittlerweile eingelenkt und Maßnahmen vorgestellt, um die als „toxisch“ beschriebene Arbeitskultur zu verbessern. Eine Anwaltskanzlei soll dabei helfen, interne Prozesse und Praktiken des Spieleunternehmens zu prü-

fen, kündigte CEO Bobby Kotick in einer Stellungnahme an. Führungskräfte sollen erneut evaluiert, offene Positionen diverser besetzt werden. Von Belästigung Betroffene können sich außerdem in sogenannten „Listening Sessions“ mit unabhängigen Moderatoren aussprechen. Darüberhinaus will Blizzard „unangemessene Inhalte“ aus Spielen wie „World of Warcraft“ entfernen – Details dazu fehlen.

Das Tagesgeschäft bei Blizzard liegt derweil teilweise auf Eis: Ein geplanter Stream zur neuen Erweiterung des Kartenspieldauerbrenners „Hearthstone“ wurde abgesagt.

(lmd@ct.de)

Klageschrift: ct.de/y5b9

Wie ein c't-Programmierartikel das Ulmer Nabada beflügelt



Das Nabada ist ein Wasserumzug auf der Donau und einer der wichtigsten Feiertage in Ulm. Pandemiebedingt fand er dieses Jahr virtuell statt – und hier kommt ein c't-Artikel ins Spiel.

Am vorletzten Montag im Juli findet in Ulm traditionell das Nabada mit Booten und selbstgebastelten Schwimmgeräten statt. Ein Motto gibt es auch jährlich, der eigentliche Spaß ist aber, sich gegenseitig nasszuspritzen. Da kommen rheinische Karnevalsgefühle im südlichen Ulm auf.

Schon 2020 konnte das Ereignis nicht stattfinden und kürzlich 2021 auch nicht. Stattdessen konnten die Ulmer auf www.nabada.de ihre eigenen Nabada-Motive hochladen. Die Robert-Bosch-Schule Ulm, eine gewerbliche Berufsschule mit großer IT-Abteilung, hat sich mithilfe von c't dazu etwas Besonderes einfallen lassen.

Mithilfe des Artikels „VR im Web: Virtual-Reality-Web-Apps mit A-Frame programmieren“ (c't 16/2017, S. 116) haben sie die Webseite www.nabada3d.de entwickelt. Dort können 3D-VR-Boote digital gebaut werden für das virtuelle Nabada in 3D. Derzeit sind über 40 solcher Boote dort zu sehen und mit Maus und Tastatur oder auch mit VR-Brille kann man diese



Per VR-Editor lassen sich eigene Bootsmodelle für die virtuelle Wettfahrt konstruieren.

steuern. Wir freuen uns darüber, welche Kreise manch ein c't-Artikel zieht. Trotzdem wünschen wir den Ulmern für 2022 wieder ein reales Nabada. (jr@ct.de)



Auf der Übersichtskarte bei nabada3d.de lässt sich die Bewegung der virtuellen Boote auch im Replay beobachten.

Zero-Trust geht auch einfach!

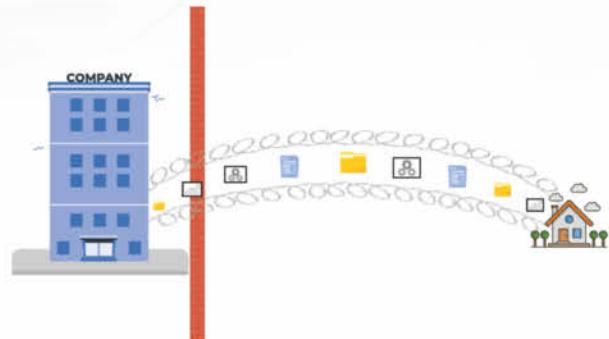
Der smarte Ressourcenzugriff für Homeoffice und hybrides Arbeiten



- ✓ Schneller und sicherer Zugriff auf alle wichtigen Programme und Daten
- ✓ Unternehmens- und Cloudanwendungen in einer Appsbox bündeln
- ✓ Zero-Firewall-Config - ohne offene Ports
- ✓ Keine externe Hardware nötig

Was Sie nicht benötigen!!

- ✗ Umständliches und ressourcenintensives VPN
- ✗ Hacking-anfälliges RDP durch offene Ports
- ✗ Hohe Kosten und aufwendiges IT Know-how



+ 49 (0) 8441 – 85 93 200

info@cordaware.com

www.cordaware.com

Ausgeschürt

China schaltet zahlreiche Mining-Farmen ab

China bekämpft den Bitcoin:
Binnen weniger Wochen wurden riesige Mining-Farmen abgeschaltet, Anfang Juli war nicht einmal die Hälfte der Miner weltweit noch in Betrieb. Eine gute Nachricht für die Umwelt, sank doch so auch der Stromverbrauch um mehr als die Hälfte. Doch was bedeutet die Halbierung des Mining-Netzwerks für die Kryptowährung?

Von Mirko Dölle

China macht Ernst: Nach mehrmaliger Ankündigung der Regierung, Bitcoin und Mining-Aktivitäten nicht länger dulden zu wollen, wurde zwischen Mai und Juli etlichen Mining-Farmen der Strom abgedreht. Innerhalb von nur sieben Wochen schrumpfte die Hash-Leistung des Bitcoin-Netzwerks um mehr als die Hälfte, von rund 180 EH/s (Exa-Hashes pro Sekunde) am 14. Mai auf unter 85 EH/s am 4. Juli 2021.

Die Abschaltung von über 50 Prozent aller Miner einer Kryptowährung, die anfällig für eine 51-Prozent-Attacke ist, klingt bedrohlich. Tatsächlich bestand diese Bedrohung über Jahre hinweg; seit geraumer Zeit standen weit mehr als die Hälfte der weltweiten Miner in China. Mitte 2020 waren es laut der jüngsten Studie von Statista gut zwei von drei Minern des Bitcoin-Netzwerks. Das ist mehr als genug, um sowohl kurzfristig als auch dauerhaft die Bitcoin-Blockchain und damit die Kryptowährung zu kontrollieren.

Faktisch genügt bereits die Kontrolle über etwas mehr als 50 Prozent der weltweiten Hash-Leistung für einen sogenannten 51-Prozent-Angriff. Dabei nutzt ein Angreifer aus, dass es sich bei der Bitcoin-Blockchain um eine lediglich rückwärts verkettete Liste handelt, man also anhand

der Blockchain nicht feststellen kann, ob es nicht bereits neuere Blöcke mit Transaktionen gibt, die man noch nicht kennt. Deshalb verteilt ein Miner einen neu gefundenen Block möglichst schnell an die Bitcoin-Nodes, die ihn weltweit an andere Nodes, Miner und natürlich die Bitcoin-Clients der Nutzer verteilen.

Paralleluniversen

Bis ein neuer Block über das Bitcoin-Netzwerk propagierte wurde, dauert es einige Sekunden bis Minuten – in der ein anderer Miner einen konkurrierenden Block erzeugen und seinerseits propagieren kann. Dann gibt es zwei unterschiedliche, aber jeweils gültige Versionen der Blockchain, es ist ein sogenannter Fork entstanden. Bitcoin-Erfinder Satoshi Nakamoto hat dieses Problem vorhergesehen und deshalb festgelegt, dass stets nur die längste Blockchain gilt. Es kommt also darauf an, für welche Variante die nächsten Blöcke erzeugt wurden – irgendwann ist eine Blockchain länger und die andere Variante wird verworfen.

Damit es nicht zu häufig zu solchen Forks kommt und Miner schneller neue Blöcke finden, als sie im Bitcoin-Netzwerk propagiert werden können, wird die sogenannte Difficulty (Schwierigkeitsgrad) alle zwei Wochen (genauer: alle 2016 Blöcke) so angepasst, dass es im Durchschnitt zehn Minuten dauert, bis der erste Miner einen neuen Block zusammengestellt hat.

Um die Bitcoin-Blockchain zu kontrollieren, benötigt ein Angreifer so viel Rechenleistung, dass er schneller neue Blöcke erzeugen kann als der Rest der Welt – also mehr als 50 Prozent der im Bitcoin-Netzwerk verfügbaren Rechenleistung. Damit kann man dann etwa den Handel mit der Kryptowährung blockieren, womit sie wertlos wird, indem man lediglich leere Blöcke ohne Transaktionen erzeugt. Oder man arbeitet an einer Variante der Blockchain, die einen größeren Verkauf von Bitcoins ungeschehen macht – womit man anschließend sowohl den Verkaufserlös als auch die Bitcoins besitzt.



Unangreifbar?

Bei Bitcoin sind 51-Prozent-Attacken eigentlich ausgeschlossen: Bei einer Hash-Rate von 100 EH/s wie Anfang August 2021 müsste ein Angreifer rund eine Million der modernsten Bitcoin-Miner kaufen. Das ist nicht nur ein finanzielles Problem, es übersteigt auch die jährliche Fertigungskapazität des weltweit größten Miner-Herstellers. Außerdem benötigt man für den Betrieb über drei Gigawatt elektrischer Leistung – etwa so viel, wie die beiden größten Kernkraftwerke der Welt zusammen liefern können. Die Mining-Farmen müssen auch aufwendig gekühlt werden, sonst erreichen sie nicht die nötigen hohen Hash-Raten, auch dafür wird viel Energie benötigt. Eine solch riesige Farm nebst Infrastruktur lässt sich nicht einfach aus dem Hut zaubern.

In China war diese Infrastruktur bereits vorhanden und in Betrieb. Hätte die Regierung die Mining-Farmen ab Mitte Mai nicht abgeschaltet und vertrieben, sondern unter ihre Kontrolle gebracht und weiter laufen lassen, hätte sie die Bitcoin-Blockchain übernehmen können – zusammen mit den restlichen im Land befindlichen Minern sogar dauerhaft.

Da eine Vielzahl von Mining-Pools und -Farmbetreibern von den Abschaltungen betroffen ist und es auch große Farmen außerhalb Chinas gibt, hat sich die Hash-Leistung nicht bei einem einzelnen Pool oder Mining-Farmbetreiber konzentriert. Die Abbildung rechts zeigt die Aufteilung der Hash-Leistung auf die verschiedenen Farmbetreiber im Zeitraum Anfang Mai bis Mitte Juli 2021: Abgesehen von den kleinen Mining-Pools BTC.top und Huobi.pool (orange) sind die fünf größten Pools und Betreiber (blau) weiterhin signifikant vertreten. Durch die verminderte Hash-Leistung im Bitcoin-Netzwerk stieg aber die Bedeutung der sonstigen und nicht identifizierten Miner (grün).

Für die Besitzer von Bitcoins hatte die Halbierung der Hash-Leistung nur geringe Auswirkungen: Zwar sank der Bitcoin-Kurs in der Woche nach dem 14. Mai von rund

50.000 US-Dollar auf unter 40.000 US-Dollar, blieb dann aber bis Mitte Juli relativ konstant. Der große Einbruch bei der Hash-Leistung kam erst Anfang Juni, sie sank von rund 140 EH/s auf gut 85 EH/s – worauf der Bitcoin-Kurs kaum mehr reagierte.

Die übrigen Auswirkungen der massenhaften Miner-Abschaltung sind eher positiver Natur: Wenn nur nicht mal mehr die Hälfte der Miner in Betrieb ist, sinkt auch der Stromverbrauch der Kryptowährung um etwa die Hälfte und es entstehen nur noch etwa halb so viele Treibhausgase.

Aufbruchstimmung

Die verbliebenen Miner-Betreiber dürfen sich darüber freuen, dass ihre Hardware aufgrund der niedrigeren Difficulty nicht mehr so schnell veraltet. Neue Konkurrenz müssen sie auch nicht fürchten, denn der größte Hersteller von Bitcoin-Minern, Bitmain aus China, hat Mitte Juni den Verkauf neuer Mining-Hardware bis auf Weiteres eingestellt. Das geschah nicht ganz uneigennützig, zuvor waren die Preise um fast drei Viertel gefallen, da es zu einer regelrechten Schwemme an zum Teil neuwertiger Hardware auf dem Gebrauchtmarkt kam.

Die außer Betrieb genommenen Miner werden also keineswegs entsorgt und somit dauerhaft stillgelegt, sondern wechseln lediglich den

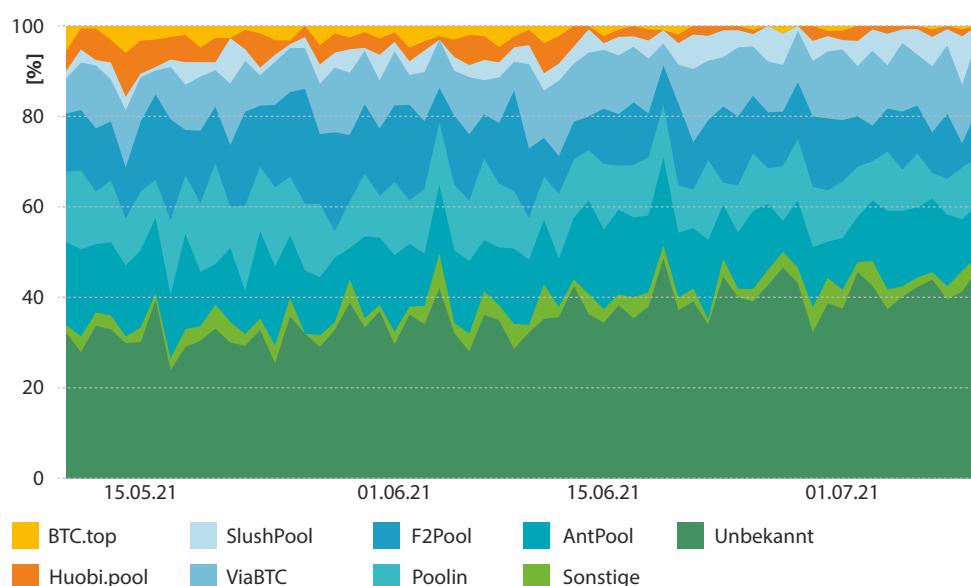
Besitzer und den Standort. Der Einbruch der Hash-Rate dürfte also nur von kurzer Dauer sein. Bis Anfang August stieg sie bereits auf gut 100 EH/s an.

Auf der Suche nach neuen billigen Stromquellen dürfte es etliche Miner ins Ausland verschlagen. Etwa in die USA, wo erst jüngst ein zuvor stillgelegtes Gaskraftwerk für die Versorgung einer Mining-Farm wieder in Betrieb genommen wurde. In Südamerika hat man sogar schon Erfahrung mit Recycling-Projekten: In Paraguay etwa schürft man schon seit 2018 mit ausgedienter chinesischer Mining-Hardware in der Nähe des Itaipú-Damms, der billige Strom stammt aus Überkapazitäten des drittgrößten Wasserkraftwerks der Welt. Auch El Salvador, wo Bitcoin zum gesetzlichen Zahlungsmittel erklärt wurde und Strom künftig weitestgehend emissionsfrei aus Vulkanen gewonnen werden soll, dürfte als neuer Standort für vormalss chinesische Mining-Farmen interessant sein.

Durch die Vertreibung aus dem eigenen Land sollte die chinesische Regierung zukünftig nicht mehr in der Lage sein, einen Großteil des Bitcoin-Mining-Netzwerks etwa per Beschlagnahme unter ihre Kontrolle zu bringen. Das hilft dem Bitcoin: Die Kryptowährung wird so noch unabhängiger und unkontrollierbarer – ganz im Sinne von Satoshi Nakamoto. (mid@ct.de) **ct**

Weiter gut verteilt

Obwohl die Hash-Leistung des Bitcoin-Netzwerks durch die Abschaltung etlicher Mining-Farmen in China von Mitte Mai bis Anfang Juli um mehr als die Hälfte sank, führte das nicht zur Zentralisierung: Mit BTC.top und Huobi.pool (orange) haben nur zwei kleine Betreiber merklich an Gewicht verloren. Das Kräfteverhältnis zwischen AntPool, F2Pool, Poolin und ViaBTC (blau) hat sich hingegen kaum verändert, die Hash-Leistung eines einzelnen Betreibers genügt weiterhin nicht für einen 51-Prozent-Angriff auf Bitcoin.



Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0242



Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0377



Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0322

Rüffel vom Fachmann

Sicherheitsforscher fordert grundlegende iOS-Überarbeitung

Anlässlich des Skandals um die Smartphone-Spionage mit dem Angriffsprogramm Pegasus wettert ein namhafter Kryptologe gegen Apple. Der Konzern solle „schrottige Bibliotheken“ entfernen und überhaupt das iOS überarbeiten.

Von Dušan Živadinović

Der Kryptologe Matthew Green, IT-Security-Experte und Associate Professor an der Johns Hopkins University schimpft in einem Blog-Beitrag über Apples iOS-Implementierung. Die Zero-Click-Lücke, die die Spähsoftware Pegasus in iOS ausgenutzt hat, belegt laut Green grundlegende Schwachpunkte in Apples mobilem Betriebssystem und im Kommunikationsprogramm iMessage.

Green hat unter anderem 2015 zusammen mit Kollegen die Sicherheitslücke Logjam im Diffie-Hellman-Schlüsselaustausch aufgedeckt, mit der sich zum Beispiel chiffrierter Verkehr von Web-, Mail-, VPN- und SSH-Verbindungen kompromittieren ließ.

Green kreidet Apple eine Ablehnung von Sicherheitsidealen an und fordert den Konzern auf, die „wirklich bösen“ Angriffsvektoren zu beseitigen. Pegasus-Hersteller NSO hatte Lücken entdeckt, mit der sich iPhones ohne jegliche Interaktion des Benutzers kapern lassen – es genügt, eine speziell präparierte Nachricht per iMessage an eine Apple-ID oder vom iPhone genutzte Telefonnummer zu versenden. „Dann lehnt man sich zurück und wartet, bis das Zumbetelefon die Infrastruktur [von NSO] kontaktiert.“ Zu den attackierten Smartphone-Nutzern gehörten nicht nur Terroristen, wie NSO glaubhaft machen wollte, sondern weltweit auch zahlreiche Systemkritiker, Journalisten und hochrangige Politiker.

Über die genauen Sicherheitslücken in Android-Geräten, die NSO gleichfalls

mit Pegasus geknackt und gekapert hat, sind weniger Details bekannt, weil Googles Smartphone-Betriebssystem nach Neustarts kaum noch Einbruchsspuren aufweist.

Noch im Februar 2021 hatte Apple mit einer BlastDoor genannten Funktion das iOS nachgebessert. Laut Spezialisten von Google wird damit jede eintreffende Nachricht in einem isolierten Bereich entpackt und verarbeitet. Doch gegen Pegasus half das offenbar nicht. Green kritisiert, dass iMessage „alle Arten komplexer Daten von zufälligen Fremden einfach so“ verarbeite. Dabei setze Apple „schrottige Bibliotheken“ ein, die in speicherunsicheren Sprachen geschrieben seien. „Diese Probleme sind schwer zu lösen, da iMessage so viele Datenformate empfangen kann und sich in den letzten Jahren so verkompliziert hat.“

NSO in die Pleite treiben

Es habe sich gezeigt, dass die BlastDoor-Technik nicht ausreicht. Green empfiehlt Apple daher, die Codebasis von iMessage „in einer sicheren Sprache“ neu zu schreiben. Auch die wichtigsten datenverarbeitenden Systembibliotheken müssen renoviert werden und Apple solle Telemetriedaten unter Wahrung der Privatsphäre nutzen, um iOS besser abzusichern. Er hoffe, dass Apples Sicherheitsexperte Ivan Krstić „morgen aufwacht, zu seinen

Chefs geht und sagt, er wolle [die Pegasus-Macher] NSO in die Pleite treiben“. Und er hoffe, dass die Chefs ihm dafür einen Blankscheck schreiben. Krstić entgegnete auf solche Kritiken, dass das iPhone das „sicherste für Endkunden gedachte Mobilgerät auf dem Markt“ sei.

Kurz nachdem der Skandal publik wurde, erschienen mit iOS 14.7 und 14.7.1 zwei Updates mit Ausbesserungen, darunter Korrekturen an der Kernel-Erweiterung IOMobileFramebuffer. Laut Kurzbeschreibung habe in vorherigen iOS-Versionen „eine Applikation beliebigen Code mit Kernel-Rechten ausführen“ können. Prinzipiell könnte diese App iMessage sein, die ein empfangenes Bild zur Anzeige bringt. Denn Pegasus muss irgendwie aus dem abgeschotteten Bereich (Sandbox) von iMessage ausbrechen und Root-Rechte erlangen – die Lücke in IOMobileFramebuffer könnte dieses Schlupfloch geboten haben. Ob das so ist, hat Apple bisher für sich behalten.

Wer Zweifel an der Unversehrtheit seiner Smartphone-Privatsphäre hat, kann sein Gerät mit dem Mobile Verification Toolkit von Amnesty International untersuchen (siehe ct.de/yw9p). Das Tool findet Einbruchsspuren, die Spionageprogramme wie Pegasus hinterlassen. (dz@ct.de)

Infos, Mobile Verification Toolkit:
ct.de/yw9p

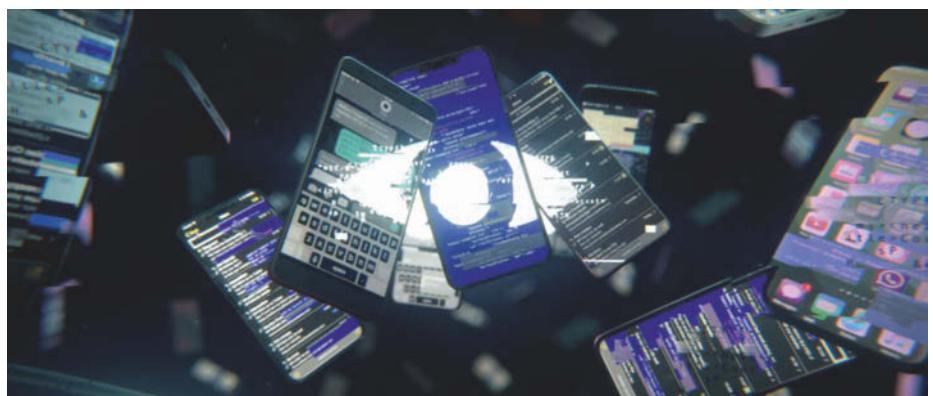


Bild: forbidden stories

Nach dem Skandal um ausgespähte Politiker, Aktivisten und Journalisten steht Apple im Kreuzfeuer von Krypto-Spezialisten: Der Konzern erweckt bei manchen den Eindruck, seine Betriebssysteme nachlässig abzusichern.

Studie: Pufferüberlauf und XSS noch immer gefährlich

Einer Analyse des Security-Projekts CWE zufolge gehören Pufferüberläufe und Cross-Site-Scripting noch immer zu den häufigsten Angriffen. Aber auch einfache Flüchtigkeitsfehler häufen sich.

Das Community-Projekt Common Weakness Enumeration (CWE) wertete 32.500 Sicherheitslücken aus den vergangenen zwei Jahren aus und veröffentlichte auf seiner Website eine Rangliste der 25 gefährlichsten Probleme (siehe ct.de/ydud). Weit oben an der Spitze stehen, wie auch im Vorjahr, der Pufferüberlauf (Buffer Overflow) und Cross-Site-Scripting (XSS).

Buffer Overflows treten in Programmiersprachen wie C oder C++ auf, die den Entwicklern großzügig Zugriff auf den Speicher gewähren. Passt der Programmierer nicht auf, können geschickte Angreifer entweder vor den zugewiesenen Speicherbereich oder dahinter schreiben. Mit größerem Abstand landete auf dem

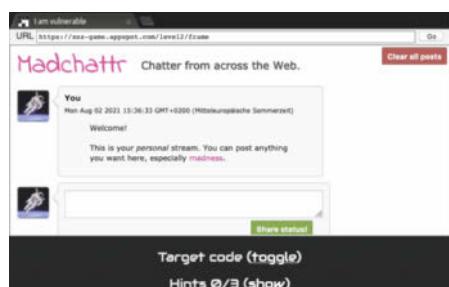
dritten Platz eine weitere Variante des Pufferüberlaufs (Out-of-bounds Read). Dabei versucht der Angreifer, Daten aus dem Speicher zu lesen oder mit dem Versuch einen Absturz zu erzwingen.

Auf Platz 2 liegen Cross-Site-Scripting-Attacken, die ihr Unwesen im Browser treiben. Dabei schafft es ein Angreifer, dass ein angemeldeter Nutzer auf einer fremden Website unbeabsichtigt Aktionen in seinem Namen auslöst. XSS gibt es in drei Spielarten, wobei die einfachste die serverseitige Variante ist. Nicht gegen XSS geschützte Seiten, die Daten ungeprüft entgegennehmen und in die Seite einbauen, können für eine solche Attacke missbraucht werden.

Die Lücken „Incorrect Default Permissions“ und „Missing Authentication for Critical Function“ gehören zu den größten Aufsteigern im Vergleich zu 2020. Erstere Lücke kletterte 22 Plätze nach oben, letztere um 13 Plätze. Beide hängen mit falscher oder fehlender Rechtevergabe zusammen: Sind Standardberechtigungen

zu großzügig, bekommen Angreifer während einer Installation Zugriff auf Dateien, die nicht für sie bestimmt sind. Das zweite Problem ist ein Flüchtigkeitsfehler – hier verlangt der Betreiber eines Dienstes schlicht keine Authentifizierung bei wichtigen Funktionen. (wid@ct.de)

XSS-Spiel und CWE-Bericht: ct.de/ydud



Im interaktiven Spiel „XSS Game“ von Google schlüpfen Sie in die Rolle des Angreifers und lernen, wie gefährlich XSS-Angriffe sind (siehe ct.de/ydud).

Make:
KREATIV MIT TECHNIK

DAS KANNST
DU AUCH!



2x Make testen und 6 € sparen!

Ihre Vorteile:

- ✓ GRATIS dazu: Arduino Nano
- ✓ NEU: Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 15,60 Euro statt 21,80 Euro.

* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen:

make-magazin.de/miniboo



Spyware-Entdecker

Geheimdienst-Spionagetool Pegasus auf dem iPhone enttarnen

Mit der Spähsoftware Pegasus wurden weltweit Mobiltelefone von Oppositionellen, Journalisten und Aktivisten ausgespäht. Mit dem Mobile Verification Toolkit können Sie überprüfen, ob Ihr Smartphone mit der ausgefieilten Software infiziert ist, die weltweit für Schlagzeilen sorgt.

Von Alexander Königstein und Jan Mahn

Nutzer von iOS mussten sich lange keine Gedanken darüber machen, ob ihr Smartphone heimlich von einem Trojaner ausspioniert wird, denn das Apple-Betriebssystem galt aufgrund der strengen Sicherheitsauflagen von Apple als sicher. Doch nachdem eine Gruppe von internationalen Journalisten aus 17 Redaktionen zusammen mit Amnesty International im Juli 2021 enthüllt hatte, dass mithilfe einer Spionagesoftware des israelischen Herstellers NSO Group weltweit Politiker, Aktivisten und Journalisten ausspioniert wurden, wackelt diese Gewissheit.

Der Softwareanbieter dementierte umgehend und sprach von „falschen Vorwürfen und irreführenden Behauptungen.“ Als Quelle nannten die Journalisten eine Liste von 50.000 Telefonnummern von geplanten Überwachungszielen, die ihnen vorliege. Einen unabhängigen Beweis, dass mit Pegasus in der Praxis wirklich Journalisten überwacht werden, gab es da aber noch nicht [1].

Anfang August folgte dann die erste unabhängige Bestätigung, wie der britische Guardian berichtet. Frankreichs Behörde für Informationssicherheit ANSSI konnte die Schadsoftware auf den Smartphones von drei Journalisten nachweisen. Spuren von Pegasus fanden sie auf dem Gerät eines TV-Journalisten von France 24

und bei einer Journalistin und einem Journalisten des investigativen Internetportals Mediapart aus Frankreich. Laut Guardian seien die Erkenntnisse an die Pariser Staatsanwaltschaft weitergegeben worden, die in dem Fall ermittelt. In Frankreich wird das Thema in der Öffentlichkeit besonders intensiv verfolgt, weil im Datensatz der Spionageopfer auch eine Telefonnummer von Staatspräsident Emmanuel Macron zu finden war.

Sicheres Gefühl

Für die Massenüberwachung der gesamten Bevölkerung ist Pegasus nicht gedacht, sondern für gezielte Überwachungsmaßnahmen – deutsche Nummern seien nicht im Datensatz, so das Rechercheteam. Pegasus fand seinen Weg vorbei an den Sicherheitsmechanismen von iOS und Android und das ganz ohne dass das Opfer einen präparierten Link anklicken musste. Einfallstore waren wohl bis dahin ungepatchte Sicherheitslücken beim Empfang von Messenger-Nachrichten.

Dass Privatpersonen, die nicht im Fokus von ausländischen Geheimdiensten stehen, unter den Opfern sind, gilt zum aktuellen Stand eher als unwahrscheinlich.

Wenn Sie dennoch sicher sein wollen, dass Sie nicht im Visier von Überwachern sind, können Sie Ihr Mobiltelefon selbst auf Spuren von Pegasus untersuchen. Für die Analyse des eigenen Telefons hat Amnesty International ein Python-Kommandozeilenwerkzeug gebaut und als Open-Source-Projekt veröffentlicht. Mit dem Mobile Verification Toolkit (MVT, <https://mvt.re>) können Sie iOS nach Hinweisen auf eine Infektion mit der Pegasus-Spyware überprüfen. Android-Geräte kann sich das Werkzeug auch ansehen, aber nur einen kleinen Teil der Infektionen aufdecken. Unter iOS hinterlässt Pegasus mehr Spuren.

iPhone-Untersuchung

Wir ließen das Analysewerkzeug auf ein iPhone 11 (iOS 14.7) los. Dazu erstellten wir zuerst ein verschlüsseltes Backup des Smartphones, das wir mit dem MVT dann wieder entschlüsseln, um anschließend die Logs auf eine mögliche Infektion mit der Pegasus-Spyware zu durchforsten. Die Verschlüsselung ist nötig, da iOS aus Sicherheitsgründen nur dann die interessanten Daten mit ins Backup schreibt.

Unter Windows erzeugen Sie ein Backup über iTunes. Schließen Sie das iPhone per Kabel an, starten Sie iTunes und klicken Sie auf das Gerät. Unter macOS ist die iPhone-Verwaltung aus iTunes in den Finder gewandert. Sie finden ein angeschlossenes Telefon links im Menü. Nutzen Sie zum Verschlüsseln ein Kennwort, das Sie sonst nicht im Einsatz haben, weil Sie es später auf der Kommandozeile im Klartext übergeben müssen.

Wenn Sie weder macOS noch Windows zur Hand haben oder die Komman-

```
mvt - mvt-ios check-backup -l .. /investigations/2021-07-18_nso/pegasus.stix2 -o results/ .. /Documents/Backup_decrypted/ /Users/alex/Git/mvt - mvt-ios check-backup -l ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.sms] Extracted a total of 61 SMS messages containing links
INFO [mvt.ios.modules.fs.sms_attachments] Running module SMSAttachments ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.sms_attachments] Found SMS database at path:
[... /Documents/Backup_decrypted/3d/3d0d7e5fb2cc28881133064d46436395e847a3d28
INFO [mvt.ios.modules.fs.chrome_history] Running module ChromeHistory ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.chrome_history] There might be no data to extract by module ChromeHistory: Unable to find the
module's database file
INFO [mvt.ios.modules.fs.chrome_favicon] Running module ChromeFavicon ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.chrome_favicon] There might be no data to extract by module ChromeFavicon: Unable to find the
module's database file
INFO [mvt.ios.modules.fs.webkit_session_resource_log] Running module WebkitSessionResourceLog ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.calls] Running module Calls ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.calls] Found Calls database at path:
[... /Documents/Backup_decrypted/5a/5a4935c78a5255723f797238a451d79c540d2741
INFO [mvt.ios.modules.fs.calls] Extracted a total of 228 calls
INFO [mvt.ios.modules.fs.idstatuscache] Running module IDStatusCache ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.idstatuscache] Found IDStatusCache.plist at path:
[... /Documents/Backup_decrypted/6b/6b47989189981ceaa5b917708fb584128e27b
INFO [mvt.ios.modules.fs.idstatuscache] Extracted a total of 1842 ID Status Cache entries
INFO [mvt.ios.modules.fs.locationid] Running module LocationIDClients ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.locationid] Found LocationIDClients.plist at path:
[... /Documents/Backup_decrypted/ab/a699d7769ccc8994c42067320b187c87e5f79412
INFO [mvt.ios.modules.fs.locationid] Extracted a total of 8 LocationID Clients entries
INFO [mvt.ios.modules.fs.interactions] Running module InteractionC ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.interactions] Found InteractionC database at path:
[... /Documents/Backup_decrypted/1f/1f5fa52122ba3d89eefdc196978df8e7a7e49dee
INFO [mvt.ios.modules.fs.interactions] Extracted a total of 1857 InteractionC events
INFO [mvt.ios.modules.fs.firefox_history] Running module FirefoxHistory ...
INFO [mvt.ios.modules.fs.firefox_history] Found Firefox history database at path:
[... /Documents/Backup_decrypted/2e/2e57c39ea35b9d1ccbcc24725882d98bd1d142b
INFO [mvt.ios.modules.fs.firefox_history] Extracted a total of 18028 history items
```

MVT untersucht Logs in einem iOS-Backup auf Spuren von Spionagewerkzeugen wie Pegasus.

dozeile nicht verlassen wollen, können Sie das Backup mit dem Kommandozeilenwerkzeugkasten `libimobiledevice` erzeugen, den es für Windows, macOS und Linux gibt (zu finden über ct.de/y8nb).

Jetzt müssen Sie den Backup-Ordner aufspüren. Unter macOS liegen die Backups im Ordner `~/Library/Application Support/MobileSync/`, unter Windows entweder im Ordner `%USERPROFILE%\Apple\MobileSync` oder unter `%USERPROFILE%\AppData\Roaming\Apple Computer\MobileSync`.

Als Mac-Anwender finden Sie das Backup aber am schnellsten über die Oberfläche im Finder, über die Sie es auch erzeugt haben. Mit einem Klick auf „Backups verwalten“ öffnet sich dort eine Liste. Per Rechtsklick auf das aktuelle Backup finden Sie die Funktion „Im Finder zeigen“. So landen Sie direkt im richtigen Ordner, der mit einer GUID im Format `00000000-0000000000000000` benannt ist. Sie brauchen später den vollständigen Pfad zu diesem Ordner, der viele weitere Unterordner enthält.

Mobile Verification Toolkit installieren

Um das Backup zu untersuchen, brauchen Sie das Mobile Verification Toolkit und Python 3, außerdem die Bibliothek `libusb`. Unter macOS installiert man all das am bequemsten mit dem Paketmanager Homebrew [2]:

```
brew install git python3 libusb
```

Mit Python unter Windows haben die MVT-Entwickler ungelöste Probleme festgestellt und raten daher davon ab. Stattdessen sollten Windows-Nutzer auf das Windows Subsystem for Linux ausweichen (Dokumentation zu finden über ct.de/y8nb). Das hat Microsoft in Windows integriert und es stellt eine Linux-Kommandozeile bereit. Python ist in den meisten Distributionen schon installiert.

Wenn Sie Python installiert haben, klonen Sie das Repository mit `git`:

```
git clone https://github.com/mvt-project/mvt.git
```

Wechseln Sie dann in den Ordner:

```
cd mvt
```

Dort installieren Sie die Abhängigkeiten mit dem Paketmanager `Pip`. Unter macOS lautet der Befehl:

```
pip3 install .
```

Unter Linux (und im WSL) erreichen Sie `Pip` ohne die Versionsnummer:

```
pip install .
```

Nun ist der Befehl `mvt-ios` verfügbar.

Backup entschlüsseln

Vor der Analyse müssen Sie das Backup mit `mvt-ios decrypt-backup` entschlüsseln, um es untersuchen zu können:

```
mvt-ios decrypt-backup -p <Passwort> ↵
↳ <Zielpfad> ↵
↳<Backup-Pfad>/00000000-0000000000000000/
```

In diesem Befehl müssen Sie einen Zielpfad angeben. Der muss schon existieren und beschreibbar sein. Setzen Sie außerdem den Pfad zum Backup und das Kennwort ein.

Spyware-Indikatoren laden

Das Werkzeug braucht noch Anweisungen, nach welcher Art von Spuren es suchen soll. Diese Indikatorsammlung für die Pegasus-Spyware liegt in einem weiteren Repository, das Sie im aktuellen Ordner `mvt` auschecken können:

```
git clone https://github.com/AmnestyTech/investigations.git
```

Die relevanten Daten liegen dann im Ordner `investigations/2021-07-18_nso/`.

Backup überprüfen lassen

Nun liegt alles bereit, um das Backup zu prüfen. Dazu starten Sie auf der Kommandozeile den Befehl `mvt-ios check-backup` mit den Pfaden zur Indiziendatei, zum entpackten Backup und zu einem neuen Pfad für die Ergebnisse. Auch den müssen Sie vorher anlegen und darin schreiben dürfen:

```
mvt-ios check-backup ↵
↳ -i ./investigations/2021-07-18_nso/ ↵
↳ pegasus.stix2 ↵
↳ -o <Ordner für die Ergebnisse> ↵
↳<Pfad zum entpackten Backup>
```

Auf unserem macOS-System sah der Befehl dann so aus:

```
mvt-ios check-backup ↵
↳ -i ./investigations/2021-07-18_nso/ ↵
↳ pegasus.stix2 -o results/ ↵
↳ ../../Documents/Backup_decrypted/
```

Nachdem das Toolkit die Logs ausgewertet und seine Arbeit beendet hat, liegen einige Dateien im Ausgabeordner, vorwiegend Log-Dateien.

Auswertung

MVT extrahiert aber nicht nur Logs, sondern prüft auch automatisch nach Anzeichen der Pegasus-Spyware. Das Werkzeug schaut dazu nach Domains oder E-Mail-Adressen, die der Spyware zugeordnet sind. In der Auswertung ist auch genau zu sehen, welche Datenmengen es analysiert. Wenn MVT anhand der Indiziendatei Verdächtiges gefunden hat, schreibt es eine JSON-Datei, deren Name mit `_detected` beginnt. Wenn Sie eine solche finden, haben Sie möglicherweise ein Problem!

Sie können sich aber auch selbst auf die Spurensuche begeben. Ausgangspunkt ist die Datei `timeline.csv`, die MVT erstellt und die Ereignisse aus verschiedenen Logs chronologisch sortiert zusammenfasst und damit den Ablauf der mitgeschriebenen Aktionen (Benachrichtigungen, Telemetrie, Anrufe oder Webseitenaufrufe) rekonstruiert. Öffnen können Sie diese mit einer Tabellenkalkulation wie Excel oder LibreOffice. Amnesty konnte in der Analyse beobachten, dass kurz nach dem Empfang einer iMessage-Nachricht immer ein verräterischer Prozess gestartet wurde, der im Namen die Abkürzung „bh“ (vermutlich für Bridge Head, Brückenkopf) enthält.

Nach Abschluss der Untersuchungen sollten Sie das entpackte, aber auch das verschlüsselte Backup entsorgen, da das Kennwort in der History der Kommandozeile liegt.

Sollten Sie wider Erwarten Dateien mit `_detected` in der Auswertung finden, sind Sie möglicherweise versehentlich oder mit voller Absicht ins Visier von ausländischen Geheimdiensten geraten – die deutschen beteuern, Pegasus nicht eingesetzt zu haben. Gern können Sie das Heise-Investigativteam mit Ihren Beobachtungen kontaktieren, auch anonym über das Tor-Netzwerk. Informationen finden Sie über heise.de/investigativ. [>](mailto:(jam@ct.de))

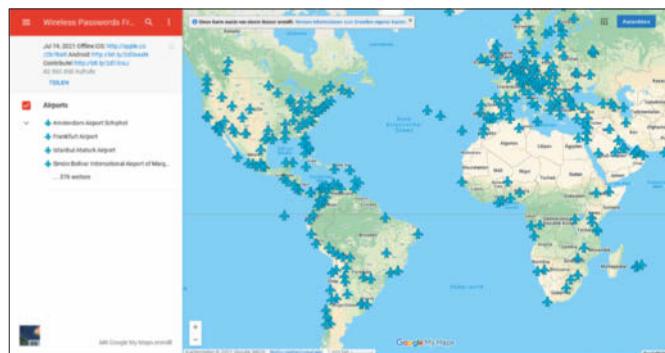
Literatur

- [1] Hartmut Gieselmann, Infiziert ohne Klick, Amnesty International deckt Massenüberwachung durch Pegasus auf, c't 17/2021, S. 40
- [2] Immo Junghärtchen, App Store fürs Terminal, Die Paketverwaltung Homebrew unter macOS einrichten und nutzen, c't 12/2020, S. 122

Mobile Verification Toolkit: ct.de/y8nb

WLAN fürs Jetset

heise.de/s/QxZn



Flugreisende greifen nach dem Touchdown ihres Fliegers oft als Erstes zum Handy, um es aus dem Flugmodus zu befreien. Dann ist das WLAN des örtlichen Flughafens gefragt, aber dessen Zugangsdaten muss man vor Ort oft erst mühevoll und teuer per Mobilfunknetz recherchieren. Da kommt die **Flughafen-WLAN-Karte**, eine Google-Maps-Karte mit WLAN-Daten von fast 400 internationalen Flughäfen, gerade recht. Damit lassen sich die Zugangsdaten nämlich schon vor der Reise nachschlagen und vorsorglich im Handy ablegen. Einige kleinere Flughäfen – in Deutschland etwa Paderborn und Hahn – fehlen bis jetzt auf der WLAN-Liste. Unmittelbar lässt sich die WLAN-Karte nicht mit solchen Daten komplettieren, da sie lediglich im View-Mode von Google Maps angezeigt wird. Um zusätzliche Daten für den Eigengebrauch hinzuzufügen, kann man die Karte als KML-Datei herunter- und anschließend in Google Maps hochladen.

Ursprünglich wird die Karte als Datenfutter für die kostenpflichtige Mobilapp WiFox gepflegt (siehe ct.de/yqu4). Mit der für Android und iOS verfügbaren App kann man neue Einträge am Mobilgerät ohne den Umweg über den Dateidown- und upload anlegen und diese zur Prüfung an die Entwickler schicken. Nach der Kontrolle gelangen die Ergänzungen auch in die herunterladbare Karte. (hps@ct.de)

Neue Freundschaften schließen

www.finya.de

Ob man den (neuen) Partner fürs Leben sucht oder einfach nur auf Freundschaften aus ist, Online-Kontakt-Börsen können die Suche erheblich erleichtern. **Finya** ist einer der ganz wenigen wirklich kostenlosen Vertreter dieser Online-Vermittler, der auch über eine halbwegs große Anzahl an Kontaktwilligen verfügt – aus Stichproben schließen wir auf einige Zigtausend in Deutschland. Dieser Schätzwert entspricht etwa einem Prozent der Mitglieder in Partnerbörsen wie Parship oder Elitepartner.

Der werbefinanzierte Dienst bietet eine passable Suchfunktion, über die man etwa die Entfernung zum Wohnort des

Gegenübers oder das Alter eingrenzen kann. Ein umfangreicher Fragenkatalog zu Reisewünschen, Kultur, Essgewohnheiten und dem Leben allgemein hilft, anderen einen besseren Eindruck von sich selbst zu vermitteln. Wer nicht lange suchen will, darf sich per Algorithmus Vorschläge unterbreiten lassen. Allerdings ist auch Finya nicht vor Fake-Profilen gefeit, auf die man mitunter aus stereotypen Profilblödern und wenig brauchbarem Inhalt schließen kann. Im Test entstand zudem der Eindruck, dass einige Profile vom Anbieter selbst betrieben werden. (Tobias Engler/jo@ct.de)

Namensbedeutung

www.behindthewname.com

Kein Einzelkind sollte Thomas heißen, denn ethymologisch steht dieser Name für „Zwilling“. Derlei Informationen für Tausende männlicher, weiblicher und geschlechtsneutraler Vornamen aus mehr als 100 Kulturreihen liefert die Suchmaschine **Behind the Name**. Außer über die Herkunft eines gefundenen Namens informiert die Seite auch über die Aussprache in den Verbreitungsländern, Entsprechungen in anderen Sprachen, Namenstage sowie über prominente Träger dieses Namens. Grafiken verdeutlichen zudem die Popularität des jeweiligen Namens während der vergangenen Jahrzehnte in den wichtigsten Verbreitungsländern.



Wer gerade Charaktere für einen Roman oder Avatare für ein Rollenspiel erstellt, findet Hilfe in der Unterseite behindthewname.com/random. Diese liefert auf Klick authentisch anmutende Vor- und Nachnamen aus über 60 realen Sprachräumen oder aus antiken, mystischen oder Fantasy-Kulturen, auf Wunsch zusammen mit Personenbeschreibungen in Sachen Geburtsdatum, Körpermaße, Blutgruppe, Lebenserwartung und wahrscheinliche Todesursache. (hps@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: ct.de/yqu4



Agile Software-entwicklung im Unternehmen

14. September 2021

Lernen Sie, worauf es bei der agilen Softwareentwicklung ankommt und welche Ansätze in der Praxis funktionieren. In mehreren praxisnahen Vorträgen meistern Sie auf unserer Online-Konferenz die größten Herausforderungen für agile Softwareprojekte im Unternehmen.

Die Highlights

Feuer + Wasser – Das agile Festpreisprojekt
Carola Lilienthal

High Speed Scrum – Wie man in unter vier Monaten eine Messe digitalisiert ...
Konstantin Diener

Totschlagargumente, Agile Edition
Gerrit Beine

**Jetzt
Ticket
sichern**

MEHR ERFAHREN
asu.inside-agile.de/

VERANSTALTER

 **heise Academy**

PARTNER



Nummerntrick

Samsung umgeht Garantieverpflichtung



Wie alle namhaften Elektronikhersteller wirbt auch Samsung mit Garantieleistungen, auf die sich Käufer im Fall der Fälle verlassen können. Doch das zugehörige Kleingedruckte legt Samsung zum Nachteil von Kunden aus, die dann nicht nur ein defektes Gerät haben, sondern auch noch zusätzliche Kosten.

Von Tim Gerber

Auf der Suche nach einem guten Monitor fürs Homeoffice stieß Christoph F. Ende Mai auf ein günstiges Angebot eines gewerblichen Händlers bei eBay. Dessen Bewertungen waren zu über 99 Prozent positiv, der Monitor vom Typ Samsung M7 (S32AM704UR) war als unbenutzter Retourenrückläufer in bereits geöffneter Packung beschrieben und mit knapp 300 Euro für das 4K-Display mit 81 Zentimetern Diagonale recht günstig. So schlug Christoph F. am 31. Mai zu. Beim Auspacken stellte er ein paar Kratzer am Monitorfuß fest und erhielt dafür vom Verkäufer noch einen Nachlass von 30 Euro. Insgesamt hatte er gegenüber dem üblichen Neupreis gut 100 Euro gespart und an seinem PC via

DisplayPort angeschlossen, freute sich der Kunde über das große 4K-Bild.

Doch die Freude über das Schnäppchen währte nicht allzu lange. Denn als Christoph F. wenige Tage später sein Arbeitsnotebook via USB-C mit dem Display verbinden wollte, zeigte dieses kein Bild. Das Notebook ließ sich zwar darüber aufladen, aber eben nicht nutzen. Auch die empfohlenen Resets des Monitors, die der Kunde den Beschreibungen des Herstellers folgend durchführte, brachten keine Besserung. Deshalb wandte sich Christoph F. am 11. Juni an den Samsung-Support und bat um Hilfe. Am 14. Juni erhielt er eine freundliche Antwort mit dem Angebot, das Gerät an eine Vertragswerkstatt

zu senden. Dazu solle er unter anderem die Seriennummer des Gerätes mitteilen und erhalten dann eine Versandverpackung. Der Service sei innerhalb der Garantie kostenlos.

Vollmundig

Von dem Service war Christoph F. zunächst ausgesprochen angetan. Um den Versandaufwand zu sparen, probierte er in den folgenden Tagen aber zunächst weitere Reset-Anleitungen aus, die vom Support ebenfalls empfohlen worden waren. Nachdem das alles nicht half, antwortete Christoph F. am 21. Juni, teilte die gewünschte Seriennummer mit und bat um die versprochene Zusendung des Kartons. Am 22. Juni bestätigte Samsung ihm per E-Mail, dass man für ihn eine Reparatur durch eine Vertragswerkstatt beauftragt habe. „Die Reparatur und der Versand ist für Sie kostenlos“, hieß es wörtlich. Der Versand klappte reibungslos.

Die böse Überraschung folgte eine Woche später in Form eines Briefes von Samsungs Servicepartner. Er enthielt einen Kostenvoranschlag für den Tausch des Mainboards in Höhe von knapp 230 Euro. Eine kostenlose Reparatur könnte nicht durchgeführt werden, da die Seriennummer „nicht mehr vorhanden“ sei. Sollte er den Kostenvoranschlag nicht akzeptieren, werde die Werkstatt eine Überprüfungs- beziehungsweise Verschrottungspauschale berechnen zuzüglich Versand per Nachnahme und eventuell weiterer Kosten. Insgesamt sollte Christoph F. 114 Euro berappen, um seinen Monitor zurückzubekommen, der ja bis auf den USB-Port funktionstüchtig war.

Reichlich frustriert wandte sich Christoph F. in den folgenden Tagen an den Servicepartner, den Händler und am 6. Juli auch nochmals per E-Mail an Samsung. Der Händler bot sofort an, den Monitor an ihn zu schicken, er wolle das gern prüfen und gegebenenfalls nachbessern. Dazu aber hätte Christoph F. die Forderungen der Vertragswerkstatt erfüllen müssen. Samsung beharrte auf seinem Standpunkt, eine Garantie sei wegen fehlender Seriennummer ausgeschlossen. Auch die Übernahme der Rücksendekosten lehnte Samsung ab. Alles Weitere solle der Kunde doch mit der Werkstatt klären – als ginge den Hersteller das alles nichts an. Von der Werkstatt erfuhr der Kunde nur, dass das Typenschild am Gerät fehle und deshalb eine kostenlose Garantiereparatur nicht möglich sei.

Zähneknirschend entschloss sich Christoph B. nun, den Monitor auf seine Kosten reparieren zu lassen. Der Frust des Kunden erreichte jedoch seinen Höhepunkt, als er den reparierten Monitor am 12. Juli in Empfang nahm. Nun funktionierte zwar der USB-C-Port, aber das Display wies nun einen ganz massiven Schaden in Form von langen bunten, mehrere Zentimeter dicken Streifen auf.

Die Werkstatt erkannte zwar sofort an, dass es sich um einen Transportschaden handeln müsse und bot Christoph F. umgehend an, das Gerät zur Behebung des Schadens zurückzusenden. Selbstverständlich für ihn kostenlos. Doch solchen Versprechungen wollte der Kunde nicht mehr recht über den Weg trauen und wandte sich nunmehr an die Redaktion von c't.

Formalien

Wir fragten am 27. Juli bei Samsung an und wollten wissen, warum genau Samsung die Garantieleistung nachträglich verweigert hatte. Schließlich war die Seriennummer ja in der Firmware auslesbar und der Hersteller konnte damit ohne Weiteres feststellen, ob das Gerät von ihm stammt und wann es verkauft worden ist. Ob sich am Gehäuse jemals ein Typenschild befunden hat, konnte der Kunde ja nicht wissen. Er hatte es jedenfalls nicht entfernt. Und selbst wenn ändert das doch nichts daran, dass der Monitor offenbar einen Herstellungsfehler hatte, für den Samsung garantiepflichtig wäre.

Mehrfach vertröstete uns Samsung mit einer Antwort. Man wolle den Fall gründlich prüfen, hieß es. Der Kunde

hatte sich derweil entschlossen, den Monitor ein weiteres Mal in die Werkstatt zu senden und die hatte den Transportschaden behoben, ohne dass weitere Kosten anfielen. Dennoch blieb bei Christoph F.

der Frust, aufgrund eines von Samsung verursachten Mangels statt einer Ersparnis nun etwa 100 Euro mehr als den Neupreis für den Rückläufer-Monitor berappt zu haben.

Doch der Hersteller zeigte sich ungerührt: Als nach einer Woche endlich eine Antwort von Samsung eintraf, hieß es darin lediglich, die Garantie gelte „nicht für

Samsung Produkte, an denen die Seriennummer entfernt, unkenntlich gemacht oder geändert wurde“. Es habe sich in der Werkstatt herausgestellt, dass diese „Voraussetzung eines vorhandenen Typenschildes mit der Seriennummer an der Rückseite des Monitors“ nicht erfüllt gewesen sei. Das Vorhandensein dieser äußeren Kennzeichnung sei obligatorisch für einen Garantieanspruch. Die alleinige Seriennummer, die auch aus dem Menü ausgelesen werden kann, reiche nicht aus.

Immerhin räumte der Hersteller ein, der Kunde sei über die Möglichkeit, den Monitor unrepariert zurückzuerhalten, wohl nicht hinreichend informiert worden. Man werde gemeinsam mit dem Servicepartner an einer Verbesserung der Kommunikationsprozesse arbeiten.

Christoph F. hatte sich auf die Zusagen von Samsung verlassen. Dass die nachträgliche Weigerung der Kostenübernahme rechtmäßig ist, kann man mit guten Gründen anzweifeln. Denn warum die elektronische Seriennummer nicht ausreichen soll, begründet der Hersteller auch auf Nachfrage von c't nicht. Schließlich sollte sich bei einem Monitor auch ohne Typenschild eindeutig nachvollziehen lassen, wann er produziert wurde und ob die Garantie noch gilt. Bei einem Kühlschrank mag das anders sein.

Der Fall zeigt aber auch eines ganz deutlich: In solchen Fällen eines kurz nach dem Kauf auftretenden Schadens sollte man sich immer zuerst an den Verkäufer wenden, bevor man sich auf solche Garantieangebote einlässt. Entscheidet der sich, im Zuge seiner gesetzlichen Gewährleistungspflicht auf die Herstellergarantie zurückzugreifen, dann muss er auch dafür einstehen, wenn das so gründlich schiefgeht wie bei Christoph F.

(tig@ct.de) ct



Da dem Monitor eine Garantiekarte von Samsung beilag, vertraute der Kunde darauf, dass ihm bei Inanspruchnahme wegen eines Mangels nicht noch extra Kosten entstehen würden.

Ganz schöner Antritt!

Die Technik der neuen
E-Bike-Generation



Technik und Kaufberatung	Seite 56
Test: Fünf Räder für den Alltag	Seite 62
Zahlen, Daten, Fakten über E-Bikes	Seite 68
E-Bikes modden – was ist erlaubt?	Seite 70

Tschüss Klischee vom E-Bike als Rentner-Fahrrad! Jedes zweite verkauft Fahrrad war 2020 ein E-Bike. Smarte Technik holt noch mehr Fahrspaß und Sicherheit aus dem Antrieb. Aber nicht alles ist zu Ende gedacht.

Von Michael Link und Stefan Porteck

E-Bikes unterstützen beim Tritt auf die Pedale mit Motorkraft. In diesem Artikel lesen Sie etwas über neue Konzepte und – ganz klassisch – worauf es beim Neukauf eines E-Bikes ankommt.

Grundsatzdiskussionen über den Sinn von E-Bikes sind selten geworden. Viele Menschen sind schon mal E-Bike gefahren und haben Erfahrungen gesammelt. Das Image des vornehmlich für Rentner gedachten Gefährts verblasst. Elektrisch unterstützte Fahrräder sind im Alltag aller Altersklassen angekommen, besonders in Gegenden, wo die Topografie etwas hügeliger ist. Die Bikes tragen zur Verkehrswende bei, weil viele, die sonst nicht Rad fahren würden, öfter aufs Auto verzichten.

Erfahrung beseitigt Vorurteile

Vor Verallgemeinerungen aus ein paar Ferienfahrten sollte man sich indes vor einem Kauf eines eigenen Gefährts hüten: Ein E-Bike ist nicht alle E-Bikes. Man schließt ja auch nicht aus einer Probefahrt mit einem Kleinwagen auf die Fahreigenschaften aller Autos.

Ein E-Bike mit dem Stand von 2017 hat mit den heutigen Modellen nur noch wenig zu tun: So geht die Schubabschaltung beim Erreichen der Tempogrenze von 25 Kilometern pro Stunde bei modernen Rädern deutlich sanfter zu Werke und es fühlt sich bei aktuellen Modellen längst nicht mehr so an, als ob man plötzlich einen schweren Zementsack auf den Gepäckträger bekommt. Dennoch: Auch E-Bikes haben Charakter und bocken manchmal wie Esel, was Sie im Test ab Seite 62 nachlesen können.

Grundzutaten

E-Bikes finden sich in so gut wie allen Kategorien. Sogar Kinderfahrräder, Rennräder und Lastenräder gibt es mit Hilfs-

motor. Tatsächlich werden Lastenräder und Mountainbikes aus naheliegenden Gründen sogar viel öfter mit elektrischer Trethilfe gekauft als ohne. Sie benötigen weder eine Zulassung noch ein Nummernschild und man kann sie versicherungsfrei und ohne Helm auf Radwegen und auf der Fahrbahn benutzen.

Tendenziell spielt die Qualität der Komponenten eine größere Rolle als bei herkömmlichen Rädern. Besonders die Bremsen sollten wegen der höheren mechanischen Belastung beim schwereren E-Bike hydraulisch funktionieren. Bei nassen Wetter bremsen Scheibenbremsen überdies besser als Felgenbremsen. Nur noch Räder der untersten Preisklasse bremsen ohne hydraulische Hilfe.

Auch die Kette beziehungsweise ein Riemenantrieb unterliegt je nach Antriebsform größeren Belastungen und muss entsprechend gepflegt und öfter getauscht werden als vom herkömmlichen Fahrrad gewohnt. Das Gleiche gilt für die Antriebsritzel. Kettenrisse und abgenudelte Ritzel sind bei schlecht gepflegten E-Bikes häufiger ein Problem.

Spezielle E-Bike-Reifen sind kein Marketing-Gag der notleidenden Gummi-Industrie. Auch sie sind nützlich, denn ihre dichteren Karkassengewebe bewirken einen besseren Pannenschutz. Ihre Gummimischungen helfen, einen besseren Kontakt zur Fahrbahn zu halten, was den Wirkungsgrad und somit die Reichweite verbessert. Bei den schnelleren S-Pedelecs geht das so weit, dass man nicht einfach beliebige Reifen montieren darf, sondern nur solche, die eine Zulassung besitzen.

Ob Sie eine Anfahrhilfe benötigen, ist Geschmacksache. Sie schiebt das Rad bei bis zu sechs Kilometer pro Stunde mit, wodurch das Schieben und Anfahren leichter fällt. Wer sein Fahrrad im Keller unterbringt, wird auf der Treppenrampe die Schiebehilfe schnell nicht mehr missen wollen.

Displayeinheiten am Lenker zeigen das Tempo, die Unterstützungsstufe sowie den Akkustand beziehungsweise die verbleibende Reichweite. Zum Wechseln der Unterstützungsstufen braucht man aber auch eine Bedieneinheit. Die kann sich direkt am Display befinden, separat am Lenker befestigt sein oder auch am Vorbau oder im Oberrohr des Rahmens. Prüfen Sie unbedingt vor dem Kauf, ob Sie das womöglich blinde Gefummel nicht vom Verkehrsgeschehen ablenkt.

Smarte Technik

Sturzerkennung, Notruf, Diebstahlschutz – die Hersteller werben zunehmend mit smarten Features ihrer E-Bikes. Einige neue E-Bikes haben keine Displays mehr oder nur noch kleine Bediensatelliten für Basisfunktionen, weil sie viele Funktionen ins Smartphone verlagern.

Shimano bietet für einige seiner Steps-Displays eine direkte Bluetooth-Verbindung zur herstellereigenen E-Tube-App zum Einstellen und Auslesen einiger Parameter sowie für Firmware-Updates von Antriebskomponenten. Ähnliches gilt für Fazua-Antriebe sowie für den Smartphone-Hub von Bosch. Letzterer übernimmt auch die Navigation, zeigt die Wettervorhersage auf dem Smartphone an, das während der Fahrt in einer Lenkerhalterung steckt.

In der Praxis haben wir bei unseren Tests oft Probleme beim Verbinden per Bluetooth festgestellt und hatten des Öfteren Verbindungsabbrüche. Doch mittlerweile enttäuschten auch im bordeigenen Bediensatelliten eingebaute Spielereien wie eine eingebaute Navigationsfunktion



In Deutschland verkauft E-Bikes müssen ein CE-Zeichen tragen.

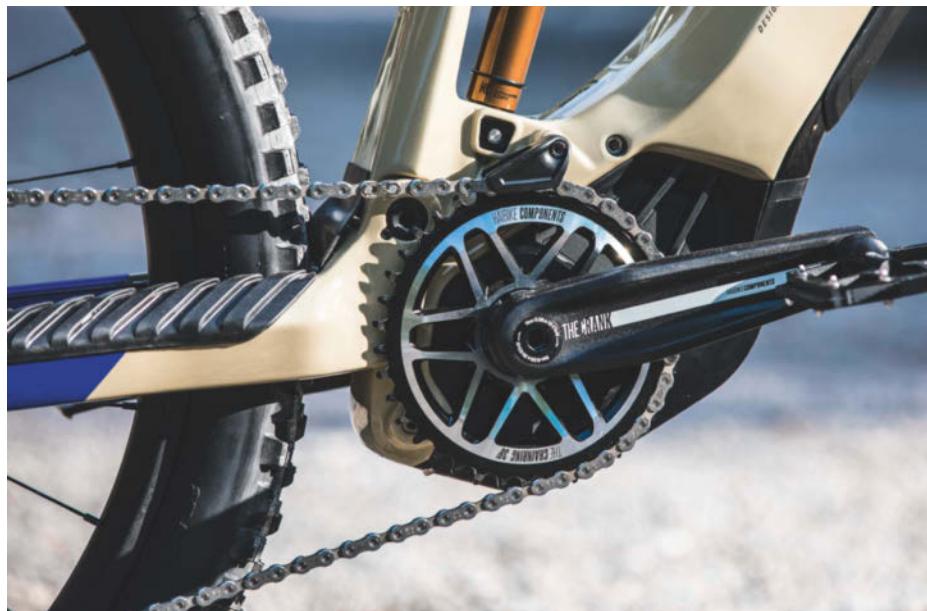


Bild: Haibike

Beim Mittelmotor stehen Ritzel und Kette unter einer höheren Belastung als bei einem herkömmlichen Fahrrad.

durch ausgeprägte Dysfunktionalität und unpraktisches Handling.

Fraglich ist auch, ob kommende Smartphones weiterhin mit solchen Connected-Bike-Funktionen harmonieren, wenn das betreffende E-Bike schon ein paar Jahre auf den Ritzelpaketen hat. Abwärtskompatibilität wäre zwar wünschenswert, aber abgemacht ist da noch nichts.

Sinnvoller als einige der Gimmicks zur Smartphone-Nutzung erschienen uns im Test Sturzsensoren wie beim getesteten Angell und Cowboy oder GPS-Wanzen wie beim Cowboy und VanMoof, die bei Diebstahl das Rad wieder aufspüren können. Zwar macht die Kopplung an ein bestimmtes Smartphone wie beim VanMoof die Bedienung erst mal komplizierter, weil das Rad erst fahrbereit ist, wenn die Smartphone-Verbindung steht, aber so können Unbefugte nicht mit dem Rad wegfahren. Solange die Aufklärungsquote für Fahrraddiebstähle nur im einstelligen Prozentbereich liegt, mag das helfen, das Rad unattraktiv für Diebe zu machen. Was leider bei aller Smartisierung der E-Bikes bleibt: Die Reichweitenprognosen der Bediengeräte sind weiterhin so zuverlässig wie die Voraussagen der Lottozahlen.

Beim Herzstück, also beim Motor und dem Getriebe, hat sich viel Nützliches getan. Die Erfahrungen aus der Sportsensorik, etwa bei Trittfrequenz- und Kraftmessung, haben Antriebe beim Fahrverhalten feinfühliger und effizienter ge-

macht, was die Reichweite vergrößert hat: Sensoren stellen fest, wie man gerade pedaliert. Wird man dabei beispielsweise langsamer, tritt aber kräftiger, erkennt die Software einen Anstieg.

Auf die Dauer hilft nur Power

Der Motor ist die zentrale Komponente. Man braucht drei Kenngrößen um einzuschätzen, was er bringt: die Motorleistung, das Drehmoment sowie die maximale Unterstützung. Um die Motorleistung



Bild: pfd.de / Thomas Geissler

Bei vielen E-Bikes befindet sich am Rahmen ein Aufkleber, der das zulässige Gesamtgewicht nennt. Für Schwer gewichtige ist die Auswahl an zulässigen Rädern recht klein.

müssen Sie sich keine Gedanken machen: 250 Watt sind das Maß der Dinge, mehr Dauerleistung ist nicht zulässig. Die Leistung wiederum ist das Produkt mit der Winkelgeschwindigkeit, die sich aus der Trittfrequenz ergibt, sowie dem aufgewendeten Drehmoment.

Ein starkes Drehmoment spürt man besonders beim Anfahren. Es wird in Newtonmeter angegeben, abgekürzt Nm. Insgesamt setzt es sich aus dem zusammen, was der Motor erzeugt und dem, was man als Kraft selbst beim Tritt auf die Pedale bringt, multipliziert mit der Kurbelarmlänge. Beim Nabemotor addieren sich dementsprechend die Drehmomente der Antriebsräder zu den Drehmomenten, die per Pedale erzeugt werden.

In der Werbung stehen die Drehmomentangaben hingegen nur für die des Motors: 30 Newtonmeter sind eher wenig, mit 40 Newtonmetern kommt man mit üblichen E-Bikes und Beladungen schon zwölfsprozentige Steigungen hoch und mit 60 bis 70 Newtonmeter ist man für fast alle Fahrsituationen gut gerüstet. Motoren mit mehr als 80 Newtonmetern spielen ihre Kraft allenfalls bei sehr steilen Anstiegen voll aus. Das Drehmoment stellt man an der Bedieneinheit in der Regel in mehreren Unterstützungsstufen ein. Sie heißen selbsterklärend beispielsweise „Eco“, „Tour“, „Sport“ und „Turbo“.

Die maximale Unterstützung wiederum wird meistens als Prozentwert angegeben. Sie drückt aus, wie viel Leistung ein Motor noch im Verhältnis zur Pedalkraft draufpackt. Tritt man bei mittlerer Unterstützung beispielsweise mit 100 Watt in die Pedale und hat der Motor in dieser Stufe 75 Prozent Unterstützung, dann käme man insgesamt auf 175 Watt.

Das Verhältnis von Unterstützung und Drehmoment variiert von Motor zu Motor. Das führt unter Umständen dazu, dass ein Fahrrad mit 60 Nm Drehmoment trotzdem nicht so stark losprintet wie ein Modell mit 40 Nm. Auch unterscheiden sich die Motoren in der Progression ihres Ansprechverhaltens deutlich. Statt sich also nur auf Zahlen in Datenblättern zu verlassen, sollte man stets eine Probefahrt vor dem Kauf eines E-Bikes mit in die Entscheidung einfließen lassen.

Motorarten

Gut vier Fünftel aller E-Bikes haben laut Schätzungen des Herstellerverbandes ZIV einen sogenannten Mittelmotor, für den auch aus technischer Sicht vieles spricht.

Der offensichtlichste Vorteil ist der tiefe und mittige Schwerpunkt, der das Fahrverhalten verbessert. Die Motoren sitzen zudem an der stabilsten Stelle des Rahmens, da dort drei Streben aufeinander treffen. Am Tretlager ist genügend Platz, um vergleichsweise große Motoren aufzunehmen und der Rahmen bietet dort genug Widerstand gegen Verwindungen. So bringen es die Performance-Line-CX-Motoren von Bosch auf ein Drehmoment von rund 85 Nm, einige Motoren von Sachs und TQ schaffen sogar 110 bis 120 Nm – so viel wie ein Kleinwagen um die Jahrtausendwende.

Die großen und breiten Motoren benötigen für ihre Montage ein ebenso breites Unterrohr. Bei Mountainbikes ist man den Oversized-Look gewöhnt, an klassischen Touren- oder All-Terrain-Rädern sehen die bulligen Rahmenkonstruktionen pummelig und wenig sportlich aus. Dafür fällt als Kollateralnutzen ab, dass die breiten Rahmenrohre genügend Platz für einen entnehmbaren Akku bieten.

Die Kraftentfaltung und das Ansprechverhalten sind bei Mittelmotoren sehr gut. Die Trittsensoren im Tretlager erkennen die Trittgeschwindigkeit und die aufgewendete Kraft exakt. Das erlaubt eine feinere Dosierung der Motorkraft als bei Front- oder Heckantrieb.

Sofern man sich rollen lässt, ist der Motor von den Rädern vollständig entkoppelt und bremst die Fahrt nicht künstlich leicht ab. Manche Motoren entkoppeln sich zudem auch bei leerem Akku aus dem Tretlager. Abgesehen vom etwas höheren Gewicht fährt sich das E-Bike dann wie ein normales Fahrrad, da man nicht zusätzlich gegen den leichten Widerstand des stromlosen Motors anarbeiten muss.

Im normalen Fahrbetrieb geben Mittelmotoren die Kraft über den Antriebsstrang – also eine Kette oder ein Zahnriemen – ans Hinterrad. Entsprechend ist bei diesen Komponenten der Verschleiß größer und Ersatzteile sind auch teurer als bei herkömmlichen Fahrrädern.

Einen anderen Weg beschreitet der Fazua-Mittelmotor, der in Deutschland entwickelt wurde. Der Motor sitzt in einer zylindrischen Einheit, in der auch ein Akku steckt. Alles zusammen wird im Unterrohr des Rahmens platziert und lässt sich komplett entfernen. Der Motor treibt die Achse des vorderen Kettenblattes über eine Getriebeeinheit direkt an. Ist die Motor-Einheit ausgebaut, fährt sich das Rad ohne jeglichen Widerstand wie ein normales Fahrrad. Vorteil des Systems: Es spart Ge-



Bild: Bosch

Das Cobi-System von Bosch verlagert viele Funktionen ins Smartphone, die vorher in einem separaten Bediengerät am E-Bike steckten.

wicht, wenn man den Motor daheim lässt und den Rahmen mit einer Blende verschließt. Allerdings haben die Fazua-Einheiten in der Regel kleinere Akkus (um 250 Wattstunden) und ihre Motoren verfügen nicht über so viel Drehmoment wie andere Mittelmotoren. Derzeit ist bei 60 Newtonmetern Schluss, was dennoch eine spritzige Fahrweise ermöglicht.

Konstruktiver Vorteil der Mittelmotoren: Am Hinterrad lassen sich beliebige Ketten- und Nabenschaltungen einbauen. Selbst die ausgefeilten stufenlosen Automatiknaben findet man an Rädern mit Mittelmotor. Während lange Zeit wegen der breiten Motoren die Montage eines zweiten Kettenblattes vorn nicht möglich war, ist das nun machbar, was aber von den Herstellern bislang selten genutzt wird. Beim Fahren reichen durch die Motorhilfe aber selbst bei hügeligem Gelände fünf bis acht Gänge völlig aus. Mehr Gänge dienen vornehmlich dazu, die Entfaltung des Laufrades pro Kettenblattumdrehung noch weiter zu steigern, um beispielsweise bei starken Anstiegen oder Tempofahrten eine praktikable Trittfrequenz halten zu können.

Weniger häufig bauen Hersteller Nabennmotoren in E-Bikes ein. Bei ihnen steckt der Motor in den Laufrädern. Diese werden somit direkt angetrieben und man hat so einen Front- oder Heckantrieb.

Alle Nabennmotoren haben den Vorteil, dass sie die Bauform des Rahmens nicht beeinflussen, weil sie am Tretlager keine Aufnahme für den Motor benötigen. E-Bikes mit Nabennmotor sind somit nicht auf den ersten Blick als solche zu erkennen.

Da die Rahmengeometrie anders als bei Mittelmotoren nicht um ein spezifisches Modell herumkonstruiert werden muss, fallen weniger Entwicklungskosten an. Hersteller können theoretisch ein beliebiges Modell aus ihrem Angebot im Handumdrehen in einer E-Bike-Variante mit Nabennmotor auf den Markt bringen.

Deshalb findet man Nabennmotoren häufig bei günstigen E-Bikes, beispielsweise beim Maki des Münchener Start-ups Sushi Bike. Doch auch in teureren Rädern kommen Nabennmotoren zum Einsatz. City-Bikes mit einem stylischen Auftritt, wie das auf Seite 60 getestete C3 von Cowboy und das S3 von VanMoof, setzen auf Antriebe direkt am Laufrad.

Die Position des Antriebes hat großen Einfluss auf die Fahreigenschaften. Fronttriebler stehen diesbezüglich unter einem schlechten Ruf. Grundsätzlich ist für die Haftung und Seitenführung wichtig, dass das Vorderrad Kontakt zum Untergrund hält. Da aber weniger Gewicht auf dem Vorderrad lastet, neigt es bei nasser Witterung oder auf sandigem Untergrund zum Durchdrehen. Das Sturzrisiko steigt somit und besonders in Kurven ist ein unfreiwilliger Abgang kaum noch zu verhindern. Auf trockenem, griffigem Untergrund ist das Fahrverhalten mit Frontantrieb dagegen genauso gut wie bei anderen Motorvarianten.

Für Nabennmotoren im Vorderrad spricht, dass sie nicht einschränken, welche Art der Gangschaltung man nutzen kann: Kettenschaltung und Nabenschaltung lassen sich problemlos verwenden. Ein weiterer Pluspunkt ist der geringe Ver-



im Flachland mit wenigen Anstiegen im Tour-Modus rund 80 Kilometer weit, mit einem 625-Wattstunden-Akku sind 105 Kilometer drin. Um ein Gefühl für die nötige Akkugröße zu bekommen, kann man auf der Website des E-Bike-Motoren-Herstellers Bosch mit dem Reichweitenrechner (siehe ct.de/ya3g) experimentieren, der auch die Stellschrauben offenlegt: Neben der Unterstützungsstufe und der Akkugröße bestimmen auch das Gelände, das Gewicht, das bewegt werden muss, sowie die Bereifung und sogar das Wetter eine Rolle: Gegenwind bremst, Winterkälte drückt die Akkukapazität.

Entnehmbare Akkus machen es leicht, Strom für die Heimfahrt etwa im Büro oder anderswo nachzutanken, vorausgesetzt, man hat ein Ladegerät dabei. Andererseits muss man diese vor Diebstahl schützen und die Entnahme aus dem Rahmen gestaltet sich unter Umständen fummelig oder verursacht Schmutzfinger. Ein fest im Rahmen befindlicher Akku tarnt das Rad besser als gewöhnliches Fahrrad. Besonders die schmalen Bauformen bieten aber nur eine geringe Kapazität. Und: Räder mit integrierten Akkus muss man stets komplett zum Lader transportieren – schlecht, wenn der im fünften Stock steht. Wer sein Rad Jahre- oder Jahrzehntelang fahren will, wird irgendwann mit der Alterung von Akkus zu tun haben. Von den ehedem möglichen 80 Kilometer Reichweite bleiben dann vielleicht nur noch 60 Kilometer über. Der Austausch eines fest in den Rahmen verbauten Akkus ist dann die Aufgabe einer Werkstatt und entsprechend teurer.

Lieferprobleme? Mieten!

So verlockend E-Bikes auch sein mögen, beim Bestellen drängt sich der Eindruck auf, dass man einen Trabi kaufen möchte. Lieferzeiten ohne Ende, viele im Frühling vorgestellte Räder sind jetzt schon ausverkauft, sodass nicht mal der Händler sie bestellen kann.

Die Branche brummt so sehr, dass die Händler nicht mehr nachkommen. Auch der scheinbare Abschwung bei den herkömmlichen Rädern beruht nicht auf einem nachlassenden Interesse, sondern im Gegenteil auf Lieferproblemen wegen der coronabedingt hohen Nachfrage.

Zudem kostet der Transport mit rund 13.000 US-Dollar pro Frachtcontainer aus Übersee infolge von Corona und der Nachwirkungen des Evergiven-Unglücks im Suezkanal zurzeit das Zehn- bis Zwölffache im Vergleich zu 2019. Tatsächlich sind die

E-Bike-Mittelmotoren stecken mit einem Getriebe in einem gemeinsamen Gehäuse unten am Tretlagergehäuse.

schleiß: Anders als bei Mittelmotoren, die ihre Kraft über den Antriebsstrang abgeben, müssen bei Frontantrieb die Schaltungen nicht auf die höheren Zugkräfte ausgelegt sein, weshalb Ketten oder Riemens und Ritzel länger halten. Als nachteilig erweist sich, dass ein Felgenschaden im Antriebsrad unweigerlich Kosten und Mühen fürs Einspeichen des Nabennmotors nach sich zieht. Auch beim Flicken eines platten Reifens wird die Demontage des Laufrades komplizierter.

Der Heckantrieb speziell unterscheidet sich im Fahrgefühl nicht vom herkömmlichen Rad. Nur vereinzelt stimmt die Abstimmung nicht und man fühlt sich regelrecht geschoben. Das macht ihn theoretisch zur besseren Wahl unter den Nabennmotoren. Er hat aber den Nachteil, dass er sich nur mit Kettenschaltungen kombinieren lässt.

Manche Stadträder, etwa das C3 von Cowboy, kombinieren deshalb einen starken Motor nur mit einer langen Single-speed-Übersetzung. Solche Räder sind weniger gut für Fahrten in einer Hügellandschaft wie der holsteinischen Schweiz geeignet, da beim Losfahren ein Teil der Motorunterstützung dafür draufgeht, die lange Übersetzung auszugleichen. Und andererseits strampelt man bei voller Geschwindigkeit wegen der fixen Übersetzung mit einer recht hohen Trittfrequenz. In Städten schlagen sich die zu meist leichten Singlespeed-Flitzer dagegen prima.

Im Vergleich zu Mittelmotoren sind Nabenantriebe mit einem Drehmoment von 20 bis 60 Nm meist nicht so kraftvoll – zumindest auf dem Papier. In der Praxis hängt die Fahrleistung sehr stark vom Gewicht des Rades ab. So zählt das S3 von VanMoof immer noch zu einem der anzugsstärksten E-Bikes, die wir bisher getestet haben. Mit Reichweiten von 50 bis 100 Kilometer brauchen sich die schlanken City-Flitzer ebenfalls nicht zu verstecken. Die im Vergleich zu vielen Rädern mit Mittelmotor geringere Reichweite fällt bei Stadträder nicht ins Gewicht und ist vornehmlich den üblicherweise kleineren Akkus geschuldet, die unauffällig und diebstahlsicher im Rahmen stecken.

Strom-Depots

Die Reichweite ist neben der Fahrweise und dem Grad der Unterstützung direkt mit der Akkugröße verknüpft. Die Akkus stecken im Rahmen beziehungsweise sind vermehrt so integriert, dass sie nicht mehr als auffälliger Kamelbuckel aus dem Rahmen ragen. Vor einigen Jahren hatten Akkus üblicherweise eine Kapazität von 450 bis 500 Wattstunden, mittlerweile werden auch Akkus mit 625 Wattstunden und für Langpendler sogar Doppelakkus mit bis zu 1250 Wattstunden verkauft.

Mehr Wattstunden ist aber nicht unbedingt besser, denn ein größerer Akku wiegt auch mehr und verlängert die Ladedauer. Mit 500 Wattstunden kommen Sie beispielsweise als 85 Kilo schwere Person

Lieferkosten aus Asien so stark gestiegen, dass Ungarn neben Portugal mittlerweile ein aufstrebender Produktionsstandort ist – und auch in Deutschland werden wieder mehr Fahrradrahmen gefertigt. Dennoch: Gerade mittelgroße 08/15-Räder sind rar – auch E-Bikes.

Wer so lange auf sein Traumrad warten muss, kann die Zeit mit einem Mietrad überbrücken. Zurzeit gibt es bei Mietrad-Anbietern etwa ein halbes Dutzend Anbieter, der größte ist ebike-abo.de, ein Ableger vom Gebrauchtfahrradhändler Rebike. Auch der ADAC unterhält mit eRide ein eigenes Angebot. Aus den Niederlanden stammend baut Swapfiets ebenfalls sein E-Bike-Angebot aus. Die Mieträder kosten je nach Ausstattung 60 bis 160 Euro pro Monat. Darin sind Service, Wartung und eine Versicherung gegen Diebstahl enthalten. Die Mietzeiträume betragen zwischen drei und 18 Monaten. Bei einigen Anbieter kann man die Räder danach weiter mieten oder ganz kaufen.



Beim Fazua-Antrieb stecken Motor und Akku entnehmbar in einem zylindrischen Gehäuse. Die Getriebeeinheit sitzt separat am Tretlagergehäuse.

Der Fahrradclub ADFC befürwortet die Idee: „Alles, was Menschen dazu bringt, die Verkehrswende voranzutreiben und ein Auto zu ersetzen, begrüßen wir.“ sagte eine Sprecherin gegenüber c't. Auch der Bundesverband Zukunft Fahrrad findet die Idee gut. Er vertritt Hersteller, Start-

ups, Verkehrsverbände und Versicherer. Geschäftsführer Wasilis von Rauch: „Das Thema E-Bike-Mieten hat Potenzial. Allerdings müssen die Anbieter zunächst erst mal sehr viel in die Fahrräder investieren.“

Fazit

Die neue E-Bike-Generation ist leistungsfähiger geworden. Und die Hersteller sind so selbstbewusst, dass sie für Städter auch zahme, dafür sehr leichte Räder anbieten, im vollen Bewusstsein, dass Kunden lieber im Alltag weniger schleppen, als mit dem Rad auch für die seltenen Fahrten im Gebirge gerüstet zu sein. Daneben entwickelt sich in jüngster Zeit angesichts starker Lieferprobleme der Industrie und infolgedessen stark gestiegener Preise ein ganz neuer Dienstleistungsbereich: Als Langfristmieter eines E-Bikes kommt man auch ohne lange Wartezeiten und hohe Sofortinvestition schnell zu seinem Gefährt – sofern es verfügbar ist. (mil@ct.de) ct

Bosch-Reichweitenrechner: ct.de/ya3g

WISSEN SCHÜTZT

Praxiswissen für die Security-Achterbahn 2021

Online-Konferenz
9. September 2021

Auszug aus dem Programm:

- Die IT-Security-Lage – aktuelle Gefahren, neue Trends, darauf sollten Sie sich vorbereiten
Jürgen Schmidt
- Vorbereitung ist alles – der richtige Umgang mit Datenschutzvorfällen
Joerg Heidrich, Christoph Wegener
- Cyber! Versicherung! Will ich das wirklich haben?
Linus Neumann

Podiumsdiskussion: Der Emotet-Takedown – was darf der Staat?



JETZT ANMELDEN
heisec.de/tour

 **heise Security
TOUR**

**JETZT TICKET
SICHERN**

Unsere Partner


CORDWARE
INFORMATIONSLÖSUNG


SoSafe
Cyber Security Awareness



Antreiber

Fünf E-Bikes für die City mit smarten Features

Schweißfrei ans Ziel: Nicht nur fürs tägliche Pendeln wird das E-Bike immer populärer. Die smarten Pedelecs von Ampler, Angell, Canyon, Cowboy und VanMoof reichen von der sportlichen Flunder bis zur gemütlichen Kutsche und können mehr als bloß kraftsparend dahinrollen.

Von Robin Brand, Steffen Herget und Stefan Porteck

Aus E-Bike wird Smart Bike: Das Rad führt Buch über die Trittfrequenz, plant die Route, verschickt eine Warnung, wenn sich Langfinger am Schloss zu schaffen machen oder benachrichtigt hinterlegte Kontakte, wenn man gestürzt ist.

Wir haben uns fünf clevere Drahtesel für die Stadt näher angeschaut. Darunter drei spartanische, leichte Vertreter mit Hinterradmotor: das Ampler Curt, das Angell und das Cowboy 3. Das schicke VanMoof S3 ist mit einem Frontmotor ausgestattet, das auffällige Kraftpaket Canyon Precede:On CF 9 mit einem Bosch-Mittelmotor. Die Antriebe reichen vom warnungsarmen Singlespeeder (Angell, Cow-

boy 3) über Kettenhalter (Ampler Curt) bis hin zur verkapselten Nabenschaltung (Canyon Precede:On CF 9, VanMoof S3).

Bauartbedingt können die Hersteller für die Pedelecs mit Nabenzählern leichtere Rahmen verwenden, weil prinzipiell jeder Rahmen passt und nicht wie beim Mittelmotor auf diesen ausgelegt sein muss. Das sieht man auch: Die vier E-Bikes mit Nabenzählern geben sich nicht auf den ersten Blick als solche zu erkennen – allen voran das Ampler Curt. Der Motor sitzt unauffällig im Hinterrad und ist hinter der 11-fach-Kassette kaum zu entdecken, der Akku ist im schlanken Rahmen versteckt. Die E-Bikes von Angell, Cowboy und VanMoof stehen dem kaum nach, ma-

chen sich aufgrund ihrer futuristischen Rahmendesigns aber verdächtig. Canyon dagegen pfeift auf jegliche Zurückhaltung: Der auffällige Mittelmotor des Precede:On ist umschlossen von einem fetten Carbonrahmen – protzig, aber nicht unstimmig.

Mittelmotor, Nabenschaltung und dicker Akku im Canyon fordern ihren Tribut: Mit 24 Kilo ist es trotz Carbon das schwerste Rad im Testfeld. Ganze 10 Kilo weniger bringt trotz Kettenschaltung das Ampler Curt auf die Waage – und ist damit das leichteste der fünf E-Bikes.

Die grundsätzlichen Erwägungen bezüglich Front-, Mittel- und Heckmotor, die vor dem Kauf des Pedelecs stehen, haben wir auf Seite 56 beschrieben, in diesem Test gehen wir deswegen nur am Rande darauf ein. Da alle fünf E-Bikes für die Stadt und nicht für grobes Gelände oder einen Gewaltritt quer über den Kontinent ausgelegt sind, sind prinzipiell alle drei möglichen Motoren-Spielarten den zu erwarteten Belastungen gewachsen.

Dass die Hinterradantriebe in diesem Test klar in der Überzahl sind, kommt nicht von ungefähr. Die leichten Motoren von Ampler, Angell und Cowboy sind sehr robust und verändern die gewohnte Fahrdynamik kaum – der Schub kommt weiterhin aus dem Hinterrad. Der Antriebsstrang selbst erzeugt keinen Widerstand, weshalb der Wirkungsgrad sehr hoch ist. Auch Pedelec-Neulinge brauchen keine Eingewöhnungszeit. Alle drei Bikes fahren sich sehr agil und schieben vor allem beim Anfahren kräftig an. Während der Fahrt unterstützen Ampler und Angell kräftiger als das Cowboy. Das Gefühl, noch selbst für das Vorankommen tun zu müssen, hat man trotz aller Kraft bei allen drei Bikes.

Auf dem Canyon Precede:On CF 9 ist das Fahrgefühl weiter entfernt vom analogen Drahtesel. Dafür ist der Bosch-Motor nicht allein verantwortlich, sondern sein Zusammenspiel mit dem stufenlosen Automatiknabengetriebe. Insgesamt hatten wir auf dem Canyon das Gefühl, dass das System mehr unserer Energie schluckt als die E-Bikes mit Hinterradmotor – was der starke Bosch-Motor mehr als wettmacht.

Beim Precede:On CF9 ist die gewählte Trittfrequenz entscheidend: Diese will die Nabe unter allen Umständen halten, egal ob man langsam oder schnell fährt. Der Motor schiebt kräftig an, sodass man schnell beschleunigt und im Turbomodus bei Steigungen deutlich weniger arbeiten muss als mit den Konkurrenten mit Nabennmotor. Das agilere Fahrgefühl ver-

mitteln aber die drei Räder ohne Automatiknabe.

Eine Faszination ganz eigener Art übt der Antrieb des VanMoof aus. Die Nennleistung beträgt wie bei den anderen Motoren 250 Watt – die in Deutschland maximal erlaubte Leistung für ein Pedelec. Ein Turboknopf gibt aber kurzfristig, etwa beim Start, bis zu 500 Watt frei. Dann zieht der Frontmotor derart kräftig nach vorne, als ginge es steil bergab.

Andere Räder erhöhen die Leistung anhand der aktuellen Trittfrequenz automatisch für kurze Zeit über die 250-Watt-Grenze. Besonders gut sichtbar ist das beim Ampler, wenn man die entsprechende Anzeige der App während der Fahrt im Blick behält. Bis zu 400 Watt konnten wir beim Fahren mit dem Curt ablesen, das entspricht der Herstellerangabe für den bürstenlosen Motor.

Gewöhnlich unterstützen E-Bike-Motoren stärker, wenn man kräftiger in die Pedalen tritt. Anders beim VanMoof S3: Es reicht Alibi-Treten ohne spürbaren Widerstand, weshalb sich die drei Räder mit Hinterradantrieb direkter anfühlen. VanMoof und Canyon sind die erste Wahl für entspanntes Vorankommen.

Im gemischten Betrieb mit verschiedenen Unterstützungsstufen und vielen Anfahrten in den flachen Stadtgebieten Hannovers und Berlins kamen wir mit



Mit durchdachter Bedienung und auch in der Sonne gut ablesbarem Display punktet das Kiox-System von Bosch.

allen Rädern mindestens 60 Kilometer weit. Einzige Ausnahme war das Angell, das schon kurz vor der 50-Kilometer-Marke schlapp machte.

Besonders umständlich machen Ampler und VanMoof das Aufladen der Akkus, da diese fest im Rahmen integriert sind. Wer nicht in der ebenerdigen Garage laden kann, muss das Rad also immer in die Wohnung oder in den Keller schleppen. Gerade bei einem Rad, das aufs tägliche Pendeln ausgelegt ist, nervt das schnell – ebenso wie eine ungenügende Anzeige der verbleibenden Reichweite. Vor allem das Angell sprang auf den letzten Kilometern wild hin und her in seinen Prognosen.

Smart mit und ohne App

Alle Hersteller liefern zu ihren Pedelecs eine Smartphone-App, die mal mehr, mal weniger zwingend installiert werden will. Bei Cowboy und VanMoof gerät schon das Losfahren ohne App zur Fummelerei: Ohne Handy lassen sich bei VanMoof das Schloss und die Alarmanlage über die Eingabe einer festgelegten PIN entriegeln. Hierfür muss man aber so oft oft auf den Boost-Knopf am Lenker tippen, wie die jeweilige Ziffer es vorgibt. Das C3 von Cowboy lässt sich ohne Handy wiederum nur per Notentriegelung einschalten. Dazu muss man den Akku mit dem passenden Schlüssel aufschließen, entfernen und sofort wieder einsetzen.

Ampler, Angell und Canyon lassen sich hingegen auch gut ohne Smartphone fahren – die App erhöht aber den Komfort und bietet mehr Möglichkeiten zur Konfiguration. Leider trübten immer wieder Verbindungsabbrüche oder sinnfreie Anzeigen den Spaß – das Angell zum Beispiel attestierte uns für eine Ausfahrt eine



Schön unauffällig: Gleich drei der fünf E-Bikes im Test verwenden einen Hinterradmabnenmotor, wie hier das Angell.

Durchschnittsgeschwindigkeit von 400 km/h. Dank Display im Lenker kann man auf dem Angell (per Touch) und dem Canyon Precede:On (über Knöpfe am Lenker) auch ohne Smartphone die Unterstützungsstufe ändern und hat Akkustand und Geschwindigkeit im Blick. Nur das kleinere Display des Canyon-Fahrrads lässt sich auch bei Sonnenschein gut ablesen.

Eigentlich nützliche Features wie die Navigation über das Lenkerdisplay waren in der Praxis unbrauchbar. Das Angell verweigerte auf Android-Smartphones komplett den Dienst, das Canyon mit Boschs Kiox-System schmierte immer wieder ab, wenn wir die zuvor berechnete Route verließen. Zudem saugte es ordentlich am Smartphone-Akku. So klemmten wir dann trotz Lenkerdisplay doch meist das Smartphone in eine Halterung, um zum Ziel zu finden.

Angell, Cowboy und VanMoof versehen ihre Pedelecs mit GPS-Empfängern, mit denen man das Fahrrad im Falle eines Falles orten (lassen) kann. Wird an diesen Fahrrädern gerüttelt, während sie angeschlossen sind, melden sie dies dem Smartphone – inklusive ihrem derzeitigen Aufenthaltsort. Das Angell und das VanMoof machen sich darüber hinaus akustisch bemerkbar. Das magnetisch angedockte Display der Kiox-Baureihe im Canyon dient zugleich als Schlüssel: Entfernt man es, verweigert der Motor seinen Dienst. Die Aktivierung dieses Features kostet zehn Euro. Diese Sicherungen erschweren zwar zusätzlich den Diebstahl, ersetzen aber allesamt kein klassisches Schloss.

Die Kopplung des Rades an die Smartphone-App setzt bei Angell, Cowboy und VanMoof voraus, dass man beim Hersteller ein Nutzerkonto anlegt. In der App werden die Räder beim erstmaligen Inbetriebnehmen via QR-Code oder Eintippen der Seriennummer mit dem Konto verknüpft. Das eigenhändige Entkoppeln eines Rades aus dem Konto durch den Nutzer sehen die Apps bei Cowboy und VanMoof nicht vor. Wer die smarten Bikes verkaufen will, muss sich also vorher an den Support des Herstellers wenden. Das Bike samt den Zugangsdaten zum Account zu verkaufen ist keine Alternative: In den Apps wird die Historie der Fahrten gespeichert – bei Cowboy sogar mit Standortdaten. Da die Trip-History in der App nicht abschaltbar ist und wiederum nur vom Support gelöscht werden kann, wäre all das dann auch für den neuen Besitzer einsehbar.

Obgleich VanMoof und Cowboy die stärkste Bindung ans Smartphone haben, unterscheiden diese sich im Funktionsumfang. Beim Cowboy dient die App beziehungsweise das Smartphone in erster Linie als Schlüssel und zum Einschalten. An Komfortfunktionen lässt sich lediglich einstellen, ob und in welcher Intensität die integrierten Rahmenscheinwerfer leuchten sollen. Der Rest der App informiert über vergangene Fahrten: mit Datum, Zeit, Dauer, Geschwindigkeiten und die Kartenansicht samt Geodaten. Während der Fahrt blendet die App einen Tacho ein und zeigt Infos zu Motorleistung, Akkustand und Restreichweite. Darin unterscheidet sich die App kaum von denen der anderen Räder.

Beim S3 von VanMoof lassen sich zusätzlich diverse Parameter einstellen. So schließt die App das mechanische Schloss auf, erlaubt die Auswahl der Signaltöne, die das Rad aus seinem Lautsprecher abspielt, wenn man den Klingelknopf drückt, und schaltet die Scheinwerfer ein, aus oder in einen Automatikmodus. Darüber hinaus lässt sich in der App die Motorunterstützung in vier Stufen anpassen.

Der Komponentenmix

Das passende Rad zu finden, machen Angell, Cowboy und VanMoof ganz einfach – oder unmöglich. Die Smart Bikes gibt es in nur einer



Bild: Ampler

Ampler Curt

Das Modell Curt des estnischen Unternehmens Ampler ist auf den ersten Blick ein klassisches Fahrrad. Die E-Bike-Komponenten sind ziemlich gut versteckt, es gibt kein futuristisches Design, kein eingebautes Display und keinen auffälligen Akku. Einzig der Ladeanschluss und der Einschaltknopf knapp über dem Tretlager enttarnen das Rad als Stromer. Der Motor des Curt sitzt in der Hinterradnabe, der Akku hat seinen Platz im Unterrohr. Er ist nicht entnehmbar, zum Wechseln muss eine Fahrradwerkstatt ran. Beim Antrieb stehen zwei Optionen zur Wahl: Singlespeed mit Carbonriemen oder Elf-Gang-Kettenschaltung. Wir haben die Variante mit Schaltung getestet, die sich spätestens dann bezahlt macht, wenn der Akku einmal die Segel streicht. Ampler bietet drei Rahmengrößen an, damit sollten die meisten Menschen ein passendes Rad finden.

Die smarten Funktionen des Curt entfalten sich erst mit der App, die es für iOS und Android gibt. Mit ihr wird das Um-schalten zwischen den Fahrstufen ebenso abgewickelt wie das Einschalten des Lichts und die Navigation. Auch Firmware-Updates wandern über Bluetooth und die App an das Rad. Im Test mussten wir die App nahezu täglich neu mit dem Rad koppeln. Das dauert zwar nur wenige Sekunden und ist nicht zwingend notwendig, um zu fahren, nervt aber trotzdem. Eine überarbeitete App will Ampler noch in diesem Sommer vorstellen.

Die Fahrleistungen des Curt geben keinen Grund zur Klage. Der Motor schiebt stets berechenbar, aber ausgesprochen kräftig an und leistet bei kurzen Schüben bis zu 400 Watt. Die Scheibenbremsen halten den Drahtesel jederzeit sicher im Zaum. Mit einer Akkuladung kamen wir bei weitgehend flacher Strecke in Stadt und Umland mit nur gelegentlichen Steigungen und nicht allzu grazilem Fahrer meist zwischen 60 und 70 Kilometer weit. Wer die Motorunterstützung herunterschraubt, kann noch ein wenig mehr herauskitzeln. Das geringe Gewicht von 14,4 Kilogramm – die Riemenversion ist ein Kilogramm leichter – macht das Curt wendig und auch ohne Motorunterstützung noch komfortabel fahrbar. Durch den tief liegenden Akku ist zudem der Schwerpunkt angenehm weit unten. Bei Fahrten im Dunkeln sorgt die helle Frontlampe von Busch+Müller für gute Sicht, die in die Sattelstütze integrierten LEDs sind weniger gut zu sehen. Schutzbleche gehören zum Lieferumfang, ein zusätzliches Akkuladegerät kostet 120 Euro.

- ⬆️ geringes Gewicht
- ⬆️ hohe Reichweite
- ⬇️ Akku fest eingebaut

Preis: 2900 Euro



Angell

Ach praktisch, direkt mit Gepäckträger? Zumindest auf den ersten Blick könnte man meinen, das Angell sei ein schlankes Urbanbike mit kreativer Gepäckträgerlösung. Bei dem gewöhnungsbedürftigen Fortsatz hinter der Sattelstütze handelt sich aber vielmehr um den Akku des E-Bikes. Bei genauerem Hinsehen versprüht dieser den Charme eines Kühlakkus.

Das Angell ist das erste E-Bike des gleichnamigen französischen Start-ups. Dieses nimmt für sich in Anspruch, das „sicherste E-Bike der Welt“ entwickelt zu haben. Diese vollmundige Selbsteinschätzung basiert im Wesentlichen auf zwei Features: eine Sturzerkennung sowie Lenker und Rückleuchten, die auch blinken können. Registriert das 16 Kilogramm leichte Rad einen Sturz, benachrichtigt es automatisch einen in der zugehörigen App hinterlegten Kontakt, wenn man sich in dieser nicht als unverletzt meldet. Praktisch, aber nicht unproblematisch sind die Blinklichter: Ist man im Dunklen im Verkehr unterwegs, sind die Blinker besser sichtbar als ein herausgestreckter Arm – das Armzeichen ersetzen sie allerdings nicht, denn dieses ist laut StVO vorgeschrieben. Problematisch für das Angell ist eine Passage der StVZO (§ 67 Abs. 3 und 4), wonach blinkende Leuchten an Fahrrädern untersagt und grundsätzlich keine Fahrtrichtungsanzeiger vorgesehen sind.

Das Fahrrad ist mit einem unauffälligen Hinterradnabenmotor ausgestattet. Wie Cowboy setzt Angell auf einen wartungsarmen Singlespeed-Antrieb (42/16), allerdings mit Kette und nicht mit Riemen. In der Stadt ist das mit Unterstützung völlig ausreichend, ausgedehnte Touren oder Ausflüge in die Berge will man damit aber nicht unternehmen. Der Akku lässt sich fürs Laden entnehmen. Im Mischbetrieb kamen wir damit nur 40 bis 50 Kilometer weit. Zudem nervte die ungenaue Akkuanzeige mit wilden Sprüngen, wenn die Batterie zur Neige ging. Der Motor gibt dem Rad im Antritt ordentlich die Sporen. So lässt man an der Ampel im Kavalierstart die motorisierte Konkurrenz auf vier Rädern stehen. Hat man sich auf Fahrgeschwindigkeit eingependelt, wird die Unterstützung Richtung Höchstgeschwindigkeit angenehm fließend herausgenommen.

Nervig: Wollten wir uns von der Angell-App navigieren lassen, hängte diese sich entweder sofort oder nach wenigen Minuten auf. Laut Angell ist das Problem bekannt, ein Update in Arbeit.

- ⬆️ leicht und schnell
- ⬇️ nervige Akkuanzeige
- ✖️ Navigation funktionierte nicht

Preis: 2860 Euro



Canyon Precede:On CF 9

Wie ein Raumschiff auf Rädern sieht es aus, das Precede:On des Koblenzer Herstellers Canyon. Egal ob Lenker, Schutzbleche, Bremsshebel oder Ständer: Bei diesem Rad kommt quasi nichts von der Stange, alles sind speziell angepasste Teile. Einerseits ist das toll, weil das Design so besonders stimmig sein kann, andererseits sind Probleme beim Austausch von Komponenten programmiert.

Der Diamantrahmen des Precede:On besteht aus Carbongeflecht. Daraus auf ein besonders leichtes E-Bike zu schließen, führt allerdings auf den Holzweg: Das Rad bringt über 24 Kilogramm auf die Waage, was selbst für ein E-Bike kein Pappenstiel ist. Mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 140 Kilogramm eignet sich das Rad auch für schwerere Menschen sowie Touren mit Gepäck. Die Sitzposition ist bequem mit einer Prise Sportlichkeit, ohne zu viel Druck auf die Handgelenke zu bringen. Der Vorbau ist in der Höhe nicht verstellbar.

Der Bosch-Mittelmotor schiebt mit bis zu 85 Newtonmeter kräftig an und dosiert die Kraft feinfühlig. Der Antrieb mit Carbonriemen von Gates endet am Hinterrad in einem stufenlos und auf Wunsch automatisch schaltenden Enviolo-Getriebe. Beim Anfahren schaltet das Rad herunter, damit man mit wenig Kraftaufwand schnell in die Gänge kommt. Vor allem für E-Bike-Neulinge ist das ein wenig seltsam und weiter weg vom altbekannten Drahtesel, doch man gewöhnt sich flott daran. Über das Bosch-Kiox-System lassen sich neben der gewünschten Trittfrequenz allerlei Dinge einstellen und auslesen, zum Beispiel die zurückgelegten Höhenmeter, die Geschwindigkeit, die Kadenz und die Power, die man selbst und der Motor beigesteuert haben. Das Farbdisplay arbeitet ohne Touch, gesteuert wird über richtige Knöpfe mit der linken Hand. Komplettiert wird das System mittels der optionalen App „eBike Connect“ von Bosch. Die ist auch für die Navigation zuständig, die im Test jedoch Probleme machte: Die Routenansicht schaltete im Sekundentakt von nah auf fern und wieder zurück, die Neuberechnung beim Verlassen der vorgeschlagenen Route klappte nicht zuverlässig, manchmal schlug bereits die Übertragung der Route vom Smartphone ans Rad fehl. Den entnehmbaren Akku haben wir auch bei hoher Unterstützung erst nach rund 60 Kilometer in die Knie gezwungen, bei moderater Unterstützung sind 80 Kilometer realistisch.

- ⬆️ hochwertig verarbeitet
- ⬆️ kräftiger Motor
- ⬇️ schwer

Preis: 5000 Euro



Cowboy 3

Eigentlich wollten wir das neue Cowboy 4 in diesen Test aufnehmen, dieses war jedoch bis Redaktionsschluss nur vorbestellbar. Deswegen fährt der nach wie vor erhältliche Vorgänger noch eine Runde mit. Dieser ist etwas schwächer, aber 500 Euro günstiger und noch immer ein attraktives Stadtrad.

Cowboy setzt auf einen Singlespeed-Riemenantrieb. Umwerfer und Schaltwerk sucht man vergeblich, eine Fehlerquelle weniger. Der öl- und schmierfreie Riemenantrieb ist ideal für wartungsarmes Pendeln. Beim Cowboy 3 verwendet der Hersteller Gates' höherwertigen CDX-Riemen, während im Nachfolger ein CDN-Riemen zum Einsatz kommt. Für den CDX-Riemen nutzt der Hersteller Polyurethan für Riemenrücken und Zahnprofil anstelle von Polymer im CDN-Riemen. Das macht den Riemen fester und haltbarer. Der unauffällige Hinterradnabenmotor schiebt kräftig an, ohne dass je das Gefühl aufkommt, nicht mehr selbst aktiv sein zu müssen. Anders als die getesteten Wettbewerber bietet das Cowboy nur eine Unterstützungsstufe. Die ist aber variabel und die progressive Kraftentfaltung des Motors ist derart gelungen, dass wir uns nie mehr Unterstützung gewünscht hätten.

Der Minimalismus setzt sich mit Blick auf den Rahmen fort. Diesen gibt es in nur einer Größe, er soll für Personen zwischen 1,70 und 1,95 Meter passen. Wer sich am unteren oder oberen Ende der Skala befindet, sollte das Rad unbedingt vor dem Kauf Probe fahren. Der Akku ist ins Sattelrohr integriert und lässt sich fürs Laden entnehmen – sofern man den Schlüssel dabei hat. Im Test kratzen wir an Reichweiten um 70 Kilometer. Front- und Rücklicht sind in den Rahmen beziehungsweise direkt in den Akku integriert. Sie reichen, um gesehen zu werden, nicht aber, um dunkle Waldwege auszuleuchten. Entsperrt wird das Fahrrad per App. Sollte man unterwegs das Handy verlieren oder dessen Akku zu Neige gehen, lässt sich das Cowboy aber auch entsperren und starten, indem man den Akku mit dem Schlüssel vom Rad trennt und anschließend wieder einsetzt. Rüttelt man am gesperrten Rad, löst ein Alarm aus – ohne Hupton und nur optisch durch Blinken der Scheinwerfer. Außerdem wird direkt eine Alarmsmeldung an die App abgesetzt mit dem aktuellen Standort. Dafür sind im Rad ein GPS-Sensor und ein LTE-Mobilfunkmodem verbaut. Um die Ortung und die Diebstahlwarnung zu erhalten, ist ein monatliches Abo für 8 Euro nötig.

- ⬆️ hochwertige Ausstattung
- ⬆️ progressive Kraftentfaltung
- 🚫 wenig bergtauglich

Preis: 2000 Euro



VanMoof S3

Das S3 von VanMoof setzt auf einen Nabenzugmotor im Vorderrad, der im Wortsinn ordentlich anzieht. Beim Losfahren setzt seine Kraft deutlich spürbar, aber nicht unangenehm ein. Das S3 fühlt sich quasi jederzeit so an, als würde man bergab fahren. Eine Besonderheit ist der Turbo-Knopf am Lenker. Sobald man ihn drückt, wird kurzzeitig die maximale Leistung abgerufen. Das ist dann bergab mit Rückenwind.

So viel Spaß das auch bereitet: Frontantrieb birgt bei E-Bikes ein größeres Sturzrisiko als Hinterradantrieb. Auf nassen Asphalt, Schnee oder Sand- und Schotterwegen lässt man besser die Finger vom Turbo-Knopf. Besonders in Kurven hat das S3 so viel Kraft, um das Rad durchdrehen zu lassen, was meist damit endet, dass man auf der Nase landet. Bei optimalen Grip lässt sich das S3 aber gut beherrschen und macht mit seiner Power mächtig Spaß. Die Leistung gibt der Motor in Abhängigkeit der Trittfrequenz ab, der Tretwiderstand wird offenbar nicht ausgewertet. Das S3 lässt sich mit langsamem Treten ohne Widerstand fast wie ein Mofa fahren – das macht Spaß, schmälert aber die Reichweite.

In puncto smarte Funktionen ist beim S3 volle Hütte angesagt. In der zugehörigen App lässt sich die Unterstützungsstufe des Motors in vier Stufen einstellen, das Licht ein- und aus- sowie in einen Automatikmodus schalten. Zudem legt die App automatisch ein Fahrtenbuch an, das die bisherigen Touren mit Dauer, Entfernung und der Durchschnittsgeschwindigkeit protokolliert. Die elektronisch gesteuerte Hinterradnaben-Automatikschaltung mit vier Gängen erlaubt es, die einzelnen Geschwindigkeiten fürs jeweilige Hoch- und Runterschalten selbst festzulegen.

Wie auch das Cowboy lässt sich das S3 im Falle eines Diebstahls orten. Beim optionalen Diebstahlschutz kümmert sich das Unternehmen mit sogenannten Bikeretttern und mit Hilfe der Polizei um die Wiederbeschaffung. Der Service kostet 350 Euro für drei Jahre.

Damit es nicht so weit kommt, hat das VanMoof S3 ein eingebautes Schloss, das das Hinterrad blockiert. Es entriegelt auf Wunsch automatisch, lässt sich per App ausschalten oder mittels PIN-Eingabe über die Knöpfe am Lenker auch am Rad selbst. Versucht ein Dieb, es wegzuftagen, blinken die Lichter des Rads und es erschallt ein lauter Alarmton.

- ⬆️ kraftvoller Motor
- ⬆️ viele smarte Funktionen
- 🚫 Akku nicht entnehmbar

Preis: 2200 Euro

Rahmengröße, die laut Hersteller für Menschen zwischen 1,65 (Angell) respektive 1,70 und 1,95 Meter (Cowboy) passen sollen, VanMoof gibt gar 1,70 bis 2,10 Meter an. Schon mit einer Körperlänge von 1,97 Metern saß allerdings eine der Testpersonen recht gestaucht auf dem VanMoof.

Das Angell mit Lenker mit Display und integriertem Vorbau lässt sich zudem kaum den eigenen Vorlieben anpassen – eine Probefahrt vor dem Kauf ist bei so teuren Rädern aber ohnehin Pflicht. Ampler und Canyon vertreiben ihre Bikes in jeweils drei Rahmengrößen.

Die Fahrhaltung ist auf dem Angell und dem Cowboy 3 eher sportlich ausgelegt – ein Eindruck, den die harten Reifen verstärken. Gemütlicher, weil aufrechter, sitzt man auf Canyon und VanMoof. Ersteres bügelt mit seinen dicken Reifen Kopfsteinpflaster besonders effektiv weg, während beim VanMoof der stark gekrüpfte Lenker Cruiser-Feeling erzeugt und die relativ dicken Reifen grösste Unebenheiten schlucken. Das Ampler Curt liegt irgendwo zwischen den sportlichen Angell und Cowboy 3 einerseits sowie Canyon und VanMoof andererseits. Wir empfehlen, die Investition in einen neuen Sattel bei allen Rädern einzuplanen: Keines der mitgelieferten Modelle empfanden wir als langstreckentauglich. Nur über den VanMoof-Sattel können wir

nichts sagen, da unser Testrad in dieser Hinsicht nicht mit der Serienausstattung übereinstimmte.

An Cowboy 3 und Canyon Precede-On verrichtet jeweils ein langlebiger CDX-Riemen von Gates seinen Dienst. Canyon kombiniert diesen mit einer stufenlosen Enviolo-Automatiknabenschaltung, Cowboy belässt es bei einem Singlespeed-Antrieb. In genau dieser Ausstattung – CDX-Riemen im Singlespeeder – liefert auch Ampler den Curt aus, wenn man sich nicht wie wir für die Variante mit Deore-11-Gang-Kettenschaltung entscheidet. VanMoof und Angell setzen auf Kette, wobei die Kombination mit einem Singlespeed-Antrieb im Angell im Vergleich zur Hinterradnaben-Automatikschaltung mit vier Gängen im VanMoof und den ölfreien Riemen im Canyon- und Cowboy-Fahrrad etwas schmucklos wirkt.

Gebremst wird durch die Bank mit hydraulischen Scheibenbremsen. Nach kurzer Einfahrzeit verrichteten die Tektro-Bremsen, die Angell, Cowboy und VanMoof verwenden, im positiven Sinne unauffällig ihren Dienst. Die Shimano M6000 im Ampler ging bei Bedarf noch etwas kräftiger zu Werke – nur die Vorderbremse Marke Eigenbau im Canyon hätten wir uns zum packender gewünscht.

Fazit

Die fünf E-Bikes decken einen ähnlichen Einsatzbereich ab, unterscheiden sich jedoch trotzdem deutlich voneinander. Besonders sportlich radelt es sich in Sachen Sitzposition auf dem Angell und Cowboy, Komfort liefern VanMoof und Canyon, das Ampler bildet in diesem Punkt die Goldene Mitte. Alle fünf Motoren haben genügend Power.

Luft nach oben haben die meisten bei den smarten Funktionen. Abbrechende Bluetooth-Verbindungen, nicht funktionierende Navigation und sinnfreie Anzeigen sind, egal ob in der Smartphone-App oder auf einem am Rad installierten Display, nicht mehr zeitgemäß. Da wären uns weniger Funktionen, die dann aber funktionieren, lieber gewesen.

Hinsichtlich der Reichweite taugen alle Räder für übliche Pendlerstrecken und alltägliche Wege. Das Rad von Angell bildet hier zwar das Schlusslicht, hat jedoch im Unterschied zu den Bikes von VanMoof und Ampler einen abnehmbaren Akku zum leichteren Laden. Man kann also im Zweifel einen zweiten Akku einstecken und man muss fürs Laden nicht stets das komplette Rad zur Steckdose schleppen. Die Räder mit versteckten Akkus haben unterdessen optische Vorteile, sie sehen einfach nicht so sehr nach E-Bike aus.

(rbr@ct.de) ct

City-E-Bikes

Modell	Ampler Curt	Angell	Canyon Precede-On CF 9	Cowboy 3	VanMoof S3
Motor / max. Drehmoment	Hinterradnabenmotor / 50 Nm	Hinterradnabenmotor / 50 Nm	Mittelmotor Bosch Performance Line CX / 85 Nm	Hinterradnabenmotor / 30 Nm	Vorderradnabenmotor / 59 Nm
Akku / zum Laden entnehmbar	336 Wh / –	216 Wh / ✓	500 Wh / ✓	360 Wh / ✓	504 Wh / –
Reichweite bei gemischten Betrieb	60 bis 70 km	45 bis 50 km	60 bis 80 km	60 bis 65 km	65 km bis 80 km
Antrieb	Singlespeed (Gates CDX Carbon Riemen), Shimano Deore M5120 11-Gang-Schaltung	Singlespeed (Kette)	Enviolo Automatik-Nabenschaltung (Gates CDX Carbon Riemen)	Singlespeed (Gates CDX Carbon Riemen)	Sturmey Archer 4-Gang-Automatik (Kette)
Übersetzung	Singlespeed: 60/20 Kette: 42/11-42	42/16	50/24 (variabel durch Gangwechsel)	63/22	38/22 (variabel durch Gangwechsel)
Gewicht	13,4 kg (Riemen), 14,4 kg (Kettenschaltung)	15,9 kg	24,3 kg	18,2 kg	21 kg
Zuladung	120 kg	120 kg (inklusive Fahrrad)	140 kg	110 kg	120 kg
Licht	vorne: Busch+Müller IQ2 EYC / hinten: Lightskin im Sattelrohr integrierte LED-Lichter	in Rahmen integriert	vorne: Supernova Mini2, hinten: Supernova Universal Rücklicht	in Rahmen integriert	in Rahmen integriert
Rahmenmaterial	Aluminium 6061	Aluminium 6061, Carbongabel	Carbon	Aluminium 6061	Aluminium 6061
Rahmengrößen	M, L, XL	uni	M, L, XL	uni	uni
Gepäckträger / Schutzbretter	– / ✓	– (optional 79 €, nur vorne) / – (optional 89 €)	✓ / ✓	– (optional 99 €) / ✓	– (optional 59 € hinten, 99 € vorne) / ✓
Systemanforderung	iOS, Android	iOS, Android	iOS, Android	iOS, Android	iOS, Android
Preis	2900 €	2860 €	5000 €	2000 €	2200 €
Bewertungen					
Ausstattung / smarte Features	⊕ / ○	⊖ / ○	⊕⊕ / ⊕	⊕ / ○	⊕ / ⊕⊕
Leistung / Ansprechverhalten / Reichweite	⊕ / ⊕ / ⊕	⊕ / ⊕ / ⊖	⊕⊕ / ○ / ⊕⊕	○ / ⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ○ / ⊕⊕

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden

Zahlen, Daten, Fakten

E-Bikes

Elektrisch unterstützte Räder gehen weg wie warme Semmeln, die Argumente von Fürsprechern und Gegnern haben sich indes kaum geändert. Wie beim Schraubenzieher hat sich die eigentlich nicht korrekte Bezeichnung E-Bikes für die überwiegend genutzten Pedelecs durchgesetzt. Sie schieben, solange man in die Pedale tritt und bis zu einem Tempo von 25 km/h, mit Motor-

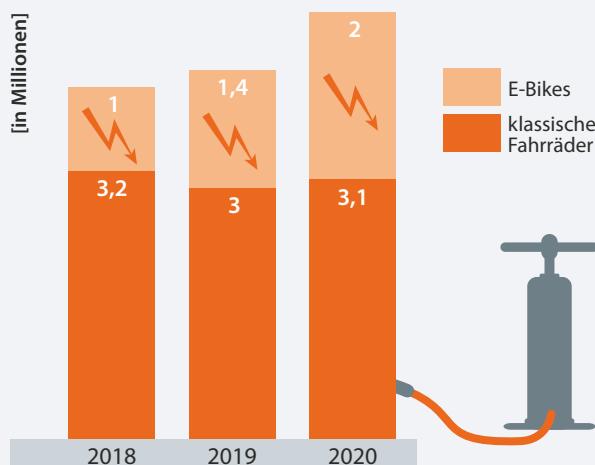
kraft an. Die schnelleren S-Pedelecs sind unbeliebt, was womöglich an der Versicherungspflicht sowie den schärferen Verkehrsregeln gilt. E-Bikes im ursprünglichen Sinn, die sich wie ein Mofa ohne Pedalbenutzung fahren lassen, spielen in Deutschland fast gar keine Rolle. Die Lieferengpässe durch die gestiegene Nachfrage, stockende Produktion und hohe Trans-

portkosten bewirken eine Renaissance der Produktion in Europa. Sie haben aber auch zu einem neuen Markt für eine langfristige Vermietung von E-Bikes geführt. Der vergleichsweise hohe Kaufpreis von E-Bikes schreckt am Radfahren Interessierte mehr ab als das langsam verschwindende Etikett solcher Räder für eine ältere oder unsportliche Klientel.

(mil@ct.de) ct

► Fahrradverkäufe

... der Fahrradverkauf in Deutschland hat angezogen.
Das geht fast vollständig auf E-Bikes zurück.¹



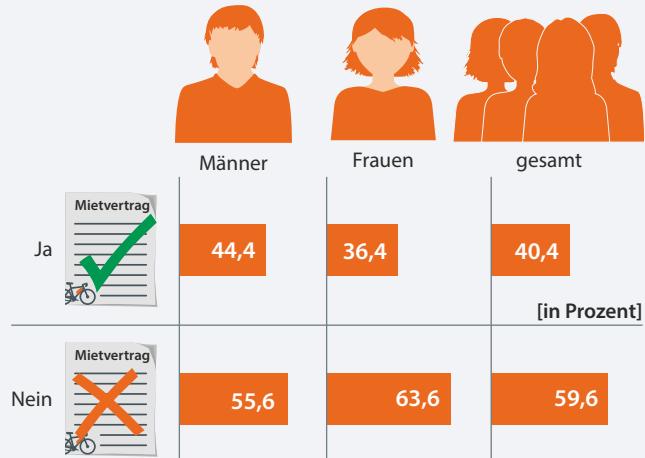
► Preise

... infolge von Lieferengpässen und wegen steigender Nachfrage sind die Preise (in Euro) enorm gestiegen.³

	2019	2020	Prozent
E-Bikes	2440,54	2817,49	15,4 ↑
Rennräder	1987,63	2312,79	16,4 ↑
Fahrräder insgesamt	1685,64	2003,62	18,9 ↑
Mountainbikes	1313,93	1414,61	7,7 ↑
Spezialfahrräder	918,56	1128,84	22,9 ↑
Trekkingräder	776,24	787,20	1,4 ↑
Klappräder	635,86	746,72	17,4 ↑
Citybikes	587,21	576,48	-1,8 ↓
Kinderfahrräder	269,31	277,64	3,1 ↑
BMX	149,97	215,17	43,5 ↑

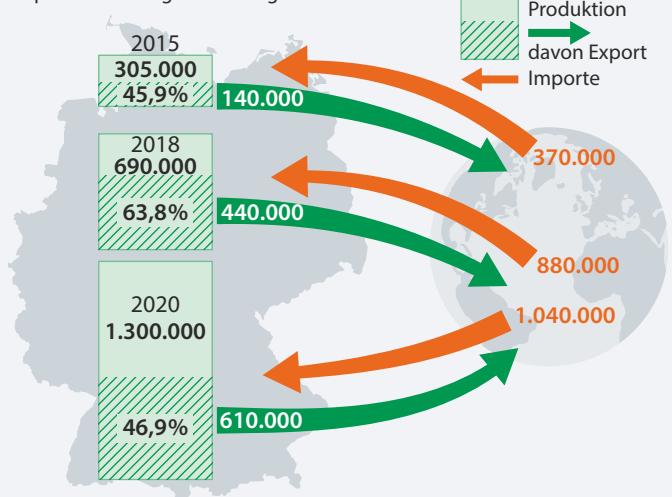
► Mietmodelle

... E-Bikes sind nicht billig. Daher denken auch viele über eine längerfristige Miete nach.²



► Produktion, Im- und Export

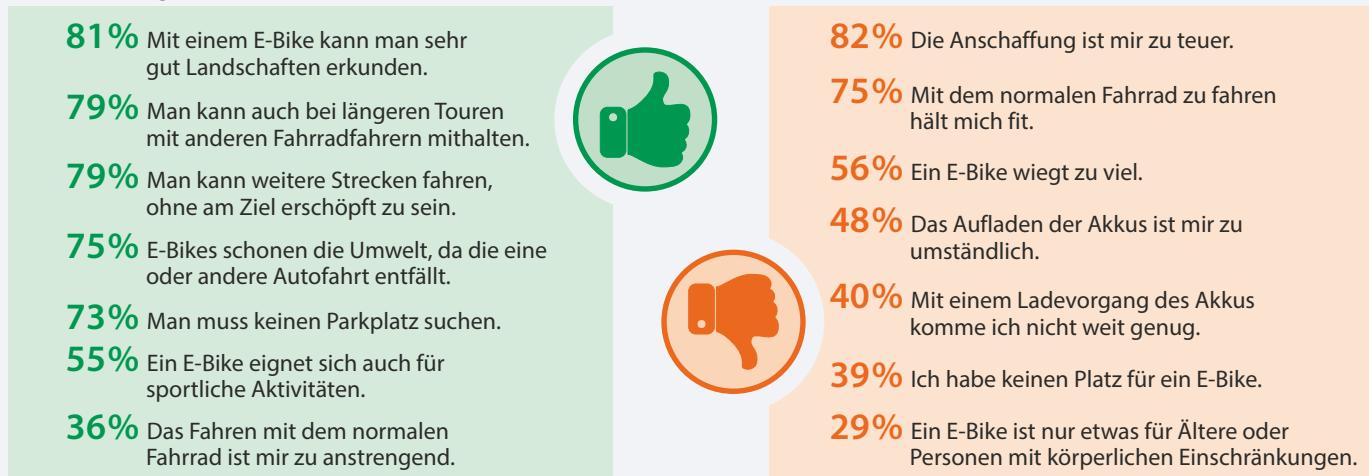
... anders als viele denken, exportiert Deutschland viele Fahrräder. Importe überwiegen allerdings.⁴



► Pro und Contra

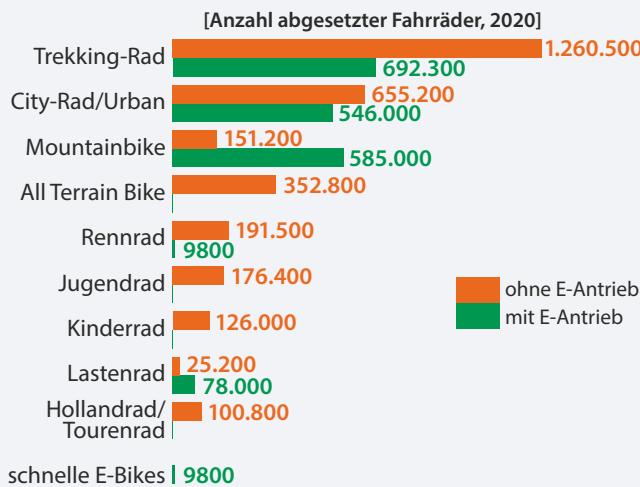
... die Gründe, sich für oder gegen ein E-Bike zu entscheiden, sind sehr unterschiedlich.⁵

[Anteil der Befragten, 2018]



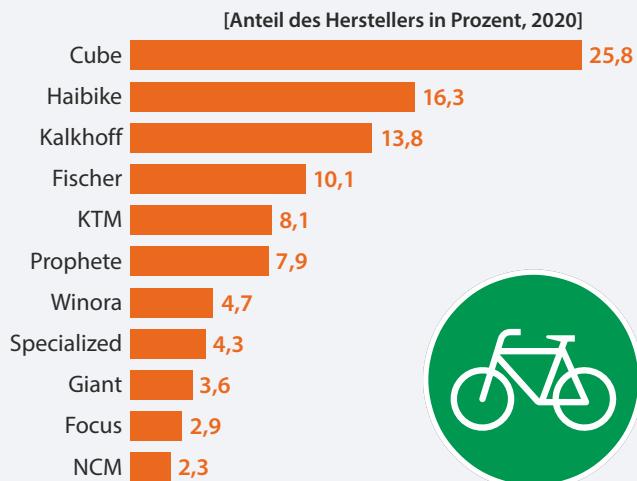
► E-Bike-Modelle

... bei Lastenrädern und Mountainbikes überwiegt der E-Antrieb sogar. Schnelle E-Bikes spielen keine Rolle.⁴



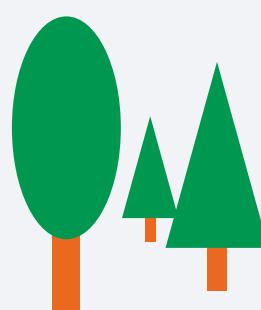
► Interesse nach Marken

... in Preissuchmaschinen wird häufig nach einigen wenigen Marken von Volumenherstellern gesucht.⁶



► Radreisen und Ausflüge mit E-Bike

... gut ein Drittel der Befragten einer repräsentativen Umfrage des Radclubs ADFC nimmt für Reisen und Radtouren ein E-Bike, Tendenz steigend.⁷





Ausgereizt

E-Bike-Tuning: legale und illegale Methoden

Tuning bei E-Bikes muss nicht immer illegal sein: Es gibt Änderungen, die ganz ohne Ärger mehr Fahrspaß bereiten. Anders ist zu Recht verboten. Wir geben einen Überblick über die verschiedenen Tuning-Eingriffe.

Von Stefan Porteck

Mehr Power! Den Wunsch gibt es seit der Erfindung von Motoren. Die meisten E-Bike-Tunings zielen ausschließlich darauf ab, dass der Motor auch bei mehr als 25 km/h mit anschiebt.

Tunings, die die V_{max} -Grenze der Räder umgehen, sind in Deutschland nach § 63a der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) verboten. Wer sie trotzdem einsetzt, riskiert eine Menge kostspieligen Ärger.

Das scheint die unzähligen Tuning-Anbieter aber nicht abzuschrecken. Die

Verantwortung schieben sie in der Regel mit einem lapidaren Hinweis den Kunden zu. Technisch betrachtet reichen die Eingriffe von trivial bis clever und von harmlos bis feuergefährlich. Wir haben uns deshalb entschieden, in diesem Artikel auch die technische Seite illegaler Eingriffe zu beleuchten und zu zeigen, welche Schäden sie am eigenen Bike hervorrufen können.

Schneller, als die Polizei erlaubt

Beim illegalen Tuning zur Aufhebung der V_{max} -Grenze gibt es etliche Methoden.

Etliche Tricks setzen bei der Hardware an. So lassen sich mit simpler Physik aus Rädern mit Nabennmotoren ein paar Kilometerchen pro Stunde mehr herauskitzeln. Alle verbauten Nabennmotoren sind auf den vorhandenen Radumfang des Rades programmiert. Wer den Aufwand nicht scheut, baut den Motor aus und speicht ihn in ein Laufrad mit einem größeren Durchmesser ein.

In der Praxis klappt das aber nur bei wenigen Rädern, da die meisten Rahmen so eng gebaut sind, dass man nicht mal eben ein paar Millimeter Radumfang

draufgeben kann, ohne dass der Reifen am Rahmen und/oder an den Schutzblechen reibt. Je nach genutzten Felgengrößen erhöht sich der Radumfang um rund 5 bis 15%. Da der Motor weiterhin bis zu seiner programmierten maximalen Drehzahl unterstützt, legt das Rad pro Umdrehung ein paar Zentimeter mehr zurück und fährt so bis zu 5 km/h schneller. Aufwand und Ertrag stünden aber selbst dann in keinem Verhältnis, wenn dieser Eingriff legal wäre. Gleiches gilt fürs Beibehalten der Felge und den Tausch des Motors gegen einen, der für kleinere Felgen gedacht ist.

Bei älteren Mittelmotoren gibt es einen ähnlichen Ansatz. Hierfür wird der Radumfang aber nicht physisch geändert, sondern dieses dem Motor mittels Software nur vorgegaukelt. Durch geänderte Werte errechnet die Motorsteuerung eine geringe Geschwindigkeit als die tatsächlich gefahrene. Bei manchen Mittelmotoren lässt sich der Radumfang sogar in der zugehörigen App oder direkt am Cockpit-Display einstellen – aber nur in engen Grenzen, sodass die Höchstgeschwindigkeit im Toleranzrahmen bleibt. Größere Sprünge schaffen Tuner, die dem Motor mit Diagnosesoftware und -geräten der Motorenhersteller zu Leibe rücken. Etliche Hersteller schieben dem Treiben mittlerweile aber einen Riegel vor, indem sie das nachträgliche Anpassen des Radumfangs über die Diagnoseschnittstelle nicht mehr zulassen.

Im Bereich der Elektrik greifen manche Tuner zu nicht ganz ungefährlichen Holzhammer-Methoden. Sie machen sich zunutze, dass die Elektromotoren in ihrer Spule eine feste Wicklung haben, die auf die Nennspannung des Motors ausgelegt ist und dass bei E-Bike-Antrieben Modelle mit 36 und 48 Volt existieren. Betreibt man einen 36-V-Motor mit höherer Spannung, läuft er schneller.

Theoretisch muss man also in ein 36-Volt-Bike nur einen 48-Volt-Akku einbauen. Das Ganze ist aber genauso dumm wie heikel. Weder die Elektronik noch die Zahnräder der internen Untersetzung sind darauf ausgelegt, was zu einem Potpourri an Katastrophen führen kann, von Zahnräderbrüchen bis zu Bränden.

Technisch weniger brandgefährlicher Pfusch, aber dafür verantwortungslos schnell sind Manipulationen am Tacho-Signal. Die Idee ist einfach: Sobald die E-Bike-Elektronik erkennt, dass man sich den 25 km/h nähert, drosselt sie die Motorleistung schrittweise und schaltet den Motor

schließlich ab. Gaukelt man der Steuereinheit eine geringere Geschwindigkeit vor, wird erst entsprechend später abgeregelt.

Das Stichwort heißt hier: Frequenzteilung oder auch Frequenzhalbierung. In der einfachen Variante werden dafür simple Dongles entweder per Steckverbindung oder mittels Lötkolben irgendwo zwischen Rad und Motorelektronik in die Tacholeitung eingeschlichen. Sie halbieren das Tachosignal. Wenn man reale 20 km/h fährt, „denkt“ das E-Bike, dass es nur 10 km/h wären. So setzt die Motorunterstützung erst bei 50 km/h aus. Viele Motoren haben genug Leistung, um diese Geschwindigkeit auch wirklich zu erreichen. Abgesehen vom offensichtlichen Irrsinn, auf einem Radweg in der Stadt 50 zu fahren, hat die simple Frequenzteilung den Nachteil, dass auch der Tacho stets nur den halben Wert anzeigt.

Teurere Tuningboxen sind deshalb mit Microcontrollern ausgestattet, die dem Tacho-Display ein anderes Signal liefern als der Motorsteuerung. Sie werden üblicherweise im Motor verbaut und eignen sich jeweils nur für ein spezifisches Modell und lassen sich nicht universell einsetzen.

Modding ohne Reue

Im rechtlichen Graubereich bewegen sich Tuning-Files oder gepatchte Firmware-Versionen, die sich für manche Motoren auftreiben lassen. Mit ihnen lassen sich die internen Kennlinien der Motoren an eigene Wünsche anpassen, etwa wenn das Rad beim Losfahren kräftiger beschleunigen soll. Hier gibt es zumindest Software-Varianten, die die V_{max} -Sperre behalten und deshalb wohl nicht per se als illegal einzustufen sind.

Wer aber auf Nummer sicher gehen will, sucht sich ein Rad, das das schon ab Werk mitbringt. Der Motorhersteller Brose gibt sich gegenüber den Radherstellern sehr offen, was die Abstimmung der Motoren und den Zugriff auf Parameter via Smartphone-App angeht. Wer also möglichst viel pimpfen und verstellen möchte, ist mit einem Rad mit Brose-Motor gut beraten. Da jeder Hersteller davon unterschiedlich stark Gebrauch macht, lohnt sich vor dem Kauf ein Blick auf die zum Rad gehörende App oder eine Beratung im Fachgeschäft.

Nach unseren Erfahrungen hat Specialized hier die Nase vorn: So lassen sich in der Mission-Control-App von Specialized die Tretkraftunterstützung, die Spitz-

leistung, die Ansprech-Sensibilität und die Steigungserkennung an eigene Wünsche anpassen. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt Bosch mit seinem Bordcomputer Nyon. Für ein paar Euro lassen sich bei ihm individuelle Fahrmodi freischalten. Es stehen dann nicht nur „Eco“, „Tour“, „Sport“ und „Turbo“ zur Verfügung, sondern auch eigene Modi. Bei diesen lassen sich an individuelle Kennlinien mit jeweils gewünschten Unterstützungsstufen an vier Geschwindigkeitspunkten festlegen.

Bei einigen Rädern kann man auch die Schaltung tunen. So hat beispielsweise das auf Seite 60 getestete S3 von VanMoof in der App einen Einstellungsbereich für die elektrische 4-Gang-Automatik-Nabenschaltung. Dort lassen sich für jeden Gang die jeweils gewünschten Geschwindigkeiten fürs automatische Hoch- und Runterschalten festlegen.

Aber ja, aber nein!

Eine Sonderrolle beim Thema Tuning nahmen die Räder von VanMoof und die zweite Generation des Cowboy ein. Sie ließen sich mit den Hersteller-Apps in einen Modus schalten, in denen eine höhere Geschwindigkeit als 25 km/h erreicht wurde.

In der App von VanMoof konnte man bis Mitte 2020 einstellen, ob das Rad in der EU oder in den USA bewegt wird. Wählte man letzteres, arbeitete der Motor gemäß der US-amerikanischen Vorschriften. Sie erlauben eine Höchstgeschwindigkeit von 20 Meilen pro Stunde, was 32 km/h entspricht. Beim Cowboy der zweiten Generation gab es dagegen in der App einen einschaltbaren „Offroad-Modus“. In diesem bot das C2 eine Motorunterstützung bis 30 km/h.

Im Sommer vergangenen Jahres häuften sich in E-Bike-Foren Berichte, nach denen die Polizei in mehreren Großstädten Fahrer dieser beiden Marken verstärkt kontrollierte. Dabei soll es laut den Forenbeiträgen Strafen, Mängelkarten und sogar Beschlagnahmungen gegeben haben.

Die Hersteller haben inzwischen reagiert. Das derzeit noch aktuelle C3 von Cowboy kam bereits ohne den Offroad-Modus auf den Markt und er lässt sich unseres Wissens auch nicht rückwirkend aktivieren. VanMoof veröffentlichte ein App-Update, dass die Möglichkeit des Um- schaltens aus der App entfernt.

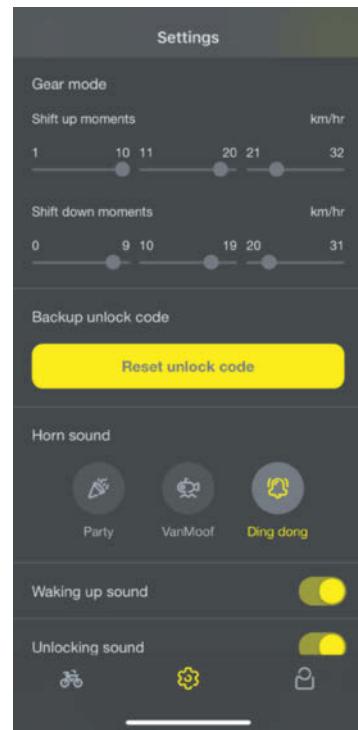
Fazit

Vielen Motorherstellern ist das illegale Tuning mittlerweile ein Dorn im Auge, da

darunter der Ruf der gesamten Branche leidet. Besonders Bosch geht seit einiger Zeit verstärkt gegen Tuning vor. Sobald die Elektronik unplausible Signale verschiedener Sensoren erhält oder andere Unregelmäßigkeiten entdeckt, greift der eingebaute Tuning-Schutz und der Motor versagt seinen Dienst. Offenbar hat Bosch hierbei gute Arbeit geleistet: Schaut man sich bei einschlägigen Tuning-Webseiten um, findet sich sehr oft der Hinweis, dass Tuning-Produkt XY nicht mit neuen Bosch-Motoren funktioniert.

Dafür erkennen Bosch und andere Hersteller wiederum den Wunsch und den Bedarf der Kunden an, das Fahr- und Ansprechverhalten der Motoren an eigene Vorlieben anzupassen. Dieses Modding bleibt im legalen Rahmen, da die Höchstgeschwindigkeit unangetastet bleibt.

Illegales Tuning ist wegen der Gefahr für Leib und Leben, auch Unbeteiligter, sowie ernsten und damit teuren rechtlichen Konsequenzen keine gute Idee. Wer schneller als 25 km/h fahren möchte, der sollte deshalb lieber gleich zu einem S-Pedelec greifen. Die schaffen ganz legal bis zu 40 km/h und kosten in der Anschaffung und im Unterhalt kaum mehr als ein herkömmliches E-Bike. (spo@ct.de) ct



Cool Feature und ganz legal: Beim aktuellen Rad von VanMoof lassen sich die Schaltpunkte individuell an eigene Bedürfnisse anpassen.

Dragino DLOS8

Günstiges LoRaWAN-Outdoor-Gateway mit LTE und GPS



Draginos DLOS8 ist ein LoRaWAN-Gateway mit GPS und LTE. Für den vergleichsweise geringen Preis muss man leider einige Abstriche in Kauf nehmen.

Von Andrijan Möcker

Netze für IoT mit LoRaWAN entstehen in immer mehr Städten und LoRaWAN-Gateways für drinnen und draußen gibt es mittlerweile zuhauf. Doch wer GPS und LTE im Outdoor-Gerät haben will, muss meist kräftig drauflegen und die teureren Modelle professioneller Hersteller kaufen – die liegen nicht selten bei über 600 Euro.

Dragino bietet das DLOS8 als vergleichsweise günstige Option an: Das Komplettset bestehend aus Gateway mit vorinstalliertem LTE-/GPS-Modul, einem Netzteil, einer externen Antenne und Material zur Mastmontage kostet rund 350 Euro.

Hardware

Im Karton findet man fast alles Notwendige zum Betrieb. Auf ein Netzwerkkabel und einen PoE-Injektor (Power over Ethernet) hat der Hersteller verzichtet; kein Problem, denn das Kabel hätte in den seltensten Fällen die passende Länge und der PoE-Injektor ist nicht unbedingt nötig, wenn es am Montageort einen PoE-Switch gibt. Das zur Einrichtung beigelegte 12-Volt-Netzteil wäre verzichtbar gewesen. Professionelle Netzwerker haben in der Regel PoE-Injektoren, und selbst wenn der Hersteller eine Option als unerlässlich erachtet, wäre ein standardkonformer PoE-Injektor zur Verwendung mit anderen Geräten nachhaltiger gewesen.

Das DLOS8 steckt in einem zylindrischen Plastikgehäuse; alle Anschlüsse – SMA (LoRa), USB, RJ45 (Fast Ethernet), 12V und der LED-Verbinder – sitzen unter einer runden Abdeckung, deren Schürze den Wassereintritt verhindert. Um an den SIM-Schacht des Mobilfunkmoduls zu kommen, muss man indes die vier Kreuzschrauben lösen und den Einsatz heraus-

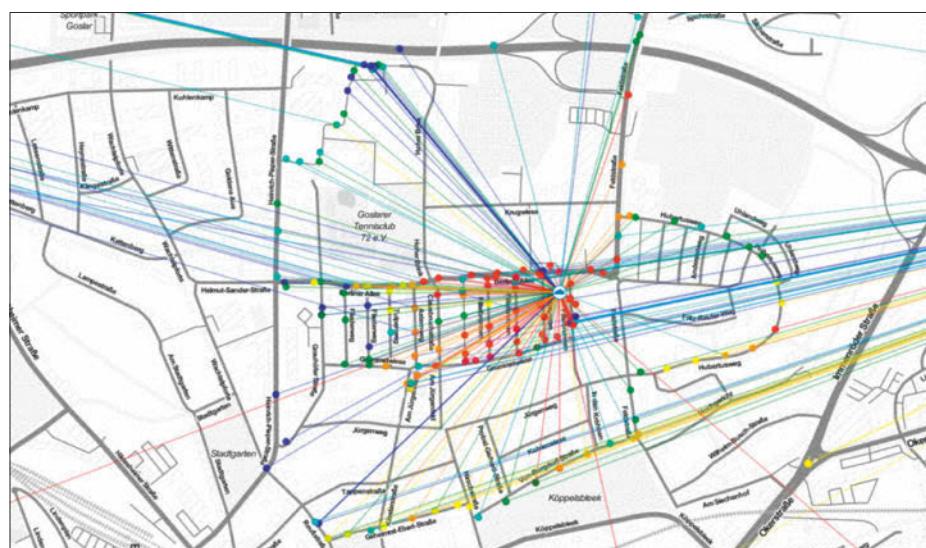
ziehen. Dabei fällt auf: Das Gehäuse ist nicht nur billig hergestellt, es ist auch nur wenige Millimeter dünn und besitzt keine Isolierung zum Schutz gegen besonders niedrige oder hohe Temperaturen. Weder das Datenblatt noch die Anleitung verrät, für welche Temperaturen sich das Gateway eignet und welche IP-Schutzart das Gehäuse erfüllt. Auf diese Angaben will man auf keinen Fall verzichten, wenn das Gateway an einem schwer zu erreichenden Standort wie einem hohen Antennenmast sitzen soll.

Bei der Montage am Teststandort bemerkten wir außerdem, dass das Set keine Gummidichtungen für die Kabeldurchführungen enthält: Im Boden sind lediglich drei Sollbruchstellen, deren Dichtigkeit mangels Passgenauigkeit und Dichtungsring eher zweifelhaft wirkt.

Software

Das DLOS8 läuft mit der gleichen OpenWrt-basierten Firmware wie das zuvor in c't getestete LPS8 – die Indoor-Variante ohne GPS und LTE [1]. Einen Assistenten gibt es zwar nicht, die vom Hersteller gestrickte Weboberfläche ist jedoch so aufgeräumt, dass Administratoren mit LoRaWAN-Grundwissen die Einrichtung problemlos erledigen können.

An der Softwareaktualität hat sich indes nichts verbessert: Dragino nutzt nach wie vor die veraltete OpenWrt-Version 18.06 und hat sich auch nicht um eine neuere Version oder offizielle Unterstützung gekümmert. Moderne VPN-Protokolle wie Wireguard und andere Erweiterungen, die ein passendes Kernel-Modul benötigen, kann man ohne erheblichen Mehraufwand (Einpflügen der Hardware ins aktuelle OpenWrt, eigenes Abbild bauen usw.) nicht einsetzen. Wer keine aktuelle Software benötigt und mit der von Dragino selbst zusammengebastelten Fernwartungslösung „R-SSH“ zufrieden ist, kommt mit dem DLOS8 trotz allem schnell zum Ziel.



Die Punktwolke des TTN Mappers zeigt, dass das Gateway das rund ein Quadratkilometer große Gebiet größtenteils abdeckt, Abschattungen aber schon nach einigen hundert Metern für Einbußen sorgen.

Reichweitentest

Für den Reichweitentest montierten wir das Gateway am Antennenmast eines Hauses in einem Wohngebiet mit Reihen- und frei stehenden Einfamilienhäusern. Die Antenne befand sich in rund acht Meter Höhe, leicht unterhalb des Firsts, sodass das Dach sie in eine Richtung abschattete.

Wie bei vorherigen Tests kamen die Daten von mehreren LoRaWAN-GNSS-Trackern, mit denen wir durch die Umgebung liefen oder fuhren. Sie versenden in regelmäßigen Abständen ihre Position via LoRaWAN. Die Daten leitet das Gateway ans TTN weiter, das diese dekodiert und – zusammen mit der Empfangssignalstärke – an den LoRaWAN-Kartendienst TTN Mapper weitergibt [2]. Die entstehende Punktewolke gibt Auskunft über die ungefähre Abdeckung.

Das rund ein Quadratkilometer große Testgebiet deckte das Gateway größtenteils ab. In weiter entfernten Straßenzügen machte sich bei enger Bebauung jedoch

die weniger exponierte Position des Gateways bemerkbar. Dort, wo der Empfang gut ist, darf man davon ausgehen, dass Geräte mit niedrigerer und damit robusterer Datenrate problemlos aus Gebäuden funkeln können. Grundlagen zu LoRa(WAN) haben wir in [3] für Sie aufgeschrieben.

Fazit

Das Dragino DLOS8 hat einige Nachteile, die den Einsatzbereich stark einschränken, denn aufgrund des dünnen Gehäuses sowie fehlender IP-Schutzzarten und Angaben zur Betriebstemperatur kann man sich nicht sicher sein, dass das Gateway auch kalte Winter übersteht. In Kombination mit der veralteten Software verliert der Preis etwas seine Rechtfertigung. Mikrotik bietet etwa das 150 Euro günstigere LtAP LR8 Kit, das zwar noch weiteres Zubehör erfordert, aber ein deutlich umfangreicheres Datenblatt und ein Metallgehäuse hat. Trotz allem erfüllt das DLOS8 den Zweck als LoRa-

WAN-Gateway mit guter Empfangsleistung.
(amo@ct.de) 

Literatur

- [1] Andrijan Möcker, Günstige LoRaWAN-Basis, Dragino LPS8: LoRaWAN-Gateway für 110 Euro, c't 3/2021, S. 64
- [2] Andrijan Möcker, IoT-Kartografie, LoRaWAN-Abdeckung mit dem Webdienst TTN Mapper darstellen, c't 12/2021, S. 160
- [3] Jan Mahn, Langstreckenfunk, IoT-Funk LoRaWAN: für kleine Datenmengen und hohe Reichweiten, c't 10/2019, S. 140

Dragino DLOS8 4G

LoRaWAN-Gateway	
Hersteller, URL	Dragino Technology, dragino.com
LoRaWAN	SX1301 + 2 × SX1257
Stromversorgung	IEEE 802.3af (PoE), 5,5 × 2,1 mm Hohlstecker (12 Volt)
Leistungsaufnahme	6 W (Ethernet, LoRaWAN u. LTE aktiv)
getestete Firmware	Igw-5.4.161
enthaltetes Zubehör	externe 868-MHz-Antenne (3 dBi), Steckernetzteil, Metall-Kabelbinder, Material für Mastmontage
Preis	350 €



Die Online-Konferenzen zur secIT by Heise

IT-Security im Fokus

Vertiefen Sie in einer spannenden Keynote sowie in 3 interaktiven Vorträgen Ihr Wissen rund um IT-Security. Jedes secIT Special präsentiert Ihnen ein exklusives Thema.

Jetzt Kombi-Rabatt sichern
und über **30%**
sparen!

IR, SOC und SIEM

Verteidigung chinesisch
(nicht nur) für Anfänger!
Im Kombi-Ticket als Aufzeichnung erhältlich

16. September 2021

Cybersicherheit für KMU

Kaufen, mieten oder selber machen?

9. Dezember 2021

Hacking for Security

Was Sicherheitstests für Unternehmen bringen!

JETZT ANMELDEN: konferenzen.heise.de/secit-special



Her Masters Head

Die edle 4K-Webcam WB7022 von Dell glänzt mit Autofokus, Auto-Framing und Windows Hello, sie hat aber auch ein paar Schwächen.

Dells 4K-Webcam im schicken Metalltubus nutzt eine raffinierte Haltemechanik: Die gummierte Klemme für die Displaybefestigung haftet magnetisch am Tubus, der alternative Standfuß mit Stativgewinde wird ebenfalls per Magnet befestigt. Die Klemme eignet sich dank niedrigem Steg für sehr schmal eingefasste Monitore, sitzt aber auch an Notebooks stabil. Schließt man die Kamera per USB 2.0 an, übermittelt sie Full HD mit 60 Hertz, an USB 3.2 mit 5 GBit/s sind es bei 4K 30 Hertz und bei Full HD bis zu 60 Hertz.

Das hoch aufgelöste Bild der Dell-Webcam gefällt mit natürlichen Farben und guter Lichtstärke. Helligkeitsänderungen gleicht die Kamera in kleinen Stufen aus – das kann nerven, wenn die Lichtbedingungen etwa am Fenster stark schwanken. Unter normalen Bürobedingungen war es dagegen kein Problem. Das Mikrofon in der Kamera reicht für Videotelefonate, für längere Meetings empfiehlt sich aber ein externes Mikrofon. Die Videobilder produziert die Webcam mit einer leichten Latenz.

Gesichtserkennung für Windows Hello beherrscht sie per IR-Sensor problemlos. Zusätzlich erkennt sie mit dem Tiefensensor, ob noch jemand vor der Kamera sitzt. Dann schaltet die WB7022 den Bildschirm auf Wunsch aus, wenn man sich entfernt hat, und reaktiviert ihn bei der Rückkehr. Leider greift der Abwesenheitssensor frühestens nach

30 Sekunden, wodurch der PC noch arg lange nach Verlassen des Raums aktiv bleibt.

Die Kamera besitzt einen zuverlässigen Autofokus und kann ein Sichtfeld von 65, 78 oder 90 Grad abdecken; dieses lässt sich ebenso wie Helligkeit, Kontrast, Sättigung und Schärfe in Dells Peripheral Manager als schnell aktivierbares Setup festlegen. Einzelpersonen nutzen den kleinsten Ausschnitt und lassen ihn bei Bedarf innerhalb des großen Sichtfelds digital nachführen: KI-Auto-Framing nennt Dell diese Funktion, die angenehm ruhig und gleichmäßig reagiert und dank der man stets in der Bildmitte zu sehen ist. Allerdings erfordert die Berechnung eine Menge Energie: Der Kameratubus wird im Betrieb bis zu 45 °C heiß und damit 5 °C heißer als für berührbare Metallgehäuse erlaubt. Ein zweites Modell der WB7022 behielt einen etwas kühleren Kopf und wurde maximal 41 °C warm. Die Leistungsaufnahme an USB-C lag bei 4,2 Watt (850 mA) und damit fast dreimal so hoch wie bei der 4K-Webcam Brio von Logitech (1,5 W, 300 mA).

Davon abgesehen braucht die WB7022 den Vergleich mit der Brio nicht scheuen, sie kostet allerdings noch mal deutlich mehr als die 4K-Webcam von Logitech. Dem auf dieser Seite auch getesteten Lenovo-Modell mit Windows Hello sind beide 4K-Kameras haushoch überlegen.

(uk@ct.de)

Dell UltraSharp Webcam WB7022

4K-Webcam mit Windows-Hello-Unterstützung

Hersteller, URL	Dell, dell.com/de-de/shop/accessories
Ausstattung	2D-Kamera (3840 × 2160 bis 30 Hertz, FHD mit 60 Hertz), IR-3D-Sensor, KI-Auto-Framing, Objektivdeckel, Klemmhalter und Standfuß mit Stativgewinde, USB-C-Port
Lieferumfang	Webcam, USB-3.0-Kabel (Typ C auf Typ A)
Preis	200 € (Stand 27.7.2021)

Hello again

Lenovos günstige FHD 500 Webcam entsperrt den PC per Windows Hello, bevorzugt aber helle Räume.

Die Webcam 500 FHD sitzt sicher auf dem Monitorrand, wackelt mangels drittem Gelenkarm aber auf dünnen Notebook-Displays. Über das Kugelgelenk zwischen Kamera und Fuß lässt sie sich sehr einfach ausrichten.

Eine IR-Diode zwischen Status-LED und Linse dient der Gesichtserkennung – das Entsperren des PCs per Windows Hello klappte zuverlässig. Das Objektiv lässt sich mit einer eingebauten Blende verschließen. Schiebt man diese nur halb zur Seite, bleibt der IR-Sensor zum Entsperren frei.

Aus dem im Büro üblichen Sitzabstand ist die Bildschärfe okay, wer einen Zettel in die Kamera halten will, muss aber deutlich näher ran – der Schärfepunkt des Fixfokus-Objektivs liegt bei etwa 30 Zentimeter. Das relativ große Sichtfeld der Full-HD-Kamera bleibt unverzerrt, Hauttöne kommen recht natürlich rüber. Im Videochat war die Wiedergabe bei ungünstigen Lichtverhältnissen verrauscht, unscharf und flau. Mehr Licht verbesserte die Bildqualität deutlich.

Die Webcam übermittelt maximal 30 Videobilder pro Sekunde, ein eingebautes Mikrofon für Videochats fehlt. Lenovo bietet mit der 500 FHD die derzeit günstigste Webcam mit Windows-Hello-Unterstützung, Interessenten sollten aber gute Lichtverhältnisse sicherstellen können.

(uk@ct.de)

Lenovo 500 FHD Webcam

Full-HD-Webcam mit Windows-Hello-Unterstützung

Hersteller, URL	Lenovo, accessorysmartfind.lenovo.com
Ausstattung	2D-Kamera (1920 × 1080 bis 30 fps), IR-3D-Sensor, Objektivdeckel, Stativgewinde, USB-C-Port
Lieferumfang	Webcam, USB-3.0-Kabel (Typ C auf Typ A)
Preis	50 €

Uhr ohne Ladezwang

Eine Smartwatch, bei der man nicht mehr ans regelmäßige Laden denken muss, das wäre doch toll. Dieses Versprechen löst die 368 Euro teure Sequent SuperCharger 2.1 zwar ein, besonders smart gibt sie sich aber nicht.

Die Smartwatches des österreichischen Herstellers Sequent haben kein verstecktes Display wie Hybriduhren, sondern ein Ziffernblatt mit zwei mechanischen Uhrzeigern, einem dritten Zeiger als Schrittzähler und einer winzigen LED.

Angetrieben werden die Zeiger von einem digitalen Uhrwerk, das seine Energie aus einem Akku zieht, den ein rückseitig sichtbares Schwungrad permanent lädt; bei manchen Armbewegungen spürt man dessen Arbeit. Die Ladestandsanzeige blieb während der tagelangen Testphase konstant bei 95 Prozent, sowohl bei mäßiger Bewegung als auch nach Sport. Laufzeiten von mehreren Monaten sind somit realistisch, vielleicht muss man sie wirklich nie laden.

Nimmt man die Uhr ab, stoppen die Zeiger nach 24 Stunden und nur das interne Uhrwerk läuft – zwei Jahre lang soll dieser Standby halten. Legt man sie wieder an, springen die Zeiger auf die aktuelle Uhrzeit. Beim erstmaligen Start erhält sie per Android- oder iOS-App die aktuelle Uhrzeit. Für Notfälle liegt eine Lademuschel bei.

Der dritte Zeiger informiert, wie weit man sein tägliches Pensum an Schritten erfüllt hat, das sich in der App einstellen lässt. Die Synchronisierung erfolgt nicht automatisch, sondern man muss die App aufrufen, die Krone zweimal drücken, in der App nach unten wischen und, falls eine Fehlermeldung kommt, nochmals wischen.

Eine Sportaufzeichnung startet man, indem man die Krone zwei Sekunden lang drückt, bis die LED blinkt, und dann zweimal drückt – ob das geklappt hat, ist der Uhr nicht anzusehen. Man stoppt durch dreimaliges Tippen auf die Krone. Die Trainingseinheiten bestehen aus Schrittzahl, Zeitspanne, daraus errechneter Kalorienmenge und einem vom Handy aufgezeichneten GPS-Track, falls man es dabei hat. Die Sportart lässt sich nicht einstellen; offenbar ist nur Laufen vorgesehen: Eine Stunde Radfahren ergab beispielsweise einen 17 Kilometer langen



GPS-Track mit 371 Schritten und 16 Kalorien. Die Trainings lassen sich nicht in andere Fitnessdienste übernehmen. Das versprochene Schlaf-Tracking befindet sich seit langem in einer praktisch nutzlosen Betaphase ohne Schlafzeiten und ohne Historie.

Für 45 Euro Aufpreis gibt es die HR-Versionen mit Pulssensor; er misst manuell oder einstellbar alle 5, 30 oder 120 Minuten und zeigt das Ergebnis mit dem dritten Zeiger an. Wie viel Strom das kostet, verrät der Hersteller nicht.

Die Sequent muss man wahrscheinlich wirklich nie aufladen, doch ohne Schlaftracking, Wecker und beleuchtetes Display kann man die recht dicke und schwere Uhr nachts auch gleich laden, statt beim Herumwälzen ihr Gerüttel am Arm zu spüren. Als Smartwatch geht die Sequent mit lediglich Schrittzähler, umständlicher Bedienung und rudimentärer App nur so gerade durch – keine Bezahlmöglichkeit, nur Laufen als Sportart, keine Fitnessportale, kein Etagenzähler, keine Datumsanzeige, keine Handy-Benachrichtigungen. Für kleineres Geld gibt es zum einen reine Automatikuhren, zum anderen leistungsfähigere Hybrid-Smartwatches wie Withings ScanWatch (c't 26/2020, S. 110) und Garmin Vivomove Style (c't 5/2021, S. 66). Wenn man letztere oder auch viele andere Sport-Smartwatches etwa von Amazfit, Fitbit, Garmin oder Polar nur alle paar Tage vielleicht beim Duschen lädt, laufen sie auch praktisch ewig.

(jow@ct.de)

Sequent Supercharger 2.1

Smartwatch	
Hersteller, URL	Sequent, sequentworld.com
Größe (D × H), Gewicht	4,2 cm × 1,5 cm, 68 g
Systemanf.	Android ≥ 7.0, iOS ≥ 10.3
Preis	368 €

Fliegengewicht

Die Gamingmaus M2K der deutschen Manufaktur Zaunkoenig wiegt nur 23 Gramm und ist damit aktuell die leichteste Serienmaus der Welt.

Die unscheinbare Zaunkoenig M2K aus Carbonfasern sieht aus, als habe man das Vorderteil entfernt. Da eine Ablage für die Handfläche fehlt, lässt sie sich – ganz im Sinne der Erfinder – nur mit den Fingerspitzen führen. Sondertasten gibt es nicht, nur ein 0,9 Gramm schweres Mausrad mit Keramiküberzug und hinreichend strammer Rastung.

Der Sensor der M2K (PixArt 3360) löst mit 12.000 dpi mehr als hoch genug auf, Daten kann die Maus mit einer USB-Polling-Rate von 8000 Hertz bereitstellen. Spezielle Software gibt es nicht. Um die Auflösung anzupassen, hebt man die Maus über die Lift-off-Distanz (knapp 2 mm) an und drückt 5 Sekunden lang beide Maustasten. Ein zuckender Mauszeiger signalisiert den dpi-Einstellmodus, danach erhöhen und senken Klicks auf die Maustasten die Auflösung und damit die Empfindlichkeit.

Die Maus reagiert beim Spielen sehr direkt, wegen des geringen Gewichts fällt ein hängenbleibendes Kabel aber eher auf. Dem den Pinzettengriff nicht gewohnten Tester tat nach einer halben Stunde die Hand weh, er vermisste die Handflächenablage. Die 300 Euro teure Edelmaus Zaunkoenig M2K richtet sich speziell an die Zielgruppe der Fingerspitzen-Präzisionsspieler.

(rop@ct.de)

Zaunkoenig M2K

Ultraleichte Gaming-Maus	
Hersteller, URL	Zaunkoenig, zaunkoenig.co
Abmessungen (B × T × H), Gewicht	6 cm × 7,9 cm × 2,9 cm, 23,4 g
Preis	300 €

Ryzen-Flunder

Kompakter PC-Barebone Shuttle XPC slim DA320



Der Mini-PC nimmt Athlon- und Ryzen-Prozessoren auf und eignet sich für Multimonitorsysteme, Server und Steuerrechner. Unter Last lässt sich oft aber nur ein Teil der CPU-Leistung abrufen.

Von Christian Hirsch

Das robuste Metallgehäuse und die zwei seriellen Schnittstellen zeigen, dass das Metier des Shuttle XPC slim DA320 im Industrieinsatz und bei Digital-Signage-Anwendungen liegt. Der kompakte PC-Barebone taugt aufgrund seiner drei 4K-tauglichen Display-Ausgänge und integriertem Kartenleser aber auch als Mini-rechner für den Schreibtisch. Im Unterschied zu den übrigen Geräten der Serie XPC slim, die Intel-CPUs verwenden, bietet Shuttle mit dem DA320 seit langem wieder ein System für AMD-Prozessoren an.

Im Lieferumfang befinden sich der PC-Barebone, ein externes 120-Watt-Netzteil und eine VESA-Halterung, um den Rechner beispielsweise an einer Wand oder an der Rückseite eines Monitors zu montieren. Fürs komplette System fehlen dem DA320 noch eine AM4-CPU mit integrierter GPU, Arbeitsspeicher in Form zweier SO-DIMMs, eine SSD sowie das Betriebssystem. Zwei SSDs finden in einem 2,5-Zoll-Schacht und in einen M.2-Slot Unterschlupf, der sowohl SATA- als auch PCIe-Modelle aufnimmt. Einen Prozessorkühler mit zwei 6-cm-Lüftern und Wärmeleitpaste liefert der Hersteller mit.

Weil Shuttle im DA320 den betagten A320-Chipsatz verwendet, ist die Prozessorauswahl arg eingeschränkt. Von den möglichen AMD-Prozessorserien mit integrierter Grafik laufen deshalb nur die Athlon, Ryzen 2000G und 3000G mit

veralteter Zen(+)-Architektur. Moderne Kombiprozessoren mit Zen-2- und Zen-3-Technik der Serien Ryzen 4000G und 5000G unterstützen der A320 nicht. Wir haben den Test deshalb mit 16 GByte DDR4-RAM, einer M.2-SSD sowie dem Quad-Core Ryzen 5 3400G unter Windows 10 durchgeführt. Mit einem probehalber eingebauten Ryzen 5 Pro 4650G bootete der Barebone nicht.

Ausgebremster Prozessor

Nach dem Einschalten benötigt der DA320 lediglich 14 Sekunden bis zum Windows-Desktop. An den zwei DisplayPort 1.4 und dem HDMI-2.0-Ausgang liegen drei 4K-Displays anstandslos mit 60 Hertz Wiederholrate gleichzeitig. Das kann kein anderer Mini-Barebone für AM4-Prozessoren.

Bei ruhendem Desktop schluckt der DA320 16 Watt, was vergleichsweise viel und vermutlich dem Chipsatz geschuldet ist. Der Barebone Asrock DeskMini X300 ohne Chipsatz kommt mit der Hälfte der Energie aus [1]. Akustisch fällt der DA320 bei üblichen Büro-Anwendungen hingenommen nicht auf (0,2 sone). Das ändert sich jedoch bei längerer Volllast auf allen vier Kernen des Ryzen 5 3400G, bei der die Lautstärke auf 2,7 sone klettert.

Zudem fängt die CPU dabei nach kurzer Zeit an, heftig zu drosseln und rechnet im Rendering-Benchmark Cinebench R23 rund 20 Prozent langsamer als erwartet. Ursache ist das von Shuttle herabgesetzte Temperaturlimit für den Prozessor. Statt 95 °C, wie AMD es vorsieht, dürfen Ryzen-Prozessoren im DA320 nur 75 °C heiß werden, bevor sie anfangen zu drosseln. Der Hersteller erklärte auf Nachfrage, dies diene dazu, dass das System auch bei hohen Umgebungstemperaturen von bis zu 50 Grad Celsius stabil laufe. Aus unserer Sicht wäre ein Herabsetzen der konfigurierbaren Thermal Design Power (cTDP) wesentlich eleganter. Zudem besteht im BIOS-Setup keine Möglichkeit, das Limit zu erhöhen.

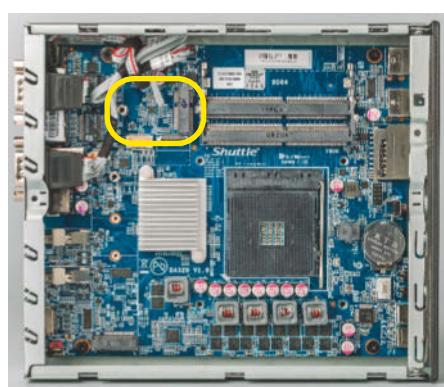
Der DA320 besitzt acht USB-Buchsen, sechs davon arbeiten mit USB-3.0-Tempo (5 GBit/s). Die rückwärtigen Buchsen sind dabei etwas schneller als die an der Front. Letztere erreichen beim Schreiben auf eine externe SSD statt der erwarteten 450 MByte/s lediglich 380 MByte/s. Die beiden Gigabit-Ethernet-Buchsen liefern volle Geschwindigkeit. Erfreulich schnell ist der verwendete Kartenleser: Statt der bei Mini-PCs oft verwendeten langsamen USB-2.0-Anbindung hängt er per PCI Express am Chipsatz und liefert 88 MByte/s.

Fazit

Der Shuttle XPC slim DA320 ist wegen seiner kompakten Abmessungen und der vielfältigen Anschlüsse für diverse Anwendungen interessant. Der Preis von 220 Euro ist der gebotenen Ausstattung angemessen.

Durch das niedrige Drossellimit büßt man aber CPU-Leistung ein und der alte A320-Chipsatz verhindert den Einsatz attraktiverer, neuer Ryzen-Prozessoren. Hier würden wir uns ein Modell mit dem A520-Nachfolger wünschen.

Wer auf einige Funktionen wie den zweiten Netzwerkanschluss, den dritten Display-Ausgang und den Kartenleser verzichten kann, bekommt alternativ mit dem



Der Shuttle XPC slim DA320 bietet Platz für ein WLAN-Kärtchen.

Asrock DeskMini X300 für 135 Euro einen kompakten Mini-Barebone, der auch für aktuelle Ryzen 4000G und 5000G taugt.
(chh@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Carsten Spille, Vorlauter Zwerg, Asrock Deskmini X300 für Ryzen 4000G, c't 22/2020, S. 76

Shuttle XPC slim DA320

kompakter PC-Barebone	
Hersteller, URL	Shuttle, shuttle.eu
Hardware-Ausstattung	
CPU-Fassung / Lüfter (Regelung)	AM4 / 2 × 6 cm (✓)
RAM (Typ / maximal)	2 × SO-DIMM (DDR4 / 32 GByte)
Grafik (-speicher)	im Prozessor integriert (vom Hauptspeicher)
Mainboard (Format) / Chipsatz	Shuttle DA320 (proprietär) / A320
Erweiterungs-Slots (Schnittstellen)	1 × M.2-2280 (SATA, PCIe 3.0 x4), 1 × M.2-2230 (PCIe 3.0 x2, USB)
Kartenleser	SD, SDHC, SDXC
Einbauschächte (frei)	1 × 2,5" (1)
Sound-Chip	Realtek ALC662
LAN (Chip, Anbindung) / TPM	2 × 1 GBit/s (Realtek RTL8111H, PCIe) / fTPM 2.0
Abmessungen (B × H × T) / Kensington-Lock	16,5 cm × 4,4 cm × 19,5 cm / ✓
Netzteil (Leistung)	AcBel ADC027, extern (120 Watt)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.0, 2 × DisplayPort 1.4, 2 × USB-A (5 GBit/s), 2 × USB 2.0 (480 MBit/s), 2 × LAN, 2 × RS-232, Pflostenstecker für Reset & Power
Anschlüsse vorn	4 × USB-A (5 GBit/s), 2 × analog Audio
Reset-Taster / 230-V-Hauptschalter	n. v. / n. v.
Lieferumfang	
Tastatur / Maus	n. v. / n. v.
Treiber-DVD / Handbuch	✓ / Kurzanleitung
Zubehör	VESA-Halterung, Wärmeleitpaste
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransferrmessungen und Geräuschenentwicklung¹	
Soft-off / Energie Sparen / Leistungsaufnahme	0,3 W / 0,8 W / 16,1 W
Volllast: CPU (Peak) / CPU und Grafik (Peak)	64 W (90 W) ² / 86 W (118 W) ²
USB-A (5 GBit/s) hinten / vorne: Lesen (Schreiben)	456 (466) / 430 (382) MByte/s
LAN 1/2: Empfangen (Senden)	119 (119) / 119 (119) MByte/s
SDXC-Card: Lesen (Schreiben)	89,0 (88,0) MByte/s
Geräuschenentwicklung: Leerlauf / Volllast (Note)	0,2 sone (⊕⊕) / 2,7 sone (⊖⊖)
CPU- / GPU-Last (Note)	2,3 sone (⊖⊖) / 2,1 sone (⊖⊖)
Funktionstests	
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar	✓ / -
Wake on LAN: Standby / Soft-Off	✓ / ✓
USB: 5 V in Soft-Off / Wecken per USB-Tastatur aus: Standby (Soft-Off)	✓ / ✓ (–)
Bootdauer bis Login	14 s
Parallelbetrieb (digitale Monitore)	DisplayPort + DisplayPort + HDMI
4K: HDMI / DisplayPort	60 Hz / 60 Hz
analog Mehrkanalton (Art) / 2. Audiomstrom	nur Stereo / n. v.
Systemleistung¹	
Cinebench R23: 1T / MT	1024 / 4033 ²
3DMark: Fire Strike	3263
Sysmark 25: Gesamtwertung / Productivity / Creativity / Responsivness	844 / 875 / 850 / 743
Bewertung	
Systemleistung: Office / Rendering / Spiele	⊕⊕ / ⊖⊖ / ⊖
Audio: Wiedergabe / Aufnahme	⊕⊕ / ⊖
Geräuschenentwicklung / Systemaufbau	⊕ / ○
Preis / Garantie	220 € / 24 Monate
✓ funktioniert – funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht	

¹ getestet mit Ryzen 5 3400G, 16 GByte DDR4-2933, 1-TByte-NVMe-SSD, Windows 10

² CPU drosselt wegen Temperaturlimit

Es gibt 10 Arten von Menschen.

iX-Leser und die anderen.



Jetzt Mini-Abo testen:
3 Hefte + Bluetooth-Tastatur
nur 16,50 €

www.iX.de/testen



www.iX.de/testen

leserservice@heise.de

49 (0)541 800 09 120

Smart würfeln

Zauberwürfel digitalisiert: GAN356 i Carry

Ein Smart Cube fühlt sich an wie ein normaler Zauberwürfel, überträgt aber jede Bewegung an eine App. Die instruiert Anfänger und hilft Profis, sich auf Turniere vorzubereiten.

Von Wilhelm Drehling

Der Zauberwürfel GAN356 i Carry spricht per Bluetooth mit der App „Cubestation“ auf dem Smartphone. Sie ermittelt über die Sensoren des Würfels dessen aktuellen Zustand und zeigt ihn auf dem Display. Bewegungen einer Ebene schneidet sie mit und zeigt diese als Animation sogar an. So kann sie Nutzern auf unterschiedliche Weisen unterstützen: Sie hilft, einen verdrehten Würfel zu ordnen, lehrt die dazu nötigen Schritte und dient Profis als Trainer – aber nur auf Englisch oder Chinesisch.

Verbinden

Um den Würfel mit der App zu verbinden, bewegt man eine der Ebenen einmal hin und wieder zurück; eine blinkende LED zeigt, dass er eingeschaltet ist. Die App erkennt den Smart Cube meistens innerhalb weniger Sekunden. Sie läuft recht flüssig, beansprucht aber den Akku des

Handys stark. Unser iPhone 8, das üblicherweise mehr als 24 Stunden durchhält, wollte im Test nach vier Stunden intensiver Nutzung ans Netzteil. Der Würfel funktioniert laut Hersteller 280 Stunden, bevor man die Batterie (CR1632) wechseln muss.

Die App lässt sich ohne Anmeldung als Guest verwenden, dann fehlen aber zum Beispiel Hinweise auf Tutorial-Videos. Die volle Funktionstiefe erschließt sich erst, wenn man in der App einen Account anlegt, der lediglich eine Mailadresse erfordert. Laut Apple Store sammelt der Hersteller keine weiteren Daten. Dennoch redet Cubestation ständig mit den Servern des Herstellers; ohne Internet-Zugriff funktioniert sie nicht.

Lösen

Die App zeigt stets im Querformat links den Würfel und rechts Hinweise oder Bedienelemente. Ein Tipp unter „Academy“ auf „AI Tutorial“ startet eine Anleitung für Anfänger. Die vermittelt Grundlagen, indem sie für jeden Schritt die auszuführende Bewegung animiert darstellt. Cubestation geht dabei sehr penibel vor; dreht man falsch, schlägt die Software eine Korrektur vor. Ziel am Ende ist es, die einzelnen Schritte der Anfänger-Methode zu erlernen.

Das Antippen von „Practice“ führt zum eigentlichen Schwerpunkt von Cubestation, den Übungshilfen. „Training“



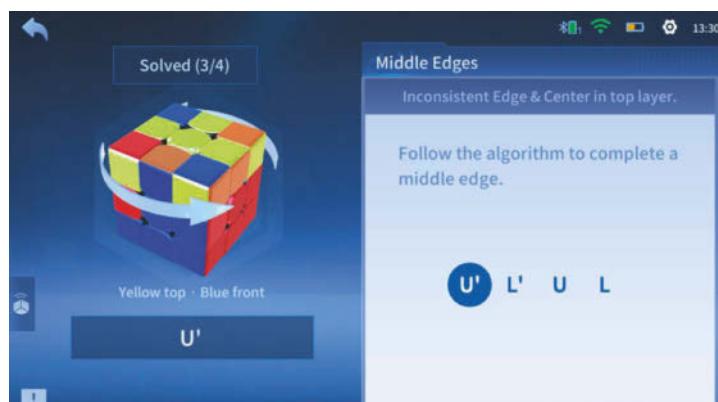
studiert bestimmte Abfolgen von Bewegungen ein (Algorithmen genannt), „Algorithms“ erweitert die Bibliothek der Bewegungsabfolgen um eigene. „Timer“ verwandelt das Smartphone in eine Stoppuhr – sie misst die Zeit von der ersten Bewegung bis zur Lösung des Würfels. Zuvor bringt man ihn mit einer vorgeschlagenen Abfolge durcheinander.

Erfolgreiche Lösungsversuche speichert die Software und zeigt eine Analyse dazu an. Den „Reconstruction“-Button dürften vor allem Profis zu schätzen wissen: Sie können so Zeiten pro Schritt und Anzahl der Bewegungen nachvollziehen – einstellbar auf unterschiedliche Lösungsmethoden. In unseren Tests arbeitete die App recht genau, lediglich in 4 von 500 Fällen funktionierte die Analyse nicht korrekt.

Fazit

Die Mechanik des Würfels ist grundsolide. Im Handling reicht er an die bei Profis beliebten Speedcube-Spitzenmodelle heran. Gleichzeitig ist der neue GAN356 i Carry einer der günstigsten Smart-Cubes. Er kostet mit knapp 40 Euro halb so viel wie der Konkurrent Rubiks Connect und der eigene Vorgänger i2 – der hatte noch ein Gyroskop zur Lageerkennung und einen fest eingebauten Akku.

Der Würfel ist aufgrund der eingebauten Elektronik nicht für Turniere zugelassen. Für Speedcuber, die sich zum Ziel gesetzt haben, den Würfel so schnell wie möglich zu lösen, rechtfertigt jedoch allein die Analyse-Funktion den Anschaffungspreis. Anfänger dagegen profitieren von der intelligenten Anleitung und einer ordentlichen Mechanik. (wid@ct.de) **ct**



Praktisch:
Die App zeigt im Tutorial-Modus mit Pfeilen jede Bewegung, die nötig ist, um den Würfel zu lösen.

GAN356 i Carry

Smart Cube	
Hersteller, URL	GAN, gancube.com
Systemanf.	iOS ab 9.0, Android ab 4.3
Sprachen	Chinesisch und Englisch
Preis	40 €

Die letzten ihrer Art

Spiegelreflexkamera Pentax K-3 Mark III

Die dritte Generation der Pentax K-3 schwingt sich zur Königin der Spiegelreflexkameras auf. Sie gehört zu den letzten ihrer Art. Konkurrenz muss sie vor allem von spiegellosen Systemkameras fürchten.

Von Peter Nonhoff-Arps und Sophia Zimmermann

Dass die Pentax K-3 Mark III in ihrer Klasse Gesellschaft bekommt, ist unwahrscheinlich, denn Spiegelreflexkameras werden rar am Markt. Unter den spiegellosen ist sie am ehesten mit der Fujifilm X-T4 zu vergleichen. Beide haben einen APS-C-Sensor mit 26 Megapixeln sowie ein staub- und spritzwassergeschütztes Magnesiumgehäuse. Mit knapp 2000 Euro setzt Ricoh Imaging für die Pentax einen stolzen Preis an. Die Fujifilm-Konkurrentin bekommt man für 1800 Euro.

Anders als die Vorgängerin muss die K-3 Mark III ohne GPS-Modul auskommen. Will man die weiterhin integrierte Astrotracer-Funktion für nachgeführte

Milchstraßenaufnahmen nutzen, muss man das GPS-Modul „Astrotracer O-GPS1“ für 200 Euro zusätzlich erwerben. Ein Ladegerät liegt der K3 Mark III nicht bei. Der Akku muss in der Kamera geladen werden.

Handhabung

Das Gehäuse der K-3 Mark III macht einen soliden Eindruck. Die Spiegelreflexkamera wiegt mehr als ihre spiegellosen Pendants und auch ihre Objektive sind etwas größer und damit schwerer.

Nach dem Einschalten grüßt ein hellgrün leuchtendes Schulterdisplay. Das rückseitige Display sitzt fest im Gehäuse, was nicht mehr zeitgemäß ist. Aufnahmen über Kopf oder in Bodennähe sind damit nur schwer möglich. Immerhin unterstützt es Touch-Bedienung. Der analoge Sucher ist groß und hell.

Die K-3 Mark III ist mit 18 Tasten reichhaltig bestückt. Hinzu kommen drei Einstellräder, ein Drehschalter für Analogsucher-, LiveView- und Video-Betrieb, ein Hebel für die AF/MF-Umschaltung, ein Joystick zur Auswahl des AF-Bereichs und das PASM-Moduswahlrad. Dank des benutzerdefinierten Menüs können Fotografinnen und Fotografen die Kamera nach ihrem Geschmack konfigurieren.

Messwerte und Bildkritik

Die Pentax K-3 Mark III erzielt mit dem Standardzoom eine gute Auflösung von 1850 Linienpaaren pro Bildhöhe – 90 Prozent des theoretisch möglichen Wertes. Mit zunehmender ISO-Empfindlichkeit nimmt die Auflösung erwartungsgemäß ab. Bei ISO 6400 sind es noch 80 Prozent. Die Dynamik liegt über den gesamten Bereich bei rund zehn Blendenstufen. Das Rauschen startet bei ISO 100 bei einem sehr guten Visual Noise (VN) von 0,7. Es steigt moderat und liegt selbst bei ISO 6400 noch bei einem akzeptablen VN von 2,2.

Die c't-Testszene gibt die Pentax K-3 Mark III bei ISO 100 sehr detailreich und mit klaren Mikrokontrasten wieder. Auch feine Farbübergänge stellt die Kamera

sauber dar. Bei ISO 6400 verschwinden im JPEG mit dem Rauschen auch nahezu sämtliche feinen Details. In der Raw-Aufnahme ist das Rauschen hingegen deutlich sichtbar, ohne dass die Details glatt gerechnet sind.

Der Bildstabilisator ermöglicht auch bei schwachem Licht verwacklungsfreie Aufnahmen. Weil der analoge Sucher der Spiegelreflexkamera keinen Strom verbraucht, kann sie deutlich mehr Fotos pro Akkuladung machen als eine Spiegellose.

Fazit

Abgesehen von der höheren Ausdauer pro Akkuladung wegen des analogen Suchers gibt es kaum noch Argumente für ein Spiegelreflexsystem. Die Pentax K-3 Mark III liegt technisch aber auf der Höhe der Zeit. Sie bietet einen Sensor der aktuellen Generation, eine sensorbasierte Bildstabilisierung und einen schnellen Autofokus. Die Bildqualität liegt gleichauf mit der spiegellosen Konkurrenz. Eingefleischte Pentax-Fotografen werden sich mit der Kamera schnell anfreunden, und auch andere DSLR-Verfechter dürften dank der flexiblen Konfigurierbarkeit schnell mit dem System klarkommen. (akr@ct.de) ct

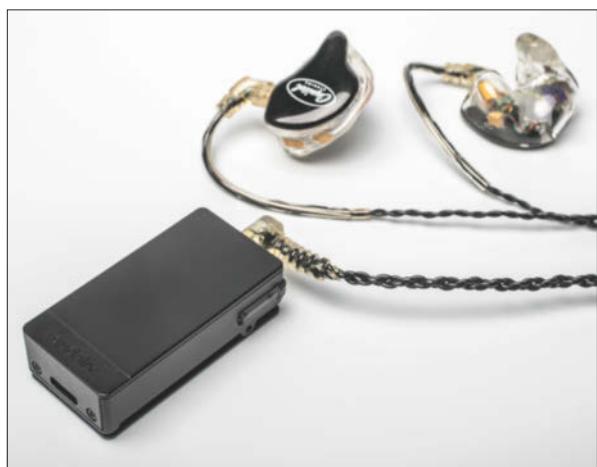
Einen ausführlichen Test dieser Kamera lesen Sie in c't Fotografie 4/2021.

Pentax K-3 Mark III

APS-C-Spiegelreflexkamera	
Hersteller, URL	Ricoh, ricoh-imaging.eu
Sensortyp	APS-C (23,3 mm × 15,5 mm), CMOS
Sensorauflösung	25,7 Megapixel (6192 × 4128)
Lichtempfindlichkeit	ISO 100 bis ISO 1.600.000
Bildstabilisierung	Sensor-shift
Autofokustyp	Phasen-Autofokus, Kontrast-AF (Liveview)
AF-Messfelder / Arbeitsbereich	101 Punkte (25 Kreuzsensoren) / ab -4 LW
kürzeste / längste Verschlusszeit	1/8000 s / 30 s, Bulb
Serienbildrate / Raw in Folge	12 B/s / 32
Videoformat	MOV (MPEG-4 AVC / H.264)
max. Videoauflösung	3840 × 2160 (30 fps)
Suchertyp / Vergrößerung	Pentaprismensucher 100 % / 1,05x
Display / Diagonale	LCD (900 × 600 Bildp.) / 8,1 cm
beweglich / Touch	– / ✓ (AF)
Speichertyp / Slots	SD (HC, XC) / 1× UHS-II, 1× UHS-I
Akku / Aufnahmen	1860 mA (Li-Ion) / 800
Gehäusematerial / wasserfest	Magnesiumlegierung / ✓
Objektiv-Bajonet / Cropfaktor	Pentax KAF2 / 1,5
Bodymaße (B × H × T) / Gewicht	135 mm × 104 mm × 74 mm / 820 g
Anschlüsse	USB 3.2 Typ-C (5 GBit/s), HDMI Typ D, Mikrofon, Fernbedienung
Wireless	WLAN, Bluetooth
Preis	2000 €



Die Pentax K-3 III kommt mit einem klassischen PASM-Moduswahlrad und einem beleuchteten Schulterdisplay.



Kompakter Klangkünstler

Kaum größer als eine 9-Volt-Batterie verwandelt der Qudelix 5K normale Kabelkopfhörer in Bluetooth-Headsets.

Der Qudelix 5K ist ein Digital-Analog-Wandler (DAC) mit eingebautem Kopfhörerverstärker. Man kann ihn via Bluetooth oder USB an Computern, Smartphones und anderen Zuspieldern betreiben, den Kopfhörer schließt man per 3,5-Millimeter-Klinke an. Dank seines eingebauten Mikrofons sind auch Telefonate möglich.

Da der Qudelix 5K USB Class Compliant ist, kann man ihn ohne zusätzliche Treiber an Computern (Linux, macOS, Windows) und Smartphones (Android, iOS) nutzen. Außerdem versteht er sich mit Nintendos Switch und Sonys PlayStation 4 und 5.

Via Bluetooth unterstützt der DAC gängige Codecs wie AAC und Sonys LDAC. Im Test lief Musik mit einer Entfernung zum Wiedergabegerät von zehn Metern und durch zwei Wände noch unterbrechungsfrei. Im Bluetooth-Betrieb erhöht sich allerdings die Ausgangslatenz von 4,3 auf 242 Millisekunden. Bei einer Filmwiedergabe muss dies der Zuspielder ausgleichen, damit Akteure lippensynchron sprechen. Das hat im Test mit einem OLED-TV von LG, einem MacBook Air und einem iPhone XS Max problemlos funktioniert.

Im Bluetooth-Betrieb übernimmt ein eingebauter Akku die Stromversorgung. Die Laufzeit variiert je nach Einstellung. Mit dem AAC-Codec, 44,1 kHz und einer eingestellten Ausgangsspannung von 2 Volt

waren im Test knapp mehr als zwölf Stunden Musikwiedergabe drin. Eine vollständige Aufladung der Akkus dauerte rund zweieinhalb Stunden.

Am Gerät lässt sich die Lautstärke über zwei Taster in 0,5-dB-Schritten anpassen. Wesentlich mehr Einstellungen erlaubt die zugehörige, kostenlose Smartphone-App (Android, iOS), die sich per Bluetooth LE mit dem Verstärker verbindet. In ihr lässt sich unter ande-

rem die Wandlerrate von 96 auf 48 oder 44,1 kHz umschalten und der Klang mit einem zehnbandigen Equalizer (wahlweise grafisch oder parametrisch) verändern. Für EQ-Werte stehen 20 Speicherplätze bereit. Der DAC merkt sich die letzte EQ-Einstellung. Ein Preset-Wechsel ist ausschließlich über die App möglich.

Über das eingebaute Mikrofon kann man telefonieren. Im Test mussten wir das schwarze Kästchen nahe an den Mund halten, damit unser Gesprächspartner uns gut verstehen konnte.

Bei den sehr guten Messwerten beeindruckt vor allem der hohe Dynamikumfang von 122 dB(A). Der Frequenzgang ist sehr linear. Im Klangtest überzeugt der DAC neben hochohmigen Kopfhörern auch mit niederohmigen In-Ears. Kopfhörer mit symmetrischem Anschluss lassen sich über eine zweite, vierpolige 2,5-mm-Klinkenbuchse anschließen. Das hat im Test zum Beispiel mit dem Ananda von Hifiman problemlos geklappt.

Der kleine Kopfhörerverstärker richtet sich an alle, die mit der Leistung des Kopfhörerausgangs ihres PCs oder Smartphones nicht zufrieden sind oder ihren Lieblingskopfhörer kabellos per Bluetooth betreiben wollen. Der Verstärker bringt selbst für hochohmige Kopfhörer genügend Leistung mit und klingt dabei auch noch richtig gut.

(des@ct.de)

Qudelix 5K

Mobilier Kopfhörerverstärker mit Bluetooth	
Hersteller, URL	Qudelix, qudelix.com
Maße / Gewicht	5,3 cm × 2,7 cm × 1,6 cm / 25 g
Anschlüsse	Bluetooth 5.1 (AAC, aptX, LDAC, SBC), USB-C, 3,5-mm-Stereoklinke, 2,5 mm symmetrische Klinke
Preis	120 €



Schnellmesswerk

Mit WizTree sieht man sehr schnell, welche Dateien und Ordner den meisten Platz auf einem Laufwerk belegen.

Die sogenannte TreeMap, mittels derer WizTree die Belegung eines Laufwerks darstellt, kennt man schon von anderen Tools wie WinDirStat oder SequoiaView: Jede Datei erscheint als Rechteck, dessen Farbe ihren Typ und dessen Fläche ihre Größe repräsentiert. Die Rechtecke eines Ordners bilden ein gemeinsames Rechteck, sodass man große Dateien und Ordner auf einen Blick erkennt.

Was WizTree von ähnlichen Werkzeugen abhebt, ist seine Geschwindigkeit auf NTFS-Laufwerken: Eine beispielhaft betrachtete, gut gefüllte System-SSD, an der WinDirStat fast anderthalb Minuten lang kaut, hat WizTree in weniger als sieben Sekunden analysiert und dargestellt. Das Kunststück gelingt dem Tool, weil es die Dateigrößen nicht ordnerweise einliest, sondern sich direkt an den internen Strukturen des Dateisystems bedient. Auf ähnliche Weise funktioniert beispielsweise auch das Dateisuchwerkzeug Everything, das für seine Geschwindigkeit gerühmt wird.

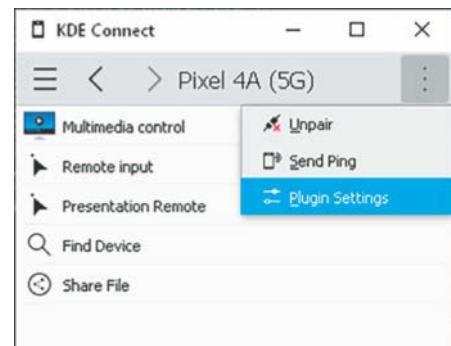
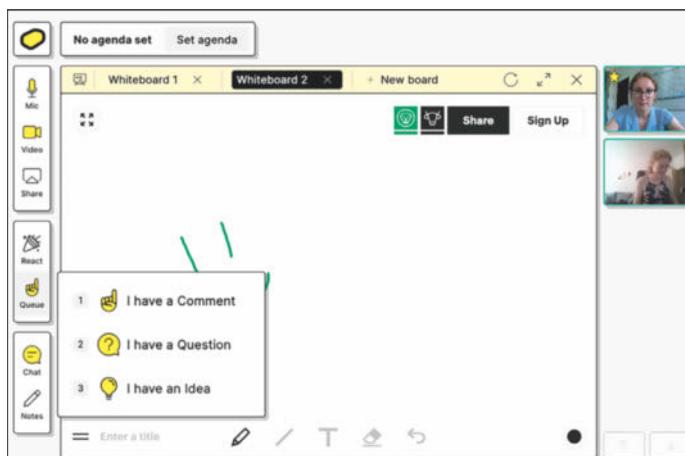
Abgerundet wird WizTree durch ausgefieilte Such-Operationen und die Möglichkeit, Ergebnisse etwa für einen Vorher-Nachher-Vergleich zu exportieren.

(hos@ct.de)

Download WizTree: ct.de/y3yu

WizTree

Dateisystem-Tool	
Hersteller, URL	Antibody Software, disk analyzer.com
Systemanf.	Windows
Preis	kostenlos für Privatgebrauch



Alles in Butter

Das Tool Butter bietet neben typischen Videokonferenzfunktionen praktische Tools für die Zusammenarbeit in virtuellen Workshops und Seminaren.

Die kostenlose Kollaborationsanwendung Butter läuft im Browser oder als Software unter Windows und macOS. Sie unterstützt bis zu 100 Teilnehmer. Lehrende halten darin Online-Seminare ab, Teams besprechen Projektphasen und Workshopleiter moderieren Webinare. Anwender können mit Butter videochatten, sich in Breakout-Räumen in kleinen Gruppen besprechen und auf Whiteboards Ideen sammeln. Außerdem sind Dienste wie Miro, YouTube und Google Drive in Butter integriert.

Veranstalter müssen sich per Mail registrieren. Alle weiteren Teilnehmer benötigen keinen Account, sondern nur einen Link, um teilzunehmen. Geladene Gäste landen zunächst in einem Warteraum und müssen „anklopfen“, um in die Besprechung zu kommen. Einen Passwortschutz gibt es für die Räume nicht. Der Veranstalter bestimmt die Farbe und Musik des Warterraums und entscheidet, ob bereits die Agenda zur Besprechung sichtbar sein soll. Vor der Besprechung kann er zudem Umfragen, sogenannte „Polls“ vorbereiten, die die Teilnehmer während des Meetings beantworten sollen.

Wer es vor Beginn der Besprechung nicht mehr geschafft hat, sich die Haare zu kämmen, kann einen Comic-Avatar auswählen und mit diesem anstelle des Webcam-Bildes teilnehmen. Veranstalter können vor- oder während des Meetings Co-Moderatoren bestimmen, die sie un-

terstützen, Besprechungen starten und Aktivitäten planen können. Praktisch ist zudem eine Warteschleifenfunktion, bei der Teilnehmer, die etwas sagen möchten, der Reihe nach drankommen. Dadurch muss sich der Veranstalter nicht mehr die Reihenfolge der Wortmeldungen merken und vergisst niemanden.

Die Webanwendung von Butter läuft in allen gängigen Browsern. In unserem Test flackerten bei Safari allerdings einige Bedienelemente und ließen sich nicht anklicken. Unter Chrome und Firefox gab es keine Probleme.

Chatprotokolle, Umfrageergebnisse und Whiteboard-Aufzeichnungen landen nach der Besprechung auf dem Dashboard des Veranstalters. Aus Datenschutzgründen muss dieser die Teilnehmer zuvor darüber informieren und ihre Zustimmung zur Speicherung der Daten einholen. Alte Besprechungen können zudem jederzeit fortgesetzt werden und sind auf den Servern des europäischen Anbieters gespeichert. Allerdings kommen laut Datenschutzerklärung Dienste von US-amerikanischen Anbietern wie Daily zum Einsatz. Rund ein Jahr nach dem Schrems-II-Urteil des EuGH gilt nach wie vor, dass ein Einsatz von Software, die EU-fremde Anbieter einbindet, für den datenschutzrechtlich verantwortlichen Veranstalter potenziell risikobehaftet ist. Bislang ist Butter kostenlos nutzbar. Der Hersteller plant aber, langfristig ein Bezahlmodell einzuführen.

(kim@ct.de)

Butter

Kollaborations-Tool

Hersteller, URL	MeetButter, butter.us
Systemanf.	macOS, Windows, Browser
Preis	kostenlos

Offen verbunden

Das quelloffene KDE Connect verbindet Smartphones mit Linux- oder Windows-PCs sowie mit Macs.

KDE Connect macht Smartphones mit Android, Plasma Mobile oder Sailfish OS zum virtuellen Zeigegerät für Präsentationen und zur kabellosen Tastatur und Maus für den Wohnzimmer-PC. Aber auch der umgekehrte Weg funktioniert: Die Software holt Smartphone-Benachrichtigungen auf den Desktop und man kann von dort aus SMS verschicken. Der Dateiaustausch funktioniert in beide Richtungen. Auch kann man mit der PC-App das Handy klingeln lassen – praktisch, wenn man es verlegt hat. Was KDE Connect nicht kann, ist den Bildschirm des verbundenen Gerätes anzuzeigen. Wer so etwas sucht, wird bei AirDroid oder ClockworkMod Vysor fündig.

Bislang auf dem Desktop nur für Linux verfügbar, gibts es KDE Connect nun auch als Betaversion für Windows und macOS; für letzteres muss man es selbst kompilieren. Anders als das Installationspaket in Form einer EXE-Datei spricht die Windows-Version aus dem Store (via dot.kde.org) bislang nur Englisch, ist aber funktional überlegen: Nur sie bringt das Taskleisten-Icon mit, über das der SMS-Zugriff aufrufbar ist. Die Android-Version gibts im Google Play Store und auf F-Droid. (jss@ct.de)

KDE Connect

Smartphone-PC-Verbindungssoftware

Hersteller, URL	KDE-Community, kdeconnect.kde.org
Systemanf.	PC: Linux, macOS, Windows Smartphone: Android, Plasma Mobile, SailfishOS
Preis	kostenlos, Open Source

Aufgeräumte Pinselkiste

Malprogramm Corel Painter 2022

Corel versucht beim in die Jahre gekommenen Malprogramm Painter, alte Zöpfe zu kappen und mit Newcomern wie Krita und Rebelle gleichzuziehen. Der Weg dahin ist jedoch lang.

Von Gerald Himmlein

Wie kein anderes Grafikprogramm hat sich Corel Painter der realistischen Wiedergabe klassischer Malwerkzeuge verschrieben: Wasserfarben verlaufen, Ölfarben schmieren, Tinte zerfließt. Vieles davon machen andere Programme inzwischen erfolgreich nach, doch die umfangreichste Simulation natürlicher Malutensilien bietet nach wie vor Painter.

Schon länger beklagen Anwender, dass dauernd neue Features hinzugefügt werden, statt das Gebotene zugänglicher zu machen. Mit Painter 2022 erfüllt Corel jetzt diesen Wunsch und macht Hausputz.

Bot die Vorversion noch 875 Malwerkzeuge, sind es jetzt „nur“ noch 680 Stück. Willkommen ist insbesondere die Umgruppierung, denn statt der 38 jeweils überfrachteten Kategorien in der Vorgängerversion sind es jetzt 51 mit überschaubarer Auswahl. Vielgenutzte Malwerkzeuge lassen als Favoriten markieren (endlich!) und nach Ebenentyp filtern.

Bessere Ebenensteuerung

Ebenen unterstützen jetzt die aus Programmen wie Photoshop bekannten Verrechnungsmodi „Farbig abwedeln“ und „Farbig nachbelichten“. Sie lassen sich gemeinsam sperren und im Ebenenstapel verschieben. Alle Ebenen bis auf eine kann man ausblenden (Alt+Klick) und den Inhalt einer Ebene mit einer Taste löschen (Entfernen oder Rückschritt).

Weiche Malwerkzeuge erzeugen deutlich glattere Übergänge als zuvor. Kreiden verschmieren dank des neuen Modus „Verbessert deckend“ etwas realistischer.

Mit 42 Einstellungspalette bot schon die Vorversion mehr Möglichkeiten zur Verfeinerung der Malwerkzeuge als jeder

Konkurrent. In Painter 2022 kommen noch zwei Paletten dazu. Die erste heißt „Größen-Bibliothek“ und bietet eine direkte Auswahl gebräuchlicher Werkzeugstärken – das kann die Konkurrenz allerdings schon seit Jahren. Auch die „Bildteil“-Palette ist eher ein Nachzügler: Endlich kann man bei Bitmap-basierenden Werkzeugen direkt andere Borstenmuster auswählen und neue Spitzen definieren.

Wust an Schwebepaletten

Durch die langjährige Vernachlässigung der Oberfläche hat Painter enormen Nachholbedarf. Der weiterhin unübersichtliche Wust an Schwebepaletten überfordert Anfänger ebenso wie manchen erfahrenen Nutzer. Bei den jetzt auf 44 Paletten verteilten Pinseleinstellungen kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, dass sie nur deshalb so wuchern, damit die Kundschaft nichts findet, und im In-App-Shop zusätzliche Pinselpakete für je 33 Euro erwirbt.

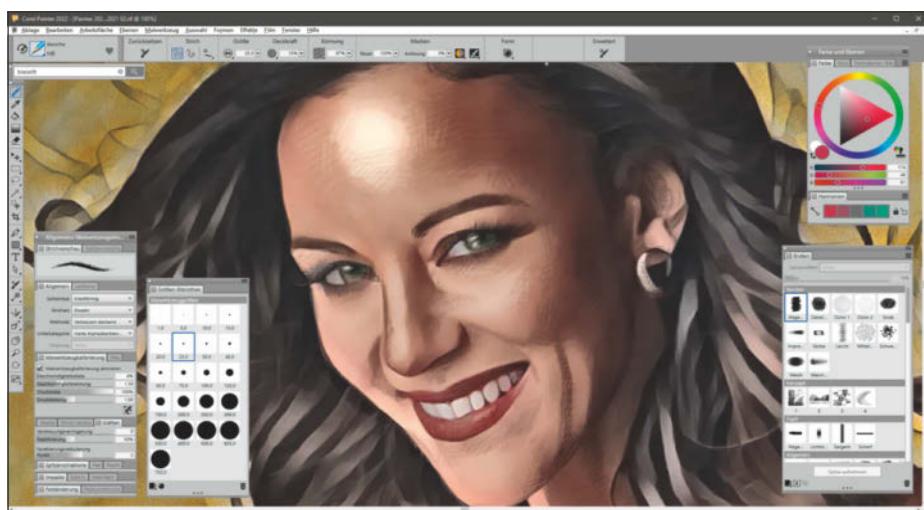
Darüber hinaus fehlt die Möglichkeit, das Dokument ohne Verluste horizontal zu spiegeln – derzeit macht dieser Schritt Spezialebenen kaputt, beispielsweise dicke Farbe, Aquarell oder Tinte. Bei den Einstellungsebenen hängt Painter hinterher, eine Farbhistorie fehlt ebenso.

Fazit

Insgesamt setzt Painter 2022 die richtigen Signale. Die von den Entwicklern eingeschlagene Route mag überzeugen, doch das Ziel scheint noch in weiter Ferne: ein Painter, der seiner Konkurrenz wieder selbstbewusst zeigen kann, wo der Hammer hängt.

Angesichts des rapide wachsenden Funktionsumfangs junger Konkurrenten wie Clip Studio Paint, Krita und Rebelle erscheinen die Verkaufs- und Upgrade-Preise deutlich überzogen. Wer Painter nicht kennt, sollte daher unbedingt eine Probefahrt machen: Der Testzeitraum von 16 Tagen ist zwar etwas knapp bemessen, um mit der Software richtig warm zu werden, doch beim Ausprobieren fällt es schwer, vom Gebotenen nicht beeindruckt zu sein.

(akr@ct.de) ct

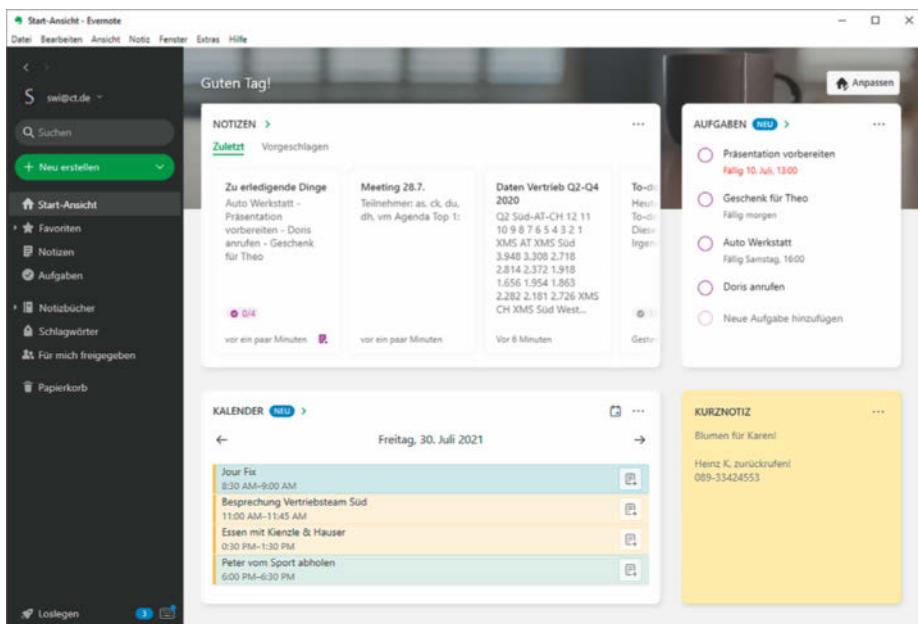


Schmierende Malwerkzeuge wie hier der Conté-Schaber verwischen Farben jetzt deutlich realistischer als zuvor.

Corel Painter 2022

Mal- und Zeichenprogramm

Hersteller, URL	Corel, corel.com/de
Systemanf.	Windows 10 (64 Bit), macOS 11.0 oder macOS ab 10.15
Preis	424,95 € (Upgrade 218,95 €)



Kurswechsel

Evernote 10: Neue Funktionen, neue Abomodelle, neue Ausrichtung

Evernote will sich durch Kalendereinbindung und Aufgabenplaner vom Notizprogramm zum All-in-One-Produktivitäts- und Planungstool erheben. Klappt das?

Von Stefan Wischner

Bei ihrer Einführung wurde Version 10 des populären Notizprogramms Evernote von vielen Stammnutzern kritisiert, insbesondere weil die Entwickler zahlreiche Funktionen entfernt hatten (siehe Test in c't 3/2021, S. 76). Nun führt der Hersteller andere Funktionen ein, die das Programm vom Infosammler zum kompletten Produktivitätswerkzeug befördern sollen.

Schon vor einigen Monaten in einer offenen Beta vorgestellt und nun offiziell enthalten ist die Startseite, die als persönliches Dashboard dient. Darauf lassen sich unterschiedliche Widgets platzieren, etwa Listen der zuletzt bearbeiteten oder hinzugefügten Notizseiten, eine Post-It-artige

Schnellnotiz und dauerhaft angepinnte Notizseiten. Jedoch können nur Abonnenten Inhalt und Layout der Startseite anpassen.

Neue To-Do-Listen

Der neue integrierte Aufgabenplaner will dedizierte To-do-Programme ersetzen (siehe c't 14/2021, S. 104). Zwar gab es auch schon in früheren Evernote-Versionen Kästchen zum Ankreuzen und eine Erinnerungsfunktion, aber letztere konnte sich nur auf komplett Notizseiten beziehen. Das taugte kaum als vollwertiger Aufgabenplaner.

Jetzt gibt es echte Aufgaben als eigene Objekte mit Attributen wie Fälligkeitsdatum und Markierungs-Flag. Sie lassen sich in beliebigen Notizen anlegen; eine vom Hauptmenü erreichbare Übersicht fasst alle Aufgaben von allen Seiten zusammen und gruppiert sie nach den jeweiligen Seitentiteln. Das ist vor allem für Umsteiger von einem anderen To-do-Programm etwas gewöhnungsbedürftig, kann mit entsprechend angepasster Organisation aber durchaus sinnvoll sein. Leider bleiben Erinnerungen, Flags und Fälligkeitstermine zahlenden Abonnenten vorbehalten.

Terminkalender light

Letzteres gilt auch für die neu hinzugekommene Kalenderfunktion. Im Unterschied zum Aufgabenplaner haben die Entwickler jedoch keinen eigenen Kalender implementiert, sondern lediglich die Verbindung zu einem externen Dienst. Bislang funktioniert die lediglich mit dem Google Kalender; Unterstützung für Outlook (voraussichtlich Outlook.com) ist immerhin angekündigt, von anderen Kalenderdiensten ist noch keine Rede.

Der Kalender lässt sich als Widget auf dem Dashboard anzeigen, jedoch nur in einer blätterbaren Tagesansicht. Zu jedem Termineintrag kann man eine Evernote-Notizseite anlegen. Jedoch ist es nicht möglich, in Evernote Kalendereinträge zu bearbeiten oder hinzuzufügen; dazu muss die Webseite des Kalenderdienstes oder ein anderes Programm, mit dem sich der Google-Kalender bearbeiten lässt, bemüht werden.

Außerdem ändert Evernote die Abo-Modelle: Die kostenlose Version heißt jetzt „Free“ (vormals „Basic“) und erlaubt nur eine eingeschränkte Nutzung von Aufgabenplaner und Dashboard. Aus „Premium“ wird „Personal“, die Variante ergänzt Kalender, erweiterte To-do-Listen und anpassbare Startseite. Neu hinzugekommen ist das noch etwas teurere „Professional“-Abo, das zusätzlich eine Boole'sche Suche, PDF-Export und die Einbindung mehrerer Kalender bietet.

Fazit

Die neuen Aufgabenplanungsfunktionen werten Evernote für Nutzer auf, die das Programm für die Projekt- und Tagesplanung einsetzen. Die Kalenderintegration finden wir hingegen wegen der fehlenden Bearbeitungsfunktion, fehlender Übersichten und der derzeitigen Beschränkung auf Google Kalender noch viel zu schwach. Wer Evernote mehr als Dokumenten- und Informationsverwaltung schätzt und mit dem Funktionsschwund und der mäßigen Performance der 10er Version hadert, wird weiter auf die vom Hersteller versprochene Besserung hoffen müssen. (swi@ct.de) ct

Evernote 10

Notizprogramm	
Hersteller, URL	Evernote, evernote.com
Systemanf.	Windows ab 10, macOS ab 10.14, iOS ab 13.2, Android vorläufig nur ab 10
Preise	kostenlos (Free), 6,99 € / Monat (Personal), 8,99 € / Monat (Professional), Jahresabos günstiger



Bild: Kölnmesse GmbH / gamescom 2019 / Thomas Kleix

Die neue Normalität

Die Gamescom öffnet ihre virtuellen Pforten

Die größte Spielemesse der Welt findet coronabedingt schon zum zweiten Mal nicht in Köln, sondern im Internet statt. Vom 25. bis 27. August 2021 erlaubt die Gamescom einen Blick auf die Trends der Spielebranche. Die wird zunehmend von der Politik gefördert – und zieht vielleicht selbst bald in die Cloud.

Von Daniel Ziegner

Wer einen Beleg für die Bedeutung der Gamescom sucht, braucht sich nur die Zahlen anzuschauen: Vor der Coronapandemie kamen 373.000 Besucher-

rinnen und Besucher nach Köln, um sich Trailer anzuschauen, Demos anzuspielen und Fanartikel zu kaufen. Längst ist die Gamescom nicht mehr bloß Europas wichtigste Spielemesse, sondern bezeichnet sich selbst – zumindest der Besucherzahl nach – sogar als die weltweit größte. In diesem Jahr findet sie vom 25. bis 27. August 2021 coronabedingt erneut rein digital statt. Also werden sich auch diesmal keine Menschenmassen durch die Flure der Kölner Messehallen drängeln. Dafür warten neugierige Spieldenkmäler vor den heimischen Bildschirmen auf die Neuerungen der Branche, die per Livestream verkündet werden.

Nicht nur Fans haben die Bedeutung der Gamescom erkannt. In den vergangenen Jahren wurde die Messe immer wieder von einflussreichen Amtsträgern wie Angela Merkel, Dorothee Bär oder Andreas

Scheuer eröffnet. Wie die Bundeskanzlerin selbst bereits 2017 sagte: „Computer- und Videospiele sind als Kulturgut, als Innovationsmotor und als Wirtschaftsfaktor von allergrößter Bedeutung“, auch für die Politik. Die Branche hat sich vom gerade hierzulande lange belächelten Nischenthema – man erinnere sich nur an die Killerspieldebatte am Ende der 2000er-Jahre – zu einer stetig wachsenden Unterhaltungsindustrie entwickelt.

Weder Jungs- noch Kinderkram

„Games haben sich längst zum weltweit erfolgreichsten Medium entwickelt“, sagt

Digitale Spielemesse	Seite 84
Gaming-Notebooks	Seite 90
Grafikkartenkauf	Seite 98
FAQ: Gaming-Hardware	Seite 100

Felix Falk. Der Vorsitzende des deutschen Branchenverbandes game ist mit dieser Entwicklung hochzufrieden. Mehr als 8,5 Milliarden Euro wurden allein in Deutschland im Jahr 2020 umgesetzt, satte zwei Milliarden mehr als im Vorjahr. Damit erübrigts sich endlich die Phrase vom Ankommen der Videospiele in der „Mitte der Gesellschaft“.

Videospiele sind „die neue Normalität“, das verkünden die Veranstalter der Gamescom selbstbewusst im diesjährigen Motto. Und die Statistiken geben ihnen recht: Laut einer Erhebung des Marktforschungsinstituts GfK spielen mehr als die Hälfte aller Deutschen in ihrer Freizeit, quer durch alle demografischen Schichten. Das Publikum teilt sich etwa halb und halb in Frauen und Männer, der Bildungsgrad spielt keine große Rolle und das Durchschnittsalter stieg auf mittlerweile 37 Jahre an. Spiele sind 2021 weder Jungs- noch Kinderkram.

Entsprechend zugenommen hat die Kaufkraft. Besonders während der Pandemie haben die Deutschen noch mal tiefer in die Tasche gegriffen. Allein die Umsätze für neue Hardware sind um 26 Prozent im Vergleich zu 2019 angestiegen. Nicht zuletzt, weil davon jede Menge neu erschienen ist.

Holpriger Start in die nächste Generation

Ein wichtiger Meilenstein für die gesamte Videospielindustrie sind die neuen Hardwaregenerationen der großen Konsolenersteller. Anders als etwa bei Apples iPhone gibt es keine jährlichen Updates. Jeder Wechsel im Produktzyklus von Nintendo, Sony und Microsoft ist deshalb ein großes Event – und so eines fand passend zum vergangenen Weihnachtsgeschäft statt.

Den Anfang machte in den 70er-Jahren die erste Konsolengeneration mit Ataris Pong und seinen Klonen, inzwischen sind die Hersteller bei der neunten Generation angelangt. Microsofts Xbox Series X und Sonys PlayStation 5 sollen ihre Vorgängermodelle ablösen. Mit den simplen Elektronikspielzeugen aus den Anfangstagen haben moderne Spielekonsole nichts mehr zu tun, die neuen Geräte sind Hochleistungscomputer mit AMD-Zen-Architektur und zehn beziehungsweise zwölf TFlops Rechenleistung.

Die „Next Gen“ mag zwar Hightech sein, hat aber trotzdem einen holprigen Start hingelegt. Nach wie vor kommt es zu

Lieferschwierigkeiten, da die anhaltende Chip-Knappheit eingeschränkte Produktionskapazitäten zur Folge hat. Solange die Nachfrage größer ist als der Nachschub, muss sich manch ein zukunftsorientierter Gamer nach wie vor mit einem Platz auf der Warteliste eines Elektronikfachmarkts begnügen. Wer eins der begehrten Geräte ergattern kann – oder vielleicht einen mit aktueller Grafikkarte ausgestatteten PC sein Eigen nennt – kommt in den Genuss von Auflösungen jenseits von 4K und Grafikspielereien wie Raytracing. Dabei werden Lichtstrahlen in Echtzeit simuliert und erzeugen so besonders realitätsnahe Szenen. Gaming-Notebooks, die Raytracing beherrschen, stellen wir ab Seite 90 vor. Worauf Sie beim Grafikkartenkauf achten sollten, beschreibt der Artikel ab Seite 98. Wo sich die Investition in neue Hardware lohnt und was überflüssig ist, beantwortet die FAQ ab Seite 100.

Auch auf der Spieleseite ist der Wechsel zur neuen Konsolengeneration nicht gut gelaufen – beispielsweise beim jahrelang sehnstüchtig erwarteten Cyberpunk 2077. Das Science-Fiction-Rollenspiel des polnischen Entwicklers CD Projekt wurde seit seiner Ankündigung im Jahr 2012 von Fans und Medien gleichermaßen gehypt. Mit dem vielfach ausgezeichneten Spiel The Witcher III hatte das Studio 2015 selbst die Latte hoch gelegt. Doch statt die neue Videospielgeneration mit einem furiösen Meisterwerk einzuläuten, stolperte der Titel von Bugs geplagt auf die Konsole der letzten Generation. Nach Kundenbeschwerden flog das Spiel des polnischen

Studios zeitweise sogar aus dem PlayStation Store; das Cyberpunk-2077-Update für PlayStation 5 und Xbox Series X ist erst für den Herbst geplant. Wirklich glatt lief der Generationenwechsel also weder auf Seiten der Hardware noch der Software.

Deutschland bleibt Spiele-Entwicklungsland

Trotz der Startschwierigkeiten sind die Verkaufszahlen von Xbox Series X und PlayStation 5 einige Monate nach dem Launch gleichauf mit denen der Vorgängergeneration. „Das Plus von 32 Prozent auf insgesamt 8,5 Milliarden Euro in Deutschland lässt sich dabei natürlich auch auf die Lockdown-Phasen und die dadurch gestiegene Nachfrage zurückführen“, erklärt Felix Falk vom game das Umsatzplus des gesamten Marktes. Videospiele konnten von den weggefallenen Alternativen wie Kino und Konzertbesuchen profitieren.

Zumindest gilt das für Produktionen aus dem Ausland. Der Anteil inländischer Unternehmen stagniert hingegen seit Jahren bei vier bis fünf Prozent der in Deutschland gemachten Umsätze. Die Gewinner des Deutschen Computerspielpreises tauchen nach wie vor nur selten in den Verkaufscharts auf. Unter den 20 meistverkauften Spielen war im Jahr 2020 nur eine einzige Entwicklung aus dem deutschsprachigen Raum: der in der Schweiz entstandene Landwirtschaftssimulator 19. Und selbst hierzulande populäre Titel wie Anno, The Surge, Elex oder Desperados tun sich international oft schwer.



Cyberpunk 2077 überzeugte mit einer komplexen Spielwelt und überragender Grafik. Doch bei Veröffentlichung hagelte es wegen vieler Bugs und mangelnder Performance Kritik für CD Projekt.



Das Nachwuchsstudio Toukana Interactive wurde für sein Aufbau-Puzzlespiel Dorfromantik mit dem Preis für das beste Game-Design beim Deutschen Computerspielpreis ausgezeichnet.

Felix Falk sieht die Schuld dafür nicht zuletzt bei genau den Politikern, die sich so gern auf der Gamescom ablichten lassen. „Hätte die Politik den Games-Standort wie andere Länder auch schon früher gefördert, so könnten deutsche Unternehmen von diesem Sonderfaktor jetzt stärker profitieren“, sagt er rückblickend auf das vergangene Rekordjahr. Das lange geforderte bundesweite Förderprogramm für die Spieleentwicklung ist erst Ende 2020 angelaufen. „Doch besser spät als nie“, so Falk. In den kommenden Jahren will der Bund 250 Millionen Euro in die Branche investieren [1].

Internationale Übernahmen

Die Wirtschaftsförderung ist aus Sicht von Falk notwendig, um mit anderen Standorten mithalten zu können. „Nachhaltige Effekte der Förderung werden sich jedoch erst in den kommenden Jahren einstellen – sofern wir auch weiterhin die Rahmenbedingungen für die Spieleentwicklung in Deutschland stärken“, sagt er. „Dennoch ist der Einstieg in die Games-Förderung der wichtigste Baustein, um den Marktanteil deutscher Spieleentwicklungen nachhaltig wachsen zu lassen.“

Der globalisierte Markt rückt dabei immer enger zusammen. Microsoft kaufte zuletzt zahlreiche Studios, darunter den Skyrim- und Fallout-Entwickler Bethesda sowie Double Fine, die Firma von Monkey-Island-Legende Tim Schafer. Auch Tencent betätigt sich fleißig als Investor – unter anderem bei deutschen Unternehmen. Einem Gerücht zufolge hat der chi-

nesische Konzern nach einer Mehrheitsbeteiligung am Berliner Studio Yager Development ein Auge auf den Shooter-Entwickler Crytek aus Frankfurt geworfen. Piranha Bytes aus Essen, die Entwickler von Gothic und Elex, wurden gerade erst von THQ Nordic aufgekauft, die wiederum zur schwedischen Embracer Group gehören. Und die Siedler- und Anno-Macher von Blue Byte gehören schon länger dem französischen Unternehmen Ubisoft.

„Immer mehr nationale Anbieter werden von internationalen Konzernen übernommen“, befürchtet Felix Falk. „Diese Form der Internationalisierung [...]

erhöht auch den Wettbewerbsdruck auf rein nationale Unternehmen, denen finanzielle Ressourcen und internationale Strukturen nicht in der Form zur Verfügung stehen.“ Damit deutsche Unternehmen auf dem Weltmarkt bestehen können, seien weitere Investitionen nötig.

Indie-Games: Messe als Multiplayer-Game

In Deutschland sind durchaus erfolgreiche Unternehmen ansässig. Allerdings konzentrieren sie sich auf die Märkte für Mobile- und Browser-Spiele. InnoGames, BigPoint und Goodgame Studios in Hamburg sowie Kolibri Games und Wooga in Berlin machen einen großen Anteil der knapp 12.000 hierzulande in der Spielebranche Beschäftigten aus. Gerade mittlere und kleine Unternehmen können von einer finanziellen Förderung profitieren. Auf regionaler Ebene gibt es schon länger Programme wie GameCity Hamburg, die Games-Förderung in Nordrhein-Westfalen oder das Medienboard Berlin-Brandenburg, die auch Start-ups unter die Arme greifen wollen. Denn die Spieleentwicklung ist zugänglicher und durchlässiger denn je. Den Studiengang Game Design gibt es mittlerweile an Universitäten in ganz Deutschland. Viele Absolventen wagen sich nach dem Abschluss direkt in die Selbstständigkeit.

Sie landen auf einem umkämpften Markt. Allein bei Steam, der größten Vertriebsplattform für PC-Spiele auf Windows, macOS und Linux, erschienen 2020



Bild: Indie Arena Booth

Auf dem digitalen Messestand von Curious Expedition 2 in der Indie Arena Booth 2020 konnten Spielefans eine Demo anspielen, das Team kontaktieren und sich informieren.

**"Kleiner PS5- und
XBOX Series X-Killer"**

PC Games Hardware.de

**"You're going to
love MAGNUS ONE"**

Gadgetoid.com

**"Kleiner als die
neue PS5 oder Xbox
Series X Konsole"**

Gameswelt.de

**"This is some
greate engineering"**

Techradar.com

**"Eine echte Alternative
für Gamer"**

Gamestar.de

**"An eye-catcher
even without RGB"**

Notebookcheck.com



MAGNUS ONE

THE ULTRA COMPACT GAMING PC

**8.3
LITERS**Kleiner und schneller
als eine Konsole**8K
READY**Bis zu 8K
Videostream**EASY
UPGRADE**Einfacher Zugriff
auf die Hardware**UP TO 3
SSDS**Bis zu 3 SSDs
+ Intel Optane
Support**UP TO
64GB**Unterstützt bis zu
64GB DDR4**80+
PLATINUM**500W 80+ Platinum
Netzteil

ECM73070C Barebone

Intel® Core™ i7-10700 8-Core Prozessor
ZOTAC GAMING GeForce RTX™ 3070 8GB

ECM53060C Barebone

Intel® Core™ i5-10400 6-Core Prozessor
ZOTAC GAMING GeForce RTX™ 3060 12GB

WEITERE SPEZIFIKATIONEN

Bis zu 64GB DDR4-SODIMM Arbeitsspeicher
2x M.2 PCIe x4 SSD Slot (1x Intel Optane Support)
1x 2.5" SATA 6.0 Gbps HDD/SSD Bay
1x HDMI 2.1, 3x DisplayPort 1.4a (Grafikkarte)
1x HDMI 1.4 (Mainboard)
4x USB 3.1 GEN2, 4x USB 3.0 (1x Type-C)



mehr als 10.000 neue Titel. Darunter sind große Titel etablierter Publisher, aber vor allem Indie-Games teils winziger Teams. Die schiere Menge prägte den panischen Begriff der „Indiepocalypse“, der einen durch Indie-Spiele übersättigten Spielemarkt beschreibt. Das Massensterben blieb jedoch aus. Dennoch ist es zwar leicht, ein Spiel zu veröffentlichen, aber schwer, aus der Masse hervorzustechen.

Auf der Gamescom tun sich in der Indie Arena Booth Jahr für Jahr die Kleinen zusammen, um trotz hoher Standmieten ihr Spiel dem Publikum zu präsentieren. Während der Pandemie muss auch dieser Teil der Messe im Internet stattfinden. Vom 25. bis 29. August 2021 werden die Indie-Teams über 120 Indie-Games gemeinsam präsentieren. Darunter bereits veröffentlichte Titel wie der entspannte Puzzler Dorfromantik und das postapokalyptische Rollenspiel Death Trash ebenso wie noch unfertige Projekte, beispielsweise die bunte Dating-Sim Kraken Academy oder der Sidescroller A Jugglers Tale. Wenn das Lineup eines zeigt, dann, dass

deutsche Spielestudios mehr können, als wuselige Aufbauspiele und Free-to-Play-Spiele fürs Handy zu entwickeln.

Betreiber der Indie Arena Booth ist Super Crowd aus Hamburg. Das Event-Unternehmen konnte bei der digitalen Gamescom nicht auf das Laufpublikum der Messemassen hoffen. Innerhalb weniger Monate entwickelte Super Crowd daher das X5 Framework – einen digitalen Messestand, der selbst an ein Videospiel erinnert. Der Messebesuch wird damit zum Multiplayer-Game, bei dem man mit Cartoon-Avataren im Browser interagieren, die Messestände abklappern, Game-Demos anspielen, Videostreams anschauen oder kleine Quests lösen kann. Die diesjährige Indie Arena Booth wird als spielbare RPG-Welt mit dem Titel „Summercamp of Doom“ auf Spielefans aus aller Welt warten, die hier Themenwelten erkunden und mit Indie-Studios interagieren können.

Die digitale Indie-Bude kam beim Publikum so gut an, dass Super Crowd mit seinem Framework in diesem Jahr nicht

nur erneut auf die Gamescom zurückkehrt, sondern mittlerweile auch die Plattformen für die E-Sport-Convention DreamHack oder die Hamburg Game Conference stellt. Für die Indie Arena Booth Online gab es 2020 sogar den Sonderpreis der Jury beim Deutschen Computerspielpreis. Nicht nur deutsche Indie-Spiele können also kreativ und innovativ sein, sondern auch die Technik um sie herum.

Zukunft in den Wolken

Derweil deutet sich ein weiterer Trend an, der eine zehnte Konsolengeneration überflüssig machen könnte: das Cloudgaming. Was in anderen Bereichen dank Netflix, Spotify, Amazon Prime Video und Apple TV+ längst Standard ist, war für Videospiele bisher kaum möglich. Die Datenn Mengen waren zu groß, die Internetleitungen zu schlecht und die Latenz zu hoch, um ein flüssiges Spielerlebnis zu ermöglichen. Bei längst aufgelösten Start-ups wie OnLive oder Gaikai klang das vor zehn Jahren noch wie Zukunftsmusik. Heute ist die Technik reif für den Mainstream.

Cloudgaming-Anbieter wie Google Stadia oder Nvidia GeForce Now lagern die zum Spielen benötigten TFlops an Rechenleistung in eine Serverfarm aus. Das Ergebnis wird per Videostream auf das Endgerät geschickt. So lässt sich das anspruchsvolle Cyberpunk 2077 mit eingeschaltetem Raytracing sogar auf einem iPad ruckelfrei erleben. Noch ist das Cloudgaming eine Randerscheinung. Selbst die Anbieter betrachten es eher als Ergänzung zum Gaming-PC oder zur Next-Gen-Konsole. Wie viel sich die Industrie vom Streaming erhofft, zeigt aber schon die Vielzahl der Anbieter: Amazon, Google, Sony und Microsoft – alle Internetkonzerne wollen sich schon jetzt ein Stück vom zukünftigen Kuchen sichern.

Dass ein deutsches Unternehmen diesem Markt mehr als fünf Prozent der Umsätze abringen kann, ist unwahrscheinlich. Die Deutsche Telekom will es zumindest versuchen. Der bislang nur in Deutschland und Polen verfügbare Cloudgaming-Dienst MagentaGaming bietet derzeit vor allem Spiele aus dem eigenen Heimatland an. „Die deutschen Publisher waren uns gegenüber extrem aufgeschlossen“, sagt Dominik Lauf von der Telekom. Er leitet das Projekt, das in Zukunft als Anwendungsfall für die schnellen 5G-Mobilfunknetze dienen soll. „Dadurch, dass alles live funktionieren muss und du wirklich ein



Cosplay am Stand von „Minute of Islands“ bei der Gamescom 2019: Bunte Kostüme gibt es in diesem Jahr im digitalen Cosplay Village per Livestream.

stabiles Netz brauchst, können wir uns hier differenzieren“, sagt er.

Die Vorhersagen für die neue Technologie sind positiv: Verschiedene Analysten sagen ein steiles Wachstum voraus. Das könnte einen großen Umbruch für die Spielebranche bringen. Spätestens die breite Verfügbarkeit von 5G-Netzen könnten so die Grenzen zwischen Spielekonsole, Handheld und Smartphone verwischen – denn laufen die Spiele erst in der Cloud, wird das Endgerät austauschbar. Einen schnellen Gaming-PC braucht man dann in vielen Fällen nicht mehr und damit auch keine knappen Chips und teuren Grafikkarten.

In der neuen Normalität bleibt alles anders

Es ist beinahe egal, welche Kennzahl der Spieleindustrie man sich anschaut, sie alle kennen nur eine Richtung: steil nach oben. Wie die Branche in ein paar Jahren aussehen wird, ist dennoch schwer zu sagen. Nur eins ist klar: Sie wird anders aussehen. Während die Konsolen mit dem Chipman-

gel zu kämpfen hatten, wird das Streaming aus der Cloud zur praktikablen Alternative und könnte die heimische Hardware schon bald zum Anachronismus und Spiele für ganz neue Zielgruppen zugänglich machen.

Laut Felix Falk wird in absehbarer Zeit global jeder dritte Mensch digitale Games spielen. Ob mit deutschen Games oder welchen aus China, aus der Cloud oder auf der PlayStation, einem großen Blockbuster oder einem kleinen Indie-Game – Spiele sind Teil unserer „neuen Normalität“. „Games sind aus dem Leben von Millionen Deutschen nicht mehr wegzudenken und gehören selbstverständlich zum Alltag dazu“, so Falk. So viel steht fest. Nur wie sie in diesen Alltag gelangen, das wird weiter im Wandel bleiben. (lmd@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Liane M. Dubowy, Deutschland soll Leitmarkt für Computerspiele werden, c't 16/2021, S. 46

Links & Videos: ct.de/ycth

c't angezockt: Indie-Spiele bei c't

Im c't-zockt-YouTube-Channel stellt die Redaktion regelmäßig aktuelle Spiele in einem c't-angezockt-Video vor – mit dem Schwerpunkt auf Indie-Games. Auch zu einigen der auf der Gamescom vorgestellten Spiele gibt es bereits Videos, darunter etwa das beim Deutschen Computerspielpreis mehrfach ausgezeichnete Puzzle-Spiel Dorf-romantik oder das handgezeichnete Adventure Minute of Islands. Den c't-zockt-YouTube-Channel finden Sie unter youtube.com/ctzockt.



DIE NEUE FARBE DER STILLE

neu SILENT LOOP 2

Signifikant leiser Betrieb, außerordentlich hohe Kühlleistung

Es gibt eine neue Farbe – die Farbe der Stille! Sie ist kühler als die Winde der Arktis. Leiser als die Tiefe des Ozeans. Und strahlender als die Nordlichter: Silent Loop 2 ist die perfekte All-in-One-Wasserkühlung mit immens hoher Kühlleistung für anspruchsvolle Systeme mit übertakteten CPUs.

- Gedämmte und regulierbare Pumpe mit 6-Pol-Motor
- Leistungsstarkes 3-Kammer-Design
- Flüsterleiser Silent Wings 3 PWM high-speed Lüfter
- ARGB LEDs mit vielzähligen Möglichkeiten für eine beeindruckende Beleuchtung

Erhältlich in 120, 240, 280 und 360mm.

Erhältlich bei:

alternate.de · arl.de · bora-computer.de · caseking.de · computeruniverse.net · conrad.de · hq24.de

e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt.de

© Copyright by Heise Medien.

be quiet!



Strahlengänger

Gaming-Notebooks mit raytracingfähigen GPUs

Bei Gaming-Notebooks ist vieles im Umbruch. AMD kontert Nvidias zweite Generation raytracingfähiger GeForce-GPUs fürs Notebook mit der Radeon RX 6000M und hat derweil mit den schnellen Ryzen-CPUs Intel-Prozessoren aus vielen Baureihen verdrängt. Bei der nutzbaren Performance kommt es dabei stark auf das individuelle Modell an und nicht auf die Komponentennamen im Datenblatt.

Von Florian Müssig

Gaming hat in Pandemiezeiten einen Aufschwung erlebt: Wenn man eh durchgängig zu Hause ist, dann kann man nach dem Homeoffice-Arbeitstag ja zum Ausgleich noch ein Ründchen Zocken. Das Problem: Mit dieser Idee war man nicht allein. Die im Herbst 2020 erschienenen neuen Spielekonsolen sind wegen immenser Nachfrage immer noch nicht einfach so im Handel zu bekommen oder auch nur vorbestellbar. Für PC-Spieler ist die Situation eine andere, aber nicht unbedingt bessere: Moderne GPUs eignen sich auch wunderbar zum Schürfen von Kryptowährungen wie Ethereum. Angebot und Nachfrage klaffen also auch hier weit auseinander, sodass Grafikkarten rar

sind und nur zu überhöhten Preisen den Besitzer wechseln.

Ein möglicher Ausweg sind Gaming-Notebooks: Sie sind zwar ebenfalls von Komponentenmangel und Logistikherausforderungen betroffen, aber eben auch Komplettsysteme. Das bedeutet lange vorab ausgehandelte Großkundenmengen und -preise zwischen Notebook- und Komponentenhersteller statt Spekulationsobjekte. Im Handel findet man deshalb eher Preise um den Hersteller-UVP (also ohne große Rabatte) statt maßlos überzogener Angebote.

Wir haben fünf aktuelle Geräte ins Labor geholt: Acer Predator Triton 300 SE (PT514-51S), Asus ROG Strix G15 (G513QY),

Dell Alienware m15 R5, Lenovo Legion 7 (16ACHg6) und Razer Blade 14 (2021). Im Asus-Gerät steckt der nagelneue AMD-Grafikchip Radeon RX 6800M, die anderen Kandidaten verwenden Nvidia-GPUs der GeForce-RTX-30-Generation – je zweimal GeForce RTX 3060 und RTX 3080. Das Asus TUF Dash F15 hatten wir bereits kürzlich vorgestellt [1].

Alle GPUs haben dedizierte Hardware-Einheiten zur Berechnung von Raytracing-Effekten. Solche sind zwar noch bei kaum einem Spiel zwingende Systemvoraussetzung, aber bereits in vielen implementiert: Die Technik erlaubt nicht nur realistische Spiegelungen, sondern auch eine natürliche, stimmige Ausleuchtung der Spielwelt. Zudem ist Raytracing ein Alleinstellungsmerkmal von Zusatz-GPUs, welches in Prozessoren integrierte Grafikeinheiten noch nicht beherrschen.

GPU-Varianz

Obwohl die Bezeichnungen mobiler GPUs denen von Desktop-Grafikkarten ähneln, liefern sie nicht dieselbe Performance wie ihre Namensvettern, sondern weniger – was mehrere Gründe hat. So verwendet die Radeon RX 6800M beispielsweise nicht denselben Chip wie die Radeon RX 6800, sondern den der RX 6700 XT mit weniger Shadereinheiten – und ist allein deshalb schon mal schwächer.

Wegen der kompakten Bauweise von Notebooks können die Kühlsysteme auch nicht so ausladend wie bei Desktop-Grafikkarten ausfallen: Über 200 Watt Abwärme allein von der GPU lassen sich nicht aus Notebookgehäusen abführen, die flacher sind als so manche Desktop-Grafikkarte mit Triple-Slot-Kühler. Taktraten und damit verbunden die zulässige Leistungsaufnahme fallen also zwangsläufig niedriger aus.

Das ist aber nicht alles: Nvidia bietet seine GPUs unter identischem Namen in verschiedenen Leistungsklassen an. Früher gab es dafür Bezeichnungen wie Max-Q oder Max-P, doch diese haben ausgedient; stattdessen sollen die Notebookanbieter hart die jeweilige vorgesehene Abwärme im Datenblatt angeben. Die Idee dahinter ist nachvollziehbar, denn in voluminöse 17-Zöller passen bessere Kühlsysteme als in mobile 14-Zöller – und als Komplettsystem ist ein Notebook sowieso immer eine individuelle Ansammlung von Kompromissen, Abwägungen und Priorisierungen. Es bedeutet aber auch, dass der GPU-Name allein keine Aussagekraft hat: Die GeForce RTX 3080 im hier getesteten Lenovo-Notebook liefert eine viel höhere 3D-Leistung als die GeForce RTX 3080 im Razer-Gerät. Gleichtes gilt für Acer und Dell, die beide die GeForce RTX 3060 in unterschiedlichen Ausführungen beherbergen.

Eine Frage der Firmware

Das macht es umso schwieriger, echte Fehler aufzuspüren, deren Behebung man beim Notebookhersteller einfordern kann. So hat Dell das Alienware m15 R5 anfangs in Ausstattungsvarianten mit GeForce RTX 3070 mit einem falschen vBIOS ausgeliefert, welches zu wenig Shaderkerne freigeschaltet hatte – und somit weniger 3D-Performance. Inzwischen steht ein Firmware-Update bereit, das den Fehler behebt.

Acer wiederum verteilt seit Ende Juni ein BIOS-Update für das Predator Triton 300 SE, nach dessen Installation die GeForce RTX 3060 dort nun 90 Watt statt vormals 75 Watt verheizen darf. Gamer freuen sich über das Performance-Plus, doch der Lüfterlärmb steigt. Optimierungen in dieser Größenordnung durch BIOS-

Updates sind selten und hätten schon früher in der Entwicklung erfolgen sollen. Das untermauert deutlich, dass Tests und Benchmarks von Notebooks leider immer nur Momentaufnahme sein können.

Apropos Lüfterlärm und Performance: Bei Gaming-Notebooks sind martialisch designete und getaufte Hilfsprogramme Standard, über die man nicht nur RGB-LEDs (sofern eingebaut) nach eigenem Gusto leuchten lassen kann, sondern auch Hardware überwachen, Energieprofile anpassen oder Prozessor und Grafikchip übertakten kann. Darin gewählte Optionen überschreiben, was man an anderen Stellen eingestellt haben mag. Derer gibt es wiederum viele, etwa die modernen Windows-Einstellungen, die althergebrachte Windows-Systemsteuerung oder der Regler, den man in Windows 10 per Linksklick auf das Akku-/Netzteilsymbol bekommt. Im maximalen Turbo-Overdrive-Modus wird es dann richtig laut: Acer dreht dann etwa von bereits lauten 2,6 Sone auf extreme 6,3 Sone auf.

Alle anderen in der Tabelle angegebenen Werte wurden einheitlich im Windows-Standard-Profil „Ausbalanciert“ ermittelt – was nicht immer leicht war: Bei Asus kann man im Hilfsprogramm einfach „Windows“ wählen. Lenovo will hingegen immer eines seiner Profile und aktiviert bei jedem Neustart eines davon ohne Nachfrage – auch, wenn man davor etwa in der Systemsteuerung eine andere Wahl getroffen hat.

Nicht zuletzt: Die volle 3D-Performance bekommt man nur, wenn das jeweilige Netzteil angeschlossen ist. Dell und Lenovo bremsen etwa den Grafikspeicher im Akkubetrieb fix auf magere 200 MHz, lassen dem Chip selbst aber den vollen Taktspielraum. Dadurch kann ein RTX-3060-Gerät dann im Akkubetrieb

Gaming-Notebooks mit raytracingfähigen GPUs – Spieleleistung

Notebook-Modell	Assassin's Creed Valhalla (DX12) ¹		Shadow of the Tomb Raider (DX12) ²		Metro Exodus (DX12, RT an) ³		Control (DX12, RT an) ⁴	
	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
Acer Pred. Triton 300 SE ⁶	28/55	27/42	41/81	36/59	25/44	20/32	28/35	18/22
Asus TUF Dash F15 ⁷	49/68	37/53	58/98	49/82	keine Messung	keine Messung	37/47	25/31
Asus ROG Strix G15 ⁸	53/78	46/64	80/121	76/103	38/58	30/42	26/36	17/23
Dell Alienware m15 ⁹	42/60	36/49	67/101	55/73	30/53	25/39	35/43	22/28
Lenovo Legion 7 ¹⁰	54/75	46/63	84/129	79/105	38/75	33/56	46/58	31/38
Razer Blade 14 ¹¹	48/73	42/59	73/114	69/93	35/65	27/44	40/51	26/34

¹ Preset „Extrem hoch“, AA „Hoch“, 16x AF ² Preset „Ultraföhch“, SMAA, 16x AF ³ Preset „RTX“ ohne DLSS, 16x AF ⁴ Preset „High“, Raytracing „High“ ohne DLSS

⁵ Bilder pro Sekunde in Full HD und WQHD-Auflösung. Dunkler Balken: P1-Perzentil, d.h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert ⁶ Modell PT314-51S (Core i7-11370H/GeForce RTX 3060)

⁷ Modell FX516PR-AZ019T (Core i7-11370H/GeForce RTX 3070) ⁸ Modell G513QY (Ryzen 9 5900HX/Radeon RX 6800M) ⁹ Modell R5 (Ryzen 7 5800H/GeForce RTX 3060)

¹⁰ Modell 6ACHg6 (Ryzen 9 5900HX/GeForce RTX 3080) ¹¹ Modell 2021 (Ryzen 9 5900HX/GeForce RTX 3080)

sogar flotter sein als ein RTX-3080-Modell mit VRAM-Drossel. „Flotter“ bezieht sich allerdings auf ein viel niedriges absolutes Niveau: Wer flüssige Bildwiederholraten wünscht, muss sich in den Spieleinstellungen von den schicken Details und Effekten verabschieden, die im Netzbetrieb möglich sind.

Hertzklöpfen

Früher wurde die niedrigere 3D-Performance von Mobil-GPUs gerne damit begründet, dass Notebookbildschirme geringere Diagonalen und kleinere Auflösungen als Desktop-Monitore hätten. Das gilt zwar immer noch, allerdings sind inzwischen rasanten Panels üblich, die weit mehr als die üblichen 60 Hertz schaffen: 144 oder 165 Hertz sind gängig, 240 oder 300 Hertz keine Ausnahmen. Für so hohe Bildwiederholraten ist dann aber doch wieder ein möglichst flotter Grafikchip nötig, wenn man die Displays voll ausfahren will – schließlich ist bis zum Fünffachen der üblichen Bildwiederholrate von 60 Hertz gefordert.

Weil es praktisch unmöglich ist, die hohen Frameraten in jeder Szene bei jedem Kameraschwenk zu erreichen, gibt es die Möglichkeit, die Bildwiederholraten dynamisch an die jeweilige Framerate anzupassen. AMD nutzt dafür die an den VESA-Standard angelehnte Technik FreeSync, während Nvidia das haus-eigene G-Sync bevorzugt.

Letzteres setzt voraus, dass der Grafikchip direkt mit dem Panel kommuniziert, was bei Notebooks nicht selbstverständlich ist: Zum Stromsparen wird üblicherweise die im Prozessor integrierte Grafikeinheit zwischengeschaltet, und die Zusatz-GPU schläft im Office-Betrieb oder beim Videogucken – von Nvidia wurde das auf den Marketingnamen Optimus getauft. Das führt dann wiederum dazu, dass Nvidia-GPUs auch mit FreeSync-Panels harmonieren, weil die Radeon-Vega-GPU der Ryzen-Prozessoren dazwischen hängt und die eigentliche Panel-Ansteuerung übernimmt.

Bei manchen Gaming-Notebooks wie denen von Dell und Lenovo kann man die Hybridgrafik im BIOS deaktivieren – dann ist nur die dicke GPU aktiv. Möglich wird dies über Multiplexer, die die Verbindungen umschalten. Weil die Multiplexer ein Kostenfaktor im Platinendesign sind, sind sie nicht selbstverständlich – und beide Lösungen haben Randeffekte: Ist nur die Zusatz-GPU aktiv, treibt das die Idle-Leistungsaufnahme nach oben, was wiederum die Akkulaufzeit schmälert. Dafür kommen keine Hybrid-Nebenwirkungen zum Tragen, etwa die zusätzliche Last auf den PCIe-Lanes und dem Arbeitsspeicher, die je nach Spiel die Frameraten drücken kann. Im Extremfall, etwa bei Spielen der Tomb-Raider-Serie, muss man mit FPS-Einbußen von 10 Prozent klarkommen.

Piktant: Das Problem ist für jeden Bildschirmanschluss separat zu betrachten. Beim Asus-Notebook hängen das interne Panel und die HDMI-Buchse beispielsweise fix an der im Prozessor integrierten Grafikeinheit, während der USB-C-Ausgang fest mit der Zusatz-GPU verdrahtet ist. Die Hersteller verraten so was nicht in ihren Datenblättern; wir haben die Information in die Tabelle aufgenommen.

Prozessorwandel

Bei den Prozessoren haben die Notebookhersteller in kürzester Zeit eine 180-Grad-Wende vollzogen. Noch letztes Jahr gab es nur wenige Gaming-Notebooks mit AMD-Prozessoren (und die dann nicht mit flotteren GPUs als GeForce RTX 2060), doch die



Acer Predator Triton 300 SE (PT314-51S)

Das Predator Triton 300 SE ist das einzige Notebook im Testfeld mit einem Intel-Prozessor. Anders als bei den „echten“ H-Prozessoren der elften Core-i-Generation handelt es sich bei dem Tiger-Lake-H35-Modell Core i7-11370H um einen Prozessor mit nur vier Kernen – und dementsprechend der geringsten Rechenleistung im Testfeld. Intels Achtkerner werden später im Triton 300 (ohne Namenszusatz SE) zum Einsatz kommen.

Das Testgerät erreichte uns mit BIOS-Version 1.02, doch über Windows Update kam nach der Ersteinrichtung die Version 1.06 herein. Sie erhöht für die GeForce RTX 3060 die zulässige Leistungsaufnahme von 75 auf 90 Watt, was ein ordentliches Plus ist. Eine Antwort auf die Anfrage, warum eine solch größere Anpassung erst nach der Geräteauslieferung erfolgt ist, blieb Acer bis Redaktionsschluss schuldig. Wir haben alle Messungen mit 1.06 durchgeführt.

Das Tastenlayout gefällt mit zweizeiliger Enter-Taste und ebensolchem Cursorblock, doch die Fn-Alternativbelegung ist verwirrend: Bild-auf/-ab erreicht man über die Hoch-/Runter-Pfeile, Pos1/Ende hingegen über F9/F10 – Links ergibt in Kombination mit Fn stattdessen Pause und Rechts legt das Mikrofon stumm. Auch die Helligkeitssteuerung ist vertauscht. Die zusätzliche Tastenspalte rechts ist mit Mediensteuerung beauftragt, die oberste Taste ist nicht frei belegbar und ruft das Hilfsprogramm PredatorSense auf. Dort kann man unter anderem Energieprofile ändern.

Acer verkauft das Predator Triton 300 SE (PT314-51S) wie getestet für 1600 Euro oder für 1300 Euro mit Core i5-11300H (ebenfalls vier Kerne) und 512 GByte statt 1 TByte SSD-Speicherplatz. Die restlichen Eckdaten sind identisch. Im Inneren gibt es keine freien Slots; 8 GByte Arbeitsspeicher sind aufgelöst.

Beim Testgerät ließ die Verarbeitung des dezent gestalteten Gehäuses zu wünschen übrig: Der Plastikrahmen um das matte 144-Hz-Panel schloss nicht an allen Stellen bündig mit der Deckelaußenseite aus Metall ab und konnte mit dem Fingernagel auch weiter aufgebogen werden. Die Spaltmaße änderten sich zudem beim Öffnen und Schließen des Deckels, weil der Deckel sich dabei leicht verwindet.

- ⬆ kompakt
- ⬆ lange Akkulaufzeit
- ⬇ geringe CPU-Performance
- ⬇ schlecht verarbeiteter Deckel



Asus ROG Strix G15 (G513QY)

Das ROG Strix G15 (G513QY) ist das erste Notebook, in dem AMDs High-End-GPU Radeon RX 6800M zum Einsatz kommt – aber auch das einzige aktuell verfügbare. Über die Gründe kann man nur spekulieren; an der Performance liegt es jedenfalls nicht: Die GPU ist ein würdiges Gegenstück zur mobilen GeForce RTX 3080.

Weil Ryzen-CPU und Radeon-GPU aus einer Hand stammen, sollen sie besonders gut harmonieren. Das können wir zumindest hinsichtlich der Akkulaufzeit bestätigen: Das ROG Strix G15 hat knapp die längste Laufzeit im Test – die Konkurrenten mit ähnlich viel 3D-Power halten nicht mal halb so lange durch.

Wir haben ein von AMD gestelltes US-Modell getestet, das es in Deutschland nur mit WQHD-Display und 165 Hertz gibt. Wir haben es dennoch mitgetestet, weil die restlichen Komponenten – Ryzen 9 5900HX, Radeon RX 6800M, 16 GByte Arbeitsspeicher und flotte SSD – auch hierzulande in dieser Konstellation verkauft werden: Mit 512er-SSD geht es bei 1600 Euro los.

Die Tastatur und eine umlaufende Lichtleiste werden von RGB-LEDs beleuchtet. Dies fällt besonders beim WASD-Block auf, weil die Tastenkappen aus milchig-transparentem Kunststoff sind. Das Tipptgefühl und das Layout mit nach vorne gezogenen Cursor-tasten gefallen. Die Enter-Taste fällt auch bei deutschem Tastenlayout nur einzeilig aus.

Zwei USB-Buchsen und den Kopfhörerausgang findet man links am Gerät. Alle weiteren Schnittstellen wurden an der Rückseite platziert, was die Schreibtischfläche links und rechts vom Notebook frei hält. Fürs Homeoffice oder Homeschooling braucht man Zusatzhardware, denn Asus baut keine Webcam ein – und auch keinen Fingerabdruckleser. Auf unserer 20-Meter-WLAN-Teststrecke kamen im 5-GHz-Band nur niedrige Durchsatzraten zustande; im Nahbereich gab es keine Auffälligkeiten.

Die auffällige rote Gehäuseecke hinten links – von Asus Armor Cap getauft – kann man abziehen und durch selbst gestaltete Cover ersetzen. Asus stellt eine Vorlage für 3D-Drucker zur Verfügung, kooperiert aber auch mit dem Anbieter Shapeways.

- ▲ Gehäuse individualisierbar
- ▲ lange Laufzeit
- ▼ keine Webcam
- ▼ 5-GHz-WLAN maß



Dell Alienware m15 R5

Dell hat das Alienware m15 in den ersten vier Revisionen mit Intel-Prozessoren ausgestattet; beim R5 bekamen AMDs Ryzen-Achtkerner den Vorzug. Dieser Sachverhalt hat die Nomenklatur verwirrend verändert: Mittlerweile wurde nämlich die R6-Baureihe angekündigt, in der dann wieder Intel-CPUs stecken – das ist aber kein Nachfolger des R5, sondern wird parallel verkauft.

Im freien Handel bekam man das Alienware m15 R5 bei Redaktionsschluss nur als 2300-Euro-Modell mit Ryzen 9 5900HX und GeForce RTX 3070. Das Testgerät für 1750 Euro stellt das Einstiegsmodell dar: Es enthält den (kaum langsameren) Ryzen 7 5800H und die GeForce RTX 3060. Diese Kombination ist keine schlechte Wahl, denn dank des ordentlichen Kühlsystems kommt sie nahe an die 3D-Performance der RTX 3080 im kompakteren, aber viel teureren Razer Blade 14 heran.

Dell koppelt die Bildschirmoptionen an die GPU: Zur RTX 3060 gibt es ein mattes Full-HD-Panel mit 165 Hertz, während RTX-3070-Varianten ein G-Sync-taugliches 240-Hz-Panel mit 2560er Auflösung bekommen. Bei solchen Modellen hatte die RTX 3070 anfangs ein falsches vBIOS, das einen Teil der Shaderkerne blockierte – Dell hat das mit einem Firmware-Update behoben. Die SSD fasst 512 GByte und wahlweise 1 TByte; nur das 2450-Euro-Topmodell hat 32 statt 16 GByte Arbeitsspeicher. Ab Werk sind beide RAM-Slots, aber nur ein M.2-Schacht bestückt – leider liegt die Halterung nicht bei, mit der man eine zweite SSD fixieren könnte.

Dell verkauft das Gerät auf Wunsch mit einer Tastatur, die mechanische Cherry-MX-Schalter statt Rubberdome-Tasten bietet – allerdings nur mit US-amerikanischem Layout (QWERTY). Dort fehlen unter anderem Umlaute; die Enter-Taste ist aber auch beim QWERTZ-Modell nur einzeilig.

Dell vereint hinten Stromanschluss, HDMI-Ausgang und zwei USB-Buchsen, sodass am Schreibtisch wenig Kabel seitlich abgehen. Leider wird der lobenswerte Ansatz von der Position der bis 2,5 GBit/s liefernden RJ45-Buchse konterkariert, denn ein Netzwerkkabel muss mittig links eingesteckt werden.

- ▲ 2,5-GBit/s-LAN
- ▲ Hybridgrafik abschaltbar
- ▼ Cherry-MX-Schalter nur mit US-Layout
- ▼ Halterung für zweiten M.2-Schacht fehlt



Lenovo Legion 7 (16ACHg6)

Das Legion 7 überzeugt buchstäblich auf den ersten Blick: Sein Display hat durch das 16:10-Format spürbar mehr Bildhöhe – und dennoch Gaming-typisch eine hohe Bildwiederholfrequenz von 165 Hertz. Zusammen mit der matten Oberfläche und der hohen Helligkeit von über 400 cd/m² macht das Gerät deshalb beim Zocken und Arbeiten gleichermaßen Spaß. Das höhere Display verhilft dem Notebook zudem zu einer Diagonalen von 16 Zoll, ohne dass es dadurch eine größere Grundfläche hätte als die Geräte von Asus oder Dell.

Die potente Hardware rund um Ryzen 9 5900HX und GeForce RTX 3080 bringt das Kühlssystem ordentlich ins Schwitzen: Schon bei kurzen Lastspitzen drehen die Lüfter hörbar auf und bei anhaltender Last erhitzt sich das Gehäuse dennoch stark.

Die Tastatur überzeugt mit gutem Tippgefühl und gelungenem Layout: Die Enter-Taste ist zweizeilig und der Cursorblock nach vorne gezogen. Den zusätzlich vorhandenen Ziffernblock trifft man nur noch bei wenigen Notebooks an. Die Tastatur wird wie eine umlaufende Lichterleiste mit RGB-LEDs beleuchtet, die man über das Hilfsprogramm Vantage zähmen kann.

Die Akkulaufzeit fällt selbst mit stromsparender Hybridgrafik unter fünf Stunden arg knapp aus. Zusätzlich zum Notebook muss man das klobige, 1 Kilogramm schwere 300-Watt-Netzteil also immer mitschleppen. Ein Schalter am rechten Rand legt die Webcam im Deckel lahm.

Die getestete Variante wird laut Lenovo womöglich erst im Dezember wieder nachgeliefert. Eine Konfiguration mit selber GPU, kaum langsamerem Ryzen 7 5800H und 16 GByte Arbeitsspeicher für 2400 Euro war lieferbar. Mit GeForce RTX 3070 bleibt es bei sonst gleichen Eckdaten unterhalb der 2000-Euro-Marke.

Das H.264-Encoding über den GeForce-Encoder NVEnc schlägt nach einem über Windows-Update eingespielten BIOS-Update fehl. Hintergrund ist wohl ein Patentstreit zwischen Lenovo und Nokia; eine angefragte Stellungnahme lag bis Redaktionsschluss nicht vor. Die Beschneidung erfolgte per BIOS-Update – und könnte somit künftig auch wieder über ein solches entfernt werden.

- ⬆️ 16:10-Bildschirm
- ⬆️ Hybridgrafik abschaltbar
- ⬇️ nervöse Lüftersteuerung
- ⬇️ sehr kurze Akkulaufzeit

Razer Blade 14 (2021)

Das Datenblatt des neuen Razer Blade 14 klingt nach der eierlegenden Wollmilchsau, denn das Notebook ist einerseits sehr kompakt, hat andererseits mit Ryzen 9 5900HX und GeForce RTX 3080 die derzeit leistungsstärksten Notebookkomponenten an Bord. Wer davon geblendet ohne weitere Informationen kurzerhand die fürs Testgerät aufgerufenen 3000 Euro auf den Tisch legt, wird angesichts der notwendigen Kompromisse womöglich stark enttäuscht: Das flache Notebook passt zwar gut in den Rucksack, wiegt mit 1,8 Kilogramm aber deutlich mehr als in dieser Größenordnung üblich und schafft selbst im Optimalfall keine 10 Stunden Akkulaufzeit.

Die Grafikperformance ist wiederum durchaus speletauglich und viel höher als bei 14-Zöllern mit integrierten Grafikeinheiten, aber spürbar geringer als das, was die gleichnamige GPU in größeren Notebooks mit ausladenderen Kühlsystemen zu leisten vermag. Und wegen der leistungsstarken Komponenten hört man die Lüfter auch bei ruhendem Desktop immer leise säuseln. Wer über das vorinstallierte Hilfsprogramm Synapse den Lüftermodus von Balanced auf Custom umstellt, bekommt gar keine automatische Regelung mehr – dann laufen die Lüfter immer laut rauschend mit hoher Drehzahl.

Razer verpackt die Hardware in ein dezent gestaltetes Gehäuse, das auch in Business-Meetings keine kritischen Blicke erntet. Die einzige optische Referenz auf Gaming ist die RGB-beleuchtete Tastatur, die man allerdings über Synapse ebenfalls zügeln kann. Der Cursorblock wurde in eine Zeile gequetscht; die Enter-Taste von Modellen mit deutschem Tastenlayout fällt zweizeilig aus.

Razer verkauft das Blade 14 wie hier getestet für 3000 Euro mit GeForce RTX 3080, für 2400 Euro mit GeForce RTX 3070 oder für 2000 Euro mit GeForce RTX 3060. Letzteres Modell hat ein 144-Hertz-Panel mit Full-HD-Auflösung, die anderen beiden das 165-Hertz-WQHD-Display des Testgeräts. Der Ryzen 9 5900HX, 16 GByte Arbeitsspeicher und eine 1-TByte-SSD sind immer an Bord. Andere Varianten sind derzeit nicht in Planung.

- ⬆️ kompakt
- ⬆️ dezentes Design
- ⬇️ schwache Version der GeForce RTX 3080
- ⬇️ Lüfter immer hörbar

35 Jahre MSI: Vom Spezialisten zum Allrounder

In seiner 35-jährigen Unternehmensgeschichte hat sich MSI von einem Spezialisten für Mainboards und Grafikkarten zu einem Anbieter für fast alle Varianten von Komponenten, Peripherie und Komplettsystemen entwickelt.

Mehr als nur Gaming

Bekannt wurde MSI durch ihre Gaming-Produkte, die sich durch ihre hohe Qualität einen sicheren Platz unter den Top-Produkten auf dem Markt erarbeitet haben.

Allerdings hat sich MSI weiterentwickelt und bietet nun auch Hardware für Content Creator und Business-Kontexte an. Dabei greift das Unternehmen auf die jahrzehntelange technische Expertise aus dem Gaming-Bereich zurück, um starke und zuverlässige Systeme zu entwickeln.

MSI Business-Systeme: Stabilität im Fokus

Gerade für Business-Anwender sind weniger extreme Leistungsspitzen als Stabilität und Effizienz wichtig. Für diesen Bedarf wurden die Produkte der MSI PRO- und Modern-Serien entwickelt. Praktische All-In-One-Systeme wie etwa der MSI Modern AM271P (27“) oder der MSI Modern AM241P (24“) verwandeln einen Schreibtisch mit minimalem Aufwand in einen vollwertigen Arbeitsplatz. Sie können alle Office-typischen Anwendungen mühelos stemmen und bieten durch ihre Ergonomie-Funktionen einen hohen Arbeitskomfort. All-In-One-Rechner bieten im Vergleich Notebooks eine überragende Bildschirmdiagonale, bleiben aber im Vergleich zu Desktop-PCs erheblich mobiler. Ein Arbeitsplatzumzug ist also jederzeit problemlos möglich.

Eine gute Alternative zum All-In-One-System ist die Kombination aus platzsparendem Mini-PC und einem oder mehreren Business-Monitoren, etwa dem MSI Cubi 5 10M und dem MSI MD271QPDE.

Bedarfsorientierte Lösungen

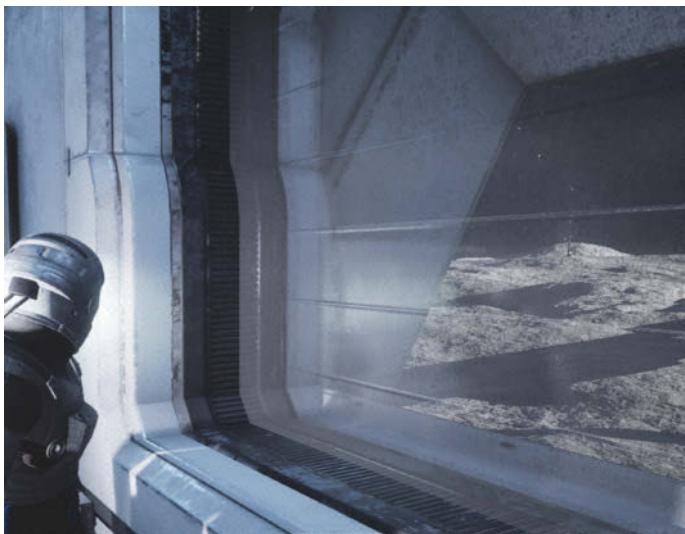
MSI zeigt mit seinem stetig wachsenden Produktangebot für nahezu alle Anwendertypen, dass das Unternehmen nicht nur beim Heimspiel erfolgreich bleibt. Alle Systeme sind mit Blick auf die Anforderungen der jeweiligen Zielgruppe geeicht. Wer also noch auf der Suche nach der richtigen Lösung ist, wird bei MSI garantiert fündig. Die Zufriedenheit unserer Mitarbeiter liegt uns sehr am Herzen. Gute Kommunikation, flache Hierarchien und ein kollegiales Miteinander tragen dazu bei.



Die MSI Modern All-In-One PCs sind im Handumdrehen eingerichtet und lassen sich individuell anpassen



msi[®]



Mit Raytracing (linkes Bild) sind nicht nur realistischere Schattenwürfe kein Problem. Auch Spiegelungen von Objekten und Lichtquellen, die hinter dem Auge des Betrachters liegen, lassen sich ohne Verrenkungen zeigen wie hier im Adventure Deliver us the Moon.

2021er-Generation mit RTX-30-GPUs debütierte hauptsächlich auf Ryzen-Systemen.

Hintergrund sind Intels anhaltende Probleme bei der 10-Nanometer-Fertigung und Notebook-Entwicklungszeiten von über 18 Monaten: Anno 2017/2018 hatte niemand AMDs Ryzen-Prozessoren zugetraut, nicht nur zu Intel aufzuschließen, sondern mit bis zu acht Kernen sogar die Performance-Krone bei Notebooks zu erobern. Umgekehrt spuckte die leidengeplagte 10-Nanometer-Fertigung bei Intel lange nur Quad-Cores aus, sodass alles mit mehr als vier Kernen im älteren 14-Nanometer-Prozess und mit betagter Mikroarchitektur vom Band laufen musste.

Das sieht man auch im Testfeld: Trotz H-Klassifizierung, die für leistungsstarke Prozessormodelle steht, ist der Intel-Prozessor im Acer-Notebook (und dem Asus-Gerät aus [1]) ein Vierkerner, während die Ryzen-Chips in den restlichen Kandidaten acht Kerne bieten. Anfang Juni hatte Intel zwar ebenfalls Achtkerner angekündigt, die mit 10 Nanometer Strukturbreite und neuer Architektur aufwarten, doch damit bestückte Notebooks waren zum Testzeitpunkt Anfang Juli noch nicht lieferbar.

Bonus fürs Homeoffice

Einige Spezialitäten von Gaming-Notebooks erfreuen nicht nur beim Zocken, sondern auch beim Arbeiten im Homeoffice – etwa die flotten Bildschirme, die Mauszeigerbewegungen und Animationen butterweich darstellen. Zudem über-

zeugen die Tastaturen mit gutem Tippgefühl und gelungenem Layout samt vier großen Cursortasten: In eine Zeile gequetschte Cursorblöcke, wie sie bei Tastaturen anderer Notebook-Klassen vorherrschen, sind selten und im Testfeld nur bei Razer anzutreffen.

Von der Rechenleistung her sind die Geräte sowieso über jeden Zweifel erhaben. Trotz hoher Akkukapazitäten fallen die Laufzeiten eher mager aus; am besten stehen noch Acer und Asus da. DisplayPort-fähige USB-C-Buchsen sind überall an Bord, doch weil erst in Kürze mehr als 100 Watt über USB-C möglich sind [2], muss man an USB-C-Docks oder -Monitoren mit Einschränkungen leben: Die volle Performance gibt es nur an den beigelegten Rundsteckernetzteilen, die 180 bis 300 Watt liefern – auch bei den kompakten 14-Zöllern. Bei allen Kandidaten bis auf Dell kann man über USB-C immerhin den Akku nachtanken.

Fazit

Spiele mit schicken Raytracing-Effekten für ihre 3D-Spielwelten lassen sich auf aktuellen Gaming-Notebooks flüssig spielen. Während Konsolen einer Generation allerdings grundsätzlich eine identische Performance abliefern und bei Desktop-Systemen die einfache Faustformel „Prozessor X plus Grafikchip Y liefert Performance Z“ gilt, findet man bei Notebooks eine kundenunfreundliche Zerfaserung vor: Mobile GPUs gibt es unter gleichem Namen in mehreren Abwärme- und damit Leistungsklassen. Auf das damit

verbundene, vom Notebookhersteller vorgesehene Kühlssystem kann man über zig Schieber und Stellschrauben in Betriebssystem und Hilfsprogrammen weiteren Einfluss nehmen. Und das nächste BIOS-Update kann viele relevante Parameter – von Lautstärke bis Performance – beeinflussen, wenn der Hersteller darin kurzerhand Schwellwerte ändert. Schließlich kann man nicht alle möglichen Konfigurationsoptionen frei miteinander kombinieren: In der Regel sehen die Hersteller etwa einen bestimmten Bildschirm fix für eine bestimmte GPU vor.

Kompakte 14-Zoll-Modelle wie das Acer Predator Triton 300 SE (PT314-51S) und das Razer Blade 14 (2021) lassen sich gut mitnehmen, sind aber dennoch Kompromisse: Sie sind deutlich schwerer als 14-Zöller ohne Zusatz-GPUs und haben viel kürzere Akkulaufzeiten. Wegen der größeren Gehäuse, die leistungsfähigere Kühlssysteme erlauben, liefern die Konkurrenten Asus ROG Strix G15 (G513QY), Dell Alienware m15 R5 und Lenovo Legion 7 (16ACHg6) wiederum eine höhere Grafikleistung. Das Asus-Gerät überraschte mit einer unerwartet langen Akkulaufzeit, während Lenovo ein 16:10-Panel mit mehr Bildhöhenkomfort bietet.

(mue@ct.de)

Literatur

- [1] Florian Müssig, Aufgebohrter Quad, Gaming-Notebook Asus TUF Dash F15 mit Core i7-11370H und GeForce RTX 3070, c't 11/2021, S. 76
- [2] Florian Müssig, Universelle Saft-Buchse, USB-C liefert künftig bis zu 240 Watt, c't 14/2021, S. 138

Gaming-Notebooks: Daten und Testergebnisse

Modell	Acer Predator Triton 300 SE (PT314-51S)	Asus ROG Strix G15 (G513QY)	Dell Alienware m15 R5	Lenovo Legion 7 (16ACHg6)	Razer Blade 14 (2021)
getestete Konfiguration	PT314-51S-70CS	Pre-Sample	9CXNGD3	82N6009GE	RZ09-0370CGA3-R3G1
Lieferumfang	Windows 10 Home 64 Bit, Netzteil	Windows 10 Home 64 Bit, Netzteil	Windows 10 Home 64 Bit, Netzteil	Windows 10 Home 64 Bit, Netzteil	Windows 10 Home 64 Bit, Netzteil
Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)					
VGA / DVI / HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	- / - / R / - / ✓ (-)	- / - / H / - / - (-)	- / - / H / - / ✓ (-)	- / - / H / - / ✓ (-)	- / - / R / - / ✓ (✓)
USB 2.0 / USB 3.0 / USB 3.1 / LAN	- / - / 2 × L (1 × Typ C), 1 × R / -	- / 2 × L, 1 × L / 1 × H (1 × Typ C) / H	- / 2 × R, 1 × H / 1 × H (1 × Typ C) / L	- / 3 × H, 1 × R (1 × Typ C) / 1 × L (1 × Typ C), 1 × H (1 × Typ C) / H	- / 1 × L, 1 × R / 1 × L (1 × Typ C), 1 × R (1 × Typ C) / -
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	- / L / -	- / H / -	- / H / -	- / H / -	- / L / -
USB-C: Thunderbolt / USB 3.0 / USB 3.1 / DisplayPort / Laden	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓	- / ✓ / ✓ / ✓ / ✓	- / ✓ / ✓ / ✓ / -	- / ✓ / ✓ / ✓ / ✓	- / ✓ / ✓ / ✓ / -
bei Hybridgrafik: Monitorausgänge an iGPU	int. Panel, USB-C	int. Panel, HDMI	int. Panel	int. Panel	int. Panel
Ausstattung					
Display	Sharp LQ140M1JW49: 14 Zoll / 35,6 cm, 1920 × 1080, 16:9, 157 dpi, 144 Hz, 19 ... 272 cd/m², matt	Sharp LQ156M1JW25: 15,6 Zoll / 39,6 cm, 1920 × 1080, 16:9, 141 dpi, 300 Hz, 13 ... 306 cd/m², matt	AUO B156HAN: 15,6 Zoll / 39,6 cm, 1920 × 1080, 16:9, 141 dpi, 165 Hz, 16 ... 438 cd/m², matt	CSOT MNG007DA1-1: 16 Zoll / 40,7 cm, 2560 × 1440, 16:10, 188 dpi, 165 Hz, 4 ... 297 cd/m², matt	TL140BDXP02-0: 14 Zoll / 35,6 cm, 2560 × 1440, 16:9, 210 dpi, 165 Hz, 15 ... 297 cd/m², matt
Prozessor	Intel Core i7-11370H (4 Kerne mit SMT), 3,3 GHz (Turbo bis 4,8 GHz), 4 × 1280 KByte L2-, 12 MByte L3-Cache	AMD Ryzen 9 5900HX (8 Kerne mit SMT), 3,3 GHz (Turbo bis 4,6 GHz), 8 × 512 KByte L2-, 16 MByte L3-Cache	AMD Ryzen 7 5800H (8 Kerne mit SMT), 3,2 GHz (Turbo bis 4,4 GHz), 8 × 512 KByte L2-, 16 MByte L3-Cache	AMD Ryzen 9 5900HX (8 Kerne mit SMT), 3,3 GHz (Turbo bis 4,6 GHz), 8 × 512 KByte L2-, 16 MByte L3-Cache	AMD Ryzen 9 5900HX (8 Kerne mit SMT), 3,3 GHz (Turbo bis 4,6 GHz), 8 × 512 KByte L2-, 16 MByte L3-Cache
Hauptspeicher	16 GByte DDR4-3200	16 GByte DDR4-3200	16 GByte DDR4-3200	32 GByte DDR4-3200	16 GByte DDR4-3200
Grafikchip (Speicher) / mit Hybridgrafik	PEG: Nvidia GeForce RTX 3060 (6 GByte GDDR6) / ✓	PEG: AMD Radeon RX 6800M (12 GByte GDDR6) / ✓	PEG: Nvidia GeForce RTX 3060 (6 GByte GDDR6) / ✓ (deaktivierbar)	PEG: Nvidia GeForce RTX 3080 (16 GByte GDDR6) / ✓ (deaktivierbar)	PEG: Nvidia GeForce RTX 3080 (8 GByte GDDR6) / ✓
Sound	HDA: Realtek ALC295	HDA: Realtek ALC294	HDA: Realtek ALC295	HDA: Realtek ALC287	HDA: Realtek ALC897
LAN / WLAN	- / CNVi: Intel AX201 (Wi-Fi 6, 2 Streams)	PCIe: Realtek 8168 (GBit) / PCIe: MediaTek MT7921 (Wi-Fi 6, 2 Streams)	PCIe: Realtek 8125 (2,5 GBit) / PCIe: Intel AX200 (Wi-Fi 6, 2 Streams)	PCIe: Realtek 8168 (GBit) / PCIe: Intel AX200 (Wi-Fi 6, 2 Streams)	- / PCIe: Intel AX210 (Wi-Fi 6, 2 Streams)
Mobilfunk / Bluetooth (Stack)	- / USB: Intel (Microsoft)	- / USB: MediaTek (Microsoft)	- / USB: Intel (Microsoft)	- / USB: Intel (Microsoft)	- / USB: Intel (Microsoft)
Touchpad (Gesten) / TPM / Fingerabdruckleser	I2C: HID (max. 4 Finger) / TPM 2.0 / USB: Elan	I2C: HID (max. 4 Finger) / TPM 2.0 / -	I2C: HID (max. 4 Finger) / TPM 2.0 / -	I2C: HID (max. 4 Finger) / TPM 2.0 / -	I2C: HID (max. 4 Finger) / TPM 2.0 / -
Massenspeicher	SSD: Samsung PM981a (1024 GByte)	SSD: Samsung PM991 (512 GByte)	SSD: Kioxia BG4 (512 GByte)	SSD: WDC SN730 (2 × 1024 GByte)	SSD: Samsung PM981a (1024 GByte)
Stromversorgung, Maße, Gewicht					
Akku (Ladestopp < 100% einstellbar)	61 Wh Lithium-Ionen (-)	92 Wh Lithium-Ionen (✓)	84 Wh Lithium-Ionen (✓)	84 Wh Lithium-Ionen (-)	64 Wh Lithium-Ionen (-)
Netzteil	180 W, 582 g, 15,2 cm × 7,1 cm × 2,2 cm, Klebeplattestecker	280 W, 992 g, 18 cm × 8,5 cm × 3,5 cm, Kaltgerätestecker	240 W, 906 g, 19,9 cm × 9,8 cm × 2,7 cm, Kaltgerätestecker	300 W, 1050 g, 20 cm × 9,9 cm × 2,5 cm, Kaltgerätestecker	230 W, 818 g, 17 cm × 7 cm × 2,5 cm, Kaltgerätestecker
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,74 kg / 32,3 cm × 23 cm / 2,2 ... 2,4 cm	2,36 kg / 35,5 cm × 26 cm / 2,6 ... 3,1 cm	2,46 kg / 35,7 cm × 27 cm / 2,2 ... 2,7 cm	2,5 kg / 35,9 cm × 25,8 cm / 2,4 ... 3 cm	1,78 kg / 32 cm × 22 cm / 1,9 ... 2 cm
Tastaturhöhe / Tastenraster	1,5 cm / 19 mm × 18 mm	1,9 cm / 19 mm × 18,5 mm	1,6 cm / 19 mm × 19 mm	1,8 cm / 19 mm × 18,5 mm	1,5 cm / 19 mm × 18 mm
Leistungsaufnahme					
Suspend / ausgeschaltet	0,6 W / 0,2 W	1,1 W / 0,1 W	0,5 W / 0,1 W	1 W / 0,1 W	1,1 W / 0,8 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	3,8 W / 5,7 W / 7,7 W	4,6 W / 9,7 W / 12,4 W	11,7 W / 15 W / 18 W	12,5 W / 19 W / 23 W	9,3 W / 12,9 W / 15,5 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	78 W / 18 W / 98 W	100 W / 26 W / 244 W	98 W / 27 W / 160 W	109 W / 35 W / 155 W	63 W / 20 W / 116 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	174 W / 0,94	255 W / 0,95	247 W / 0,94	275 W / 0,93	195 W / 0,92
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks					
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max.)	13,2 h / 6,2 h / 1,2 h	13,4 h / 8,5 h / 1,2 h	6,2 h / 5,2 h / 1,6 h	4,6 h / 3,3 h / 1,2 h	9,3 h / 6,4 h / 1,5 h
Ladestand / Laufzeit nach 1h Laden	81 % / 10,8 h	87 % / 11,6 h	76 % / 4,7 h	100 % / 4,6 h	80 % / 7,4 h
Geräusch ohne / mit Rechenlast (max. Turbo-Profil)	< 0,1 Sone / 2,6 Sone (6,3 Sone)	< 0,1 Sone / 3,2 Sone (4,8 Sone)	< 0,1 Sone / 3,2 Sone (5,4 Sone)	< 0,1 Sone / 3 Sone (5,0 Sone)	< 0,1 Sone / 2,4 Sone (2,4 Sone)
Massenspeicher lesen / schreiben	3366 / 2867 MByte/s	2418 / 1594 MByte/s	2086 / 1090 MByte/s	3094 / 2908 MByte/s	3380 / 2849 MByte/s
IOPS (4K) lesen / schreiben	155136 / 142080	139776 / 116736	103424 / 47616	136960 / 101888	137216 / 120064
WLAN 5 GHz / 2,4 GHz (20 m) / MU-MIMO-fähig	26,8 / 22,6 MByte/s / ✓	16,8 / 21,9 MByte/s / ✓	32 / 24,4 MByte/s / ✓	31,5 / 17,3 MByte/s / ✓	32,4 / 16 MByte/s / ✓
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕ / 94,8 dBA	⊕⊕ / 99,3 dBA	⊕⊕ / 100,1 dBA	⊕⊕ / 101 dBA	⊕⊕ / 99,3 dBA
Cinebench R23 Rendering (ST / MT)	1437 / 6793	1499 / 13542	1417 / 12132	1473 / 12827	1451 / 11638
3DMark: Wild Life / Night Raid / Fire Strike / Time Spy	38793 / 30551 / 14961 / 6478 / 3967	k.A. / 46465 / 26797 / 10531 / 5402	45065 / 41192 / 18838 / 8363 / 4912	60618 / 56426 / 25062 / 10944 / 6783	k.A. / 36972 / 21226 / 9305 / 5832
Preis und Garantie					
Straßenpreis Testkonfiguration	1600 €	-(1600 € mit anderem Panel: 165 Hz, 2560 × 1440)	1750 €	3000 €	3000 €
Garantie	2 Jahre	2 Jahre	1 Jahr	3 Jahre	1 Jahr
⊕⊕ sehr gut	⊕ gut	⊖ zufriedenstellend	⊖⊖ schlecht	⊖⊖⊖ sehr schlecht	✓ vorhanden
⊕⊕⊕ sehr gut	⊕⊕⊕ gut	⊖⊖⊖ zufriedenstellend	⊖⊖⊖⊖ schlecht	⊖⊖⊖⊖⊖ sehr schlecht	– nicht vorhanden
⊕⊕⊕⊕ sehr gut	⊕⊕⊕⊕ gut	⊖⊖⊖⊖⊖ zufriedenstellend	⊖⊖⊖⊖⊖⊖ schlecht	⊖⊖⊖⊖⊖⊖⊖ sehr schlecht	k.A. keine Angabe



Schön verspielt

Die wichtigsten Kriterien für den Grafikkartenkauf 2021

Als Spieler, der auch die neuesten Grafikkrächer mit allen Details in hoher Auflösung genießen will, braucht man eine dicke Grafikkarte. Bei deren Auswahl sollte man auf einige Technik- und Ausstattungsmerkmale besonders achten.

Von Carsten Spille

Viele PC-Spiele ziehen Gamer mit opulenten 3D-Welten in ihren Bann. Damit der Spaß- und Eintauchfaktor nicht durch Ruckeln zerstört wird, braucht der Rechner eine kräftige Grafikeinheit. Eine schwächliche Ausführung davon ist bei vielen PCs und den meisten Notebooks in den Prozessor integriert und genügt für die Darstellung der Bedienoberfläche von Betriebssystem und Anwendungen, für

Videos und optisch einfach gestrickte Spiele in niedriger Detailstufe.

Wer aber auch die neuesten Grafikkrächer mit Raytracing auf hochauflösenden Bildschirmen flüssig zocken will, braucht eine leistungsfähige Grafikkarte mit viel Speicher. Doch auch da gibt es gravierende Unterschiede und schließlich will auch das Budget beachtet werden. Die Lage entspannt sich mit dem Abflauen des Kryptomining-Hypes zwar gerade etwas, aber die Preise liegen noch immer weit über den unverbindlichen Preisempfehlungen.

Wer eine aktuelle Grafikkarte haben möchte, greift derzeit zu Nvidias GeForce RTX 3000 oder einer Radeon RX 6000 von AMD. Beide Baureihen unterstützen die Schnittstelle DirectX 12 Ultimate und damit Techniken wie Hardware-Raytracing, Mesh Shader und Variable Rate Shading. Ebenso können sie das kommende Direct Storage nutzen, welches in Verbindung mit einer NVMe-SSD die Ladezeiten in Spielen massiv verkürzen soll. Dieses Technikniveau ist auch deshalb interessant, weil es den aktu-

ellen Ausgaben der Spielkonsolen Xbox und Playstation entspricht, sodass mehr und mehr Spiele es nutzen werden.

Die älteren GeForce RTX 2000 haben denselben DirectX-Techniklevel, den Radeon-Grafikkarten der RX-5000-Reihe fehlen Raytracing und Direct Storage. Auch sind die Video-Decoder, die die CPU beim Abspielen von Filmen entlasten, auf älteren Karten nicht auf dem aktuellen Stand: AV1 beherrschen neben Intels integrierter Xe-Grafik nur RTX-3000- und RX-6000-Karten. Um 8K-Monitore mit 60 Hz oder etwa 4K-Displays mit schnellen 144 Hz anzusteuern, braucht man ebenfalls eine halbwegs aktuelle Grafikeinheit ab der RTX-2000- oder RX-5000-Generation; die integrierte Xe-Grafik kann das zwar auch, ist aber für Spiele zu lahm.

Was ist flüssig?

Niemand möchte beim Spielen ruckelige Bildfolgen sehen, doch schon an der Definition des Begriff „flüssig“ scheiden sich die Geister. 30 Bilder pro Sekunde (frames per second, fps) gelten als das absolute Minimum für Spielbarkeit, ab 60 fps wirkt die Darstellung geschmeidig – aber mehr fps sind immer willkommen. Etliche Profi-Spieler schwören gar auf Bildschirme, die auch 240 oder sogar 300 fps anzeigen können. Aussagen wie „Das Auge kann nur 24 Bilder pro Sekunde wahrnehmen“ lassen sich getrost ins Reich der Mythen verbannen.

Sinken die Bildraten unter 60 fps, wird es oft und schnell ruckelig. Denn speziell wenn man mit aktiver vertikaler Synchronisation (VSync) spielt und das Spiel nur das sogenannte Double Buffering nutzt, sinkt die Bildrate direkt auf 30 fps, wenn der PC die 60 fps in einer anspruchsvollen Szene nicht mehr halten kann. Monitore, die variable Refreshraten unterstützen, also AMDs FreeSync oder Nvidias G-Sync, helfen dabei, dass die Bildfolgen sich geschmeidiger anfühlen. Die gute Nachricht: Seit mehreren Jahren unterstützen alle modernen Grafikkarten diesen flexiblen Bild-Refresh.

Wie viele fps genau nötig sind, hängt dabei vom Typ des Spiels, der Spielmechanik und dem individuellen Anspruch ab. Eher gemächliche Titel wie das Knobelspiel Lego: Builders Journey laufen schon mit 30 Bildern pro Sekunde prima; bei schnellen Rennspielen oder First-Person-Shootern kommt es indes auf exakte Lenkbewegungen und genaues Zielen an. Da kann ein hohes fps-Niveau schon mal

darüber entscheiden, ob man den Einlenkpunkt in eine Spitzkehre trifft oder im Kiesbett landet. Wo Normalzocker einfach den vorigen Spielstand laden und es noch einmal versuchen, ist bei der E-Sport-Meisterschaft mindestens diese Runde gelaufen, wenn nicht das ganze Rennen.

Viel Platz für Schönes

Eine wichtige Kenngröße ist der Grafikspeicher. Sobald er mit Daten überläuft, verwandelt sich flüssiges Spielvergnügen in eine Diashow, im schlimmsten Fall garniert mit Bildfehlern. Dann muss man Details wie Schatten oder Texturen reduzieren, wodurch aber das Bild matschiger wirkt. Moderne Spiele-Grafikkarten sollten für höchste Grafikpracht auch bei kommenden Spielen schon in Full-HD-Auflösung mindestens 6, besser gleich 8 GByte Grafikspeicher haben. Für volle Details in 2560 × 1440 Bildpunkten (WQHD) gelten 8 GByte als Minimum. Spielen Sie in Ultra-HD-Auflösung (3840 × 2160 Pixel), sind mindestens 10 GByte für die höchste Detailstufe anzuraten, wobei kommende Spiele auch von Speichergrößen von 12 bis 16 GByte profitieren dürften. Hier greift ebenfalls der Konsoleneffekt: Playstation 5 und Xbox Series X haben 16 GByte Speicher, der erfahrungsgemäß auch gern genutzt wird. Zudem beanspruchen die Datenstrukturen für Raytracing zusätzlichen Speicherplatz.

Der Speichertyp, also GDDR5, 6, 6X oder HBM(2)-Stapelspeicher, ist zwar ein wichtiger Faktor bei der Speichergeschwindigkeit. Die ist aber heute meistens recht gut auf die Leistungsfähigkeit des Grafikchips abgestimmt.

Verfolgte Strahlen

Raytracing ist noch immer der letzte Schrei. Dabei werden Spiele mithilfe der Strahlenverfolgungstechnik durch genauen Schattenwurf, detaillierte Reflexionen oder realistische Lichtbrechungen, etwa durch eine Glasscheibe hindurch, aufgehübscht [1]. Seit Einführung der Technik mit Nvidias RTX-2000-Grafikkarten vor knapp drei Jahren hat sich die Zahl der Titel, die das Feature nutzen, deutlich erhöht. Aber neben den Millionensellern Minecraft und Fortnite verschönern auch Rennspiele wie Dirt 5 oder F1 2021, Action-Rollenspiele wie Shadow of the Tomb Raider oder Cyberpunk 2077 und Knobelspiele wie Deliver us the Moon oder Lego Builder's Journey ihre Spielwelten mit Raytracing. Dafür ist mindestens eine RTX-2000- oder Radeon-RX-6000-Grafikkar-

te nötig und auch die frisch angekündigte Handheld-Konsole Steam Deck beherrscht diese Technik [2]. Es gibt inzwischen sogar erste Spiele, die nur mit Raytracing-fähiger Hardware starten: das Indiespiel Stay in the Light und die Enhanced Edition des Endzeit-Shooters Metro Exodus.

Tricksereien

Raytracing kostet eine Menge fps, auf Radeon-Karten meist mehr als auf GeForces, sodass die Option oft nicht mit der nativen Auflösung des Monitors flüssig dargestellt werden kann. In Cyberpunk 2077 etwa schwächt selbst die extrem teure GeForce RTX 3090 in 4K. Um den Performancefresser zu bändigen, gibt es inzwischen viele Tricks. Einer davon ist in mehr und mehr Spielen zu finden: Renderscale berechnet das Bild zunächst in geringerer Auflösung und skaliert das Bild anschließend auf die Bildschirmauflösung hoch. Allerdings gehen dabei Details verloren. Nvidia und AMD haben die Techniken DLSS und FSR entwickelt, um diesen Detailverlust in verschiedenem Maße einzudämmen.

Deep Learning Super Sampling, wie DLSS ausgeschrieben heißt, läuft nur auf GeForce-RTX-Karten. Es nutzt die sonst oft brachliegenden Tensorkerne der RTX-Grafikchips, um aus der verringerten Auflösung Details zu rekonstruieren, indem es mehrere gerenderte Bilder in die Auswertung einbezieht. Ein neuronales Netz hilft dabei, die richtigen Entscheidungen zu treffen, wie das Bild schlussendlich am besten aussieht. AMDs Fidelity FX Super Resolution, kurz FSR, arbeitet etwas einfacher: Es erkennt Kanten und

schärft Flächen nach. Dafür läuft es aber nicht nur sogar auf schwächeren Grafikchips bis hinab zu integrierter Grafik, sondern auch auf Nvidia- und Intel-GPUs.

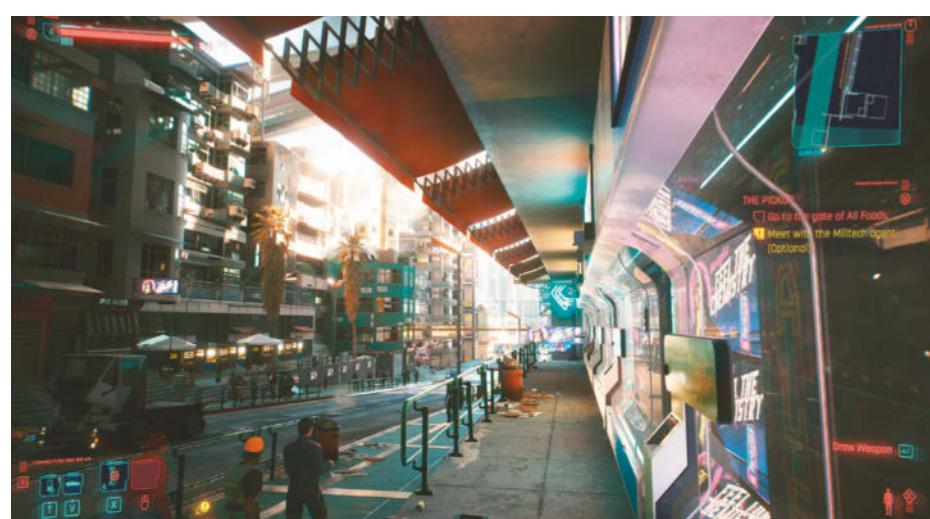
Je nach Spiel und Abstimmung zeitigen beide Verfahren gute Ergebnisse bei einem deutlichen fps-Zuwachs. Oft ist Nvidias Technik die ausgereiftere und hübschere, die aber auch potentere Hardware voraussetzt – und zwar exklusiv von Nvidia. In manchen Spielen entstehen jedoch Schlieren an bewegten Objekten, auch wenn mit neuen Spielen stetig neue DLSS-Versionen geliefert werden, die das Ergebnis sukzessive verbessern. AMDS FSR ist noch jung und steht am Anfang der Entwicklung.

Abwarten und Tee trinken

Obwohl die Hochphase des Krypto-Booms vorüber zu sein scheint und die Preise wieder sinken, ist eine Grafikkarte jeder Leistungsklasse immer noch deutlich teurer als vor einem Jahr. Das gilt speziell für die aktuellen GeForce RTX 3000 und die Radeon RX 6000, die nach wie vor 50 bis 100 Prozent über dem Listenpreis gehandelt werden. Positiv betrachtet ist jetzt also noch genügend Zeit, sich darüber klar zu werden, wie viel Grafikleistung man braucht und welches Modell es sein soll – nur kaufen sollten Sie jetzt noch nicht. (csp@ct.de) ct

Literatur

- [1] Carsten Spille, Das Raytracing-Comeback, Raytracing für Spiele und mehr mit DirectX und Nvidias neuen Grafikchips, c't 21/2018, S. 134
- [2] Liane M. Dubowy, Steam to Go, Steam Deck: Mobile Spielkonsole mit Linux, c't 17/2021, S. 50



Cyberpunk 2077 ist einer der Raytracing-Vorzeigetitel, dessen 3D-Welt dank der Strahlenverfolgungstechnik an Realismus gewinnt.

FAQ

Gaming-Hardware

Für moderne Spiele kann der Computer gar nicht leistungsfähig genug sein, doch verbessert nicht jedes als „Gaming“ beworbenes Stück Hardware das Spielerlebnis. Wo lohnt sich die Investition und was ist überflüssig?

Von Rudolf Opitz

Prozessor und Speicher

❓ Welcher Prozessor ist für einen Spie-
le-PC notwendig?

❗ Moderne 3D-Spiele verteilen die Ar-
beit inzwischen auf mehrere Threads,
weshalb wir einen Prozessor mit sechs
oder mehr Kernen empfehlen. Dazu ge-
hören beispielsweise der AMD Ryzen 5
3600 für 220 Euro, Ryzen 5 5600X für
270 Euro, Intel Core i5-11600K für 250
Euro und als Spartipp der Intel Core i5-
10400F für 140 Euro. 3D-Spiele profitie-
ren von großen Caches und hohem
(Single-Thread-)Takt. Deshalb sollte man
auch auf die Turbotaktraten achtgeben.

Die optimale CPU für einen Gaming-
PC hängt außerdem von der verwendeten
Grafikkarte ab. Moderne High-End-Kar-
ten für 4K-Displays mit 144 Hz Wiederhol-
rate sind mit einem schnellen Achtkerner
zukunftssicherer. Wer hingegen mit einer
150-Euro-Grafikkarte nur ältere Titel in
Full HD spielen will, für den reicht auch
ein Quad-Core mit SMT wie der Core i3-
10105F für 85 Euro, sodass man etwas
Geld sparen kann. (chh@ct.de)

❓ Wie viel Arbeitsspeicher sollte ein
Gaming-PC mitbringen?

❗ Wir empfehlen, Rechner für moderne
3D-Spiele mit 16 GByte DDR4-RAM
auszustatten. Zum einen ist Arbeitsspei-
cher derzeit erschwinglich und zum ande-
ren setzen viele aktuelle Titel mindestens
8 GByte voraus. Einige anspruchsvolle
Spiele wie der Flight Simulator 2020 emp-
fehlen für optimale Performance jedoch
bereits jetzt 16 beziehungsweise 32 GByte.
Zudem sollten Sie berücksichtigen, dass
außer dem Spiel auch Windows selbst
sowie im Hintergrund laufende Game-
Launcher wie Steam, Origin und Battle.net
sowie Sprachsoftware wie Teamspeak
oder Discord zusammen einige Gigabyte
RAM belegen. (chh@ct.de)

❓ Bringt schneller Speicher für 3D-Spie-
le Vorteile?

❗ Laut Spezifikation unterstützen die
aktuellen CPU-Generationen AMD
Ryzen 3000 und 5000 und Intel Core
i-11000 DDR4-3200-RAM. In geringen
und mittleren Auflösungen, wo die Grafik-
karte nicht die Bildrate limitiert, können
3D-Spiele auch von schnellerem Arbeits-
speicher profitieren. Solche Overclocker-
DIMMs haben mit selektierten Chips
zudem kürzere Latenzen, benötigen aber
auch statt der im JEDEC-Standard fest-
gelegten 1,2 Volt eine höhere Spannung
von 1,35 Volt und mehr. Damit sie optimal
laufen, muss das Mainboard die höhere
Spannung liefern und XMP unterstützen.
In diesem erweiterten Profil sind die
Timings für die höheren Taktfrequenzen
hinterlegt.

Wer Overclocker-DIMMs einsetzen
will, nimmt idealerweise DDR4-3600-
Speicher. Dieser kostet pro 8-GByte-Mo-
dul rund 50 Euro. Der Aufpreis für schnel-
leres RAM lohnt in der Regel nicht. Zum
einen steigt das Risiko, dass das System
damit nicht stabil läuft, zum anderen
schalten die Speicher-Controller der
Ryzen- und Core-i-Prozessoren dann in
eine langsamere Betriebsart, sodass die
Latenzen schlechter sind als bei DDR4-
3600-Tempo. (chh@ct.de)

Netzwerk

❓ Welche Vorteile bringt eine Killer
NIC?

❗ Spezielle Netzwerkkarten bringen für
Gamer keine Vorteile: Eine gewöhnliche
Netzwerkkarte im PC schafft eine
genauso niedrige Latenz wie eine „Killer
NIC“, solange man nicht parallel große
Down- oder Uploads laufen lässt. Weil die
Verzögerung im LAN um eine bis zwei
Zehnerpotenzen kleiner ist als die der

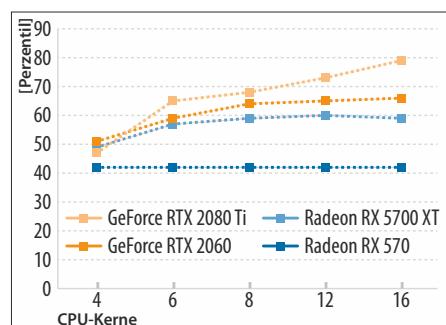
Internetverbindung, ist letztere viel ent-
scheidender (siehe unten).

Ein Millisekundenbruchteil (0,6 statt
0,9 ms minimale Latenz zum Router) lässt
sich einsparen, indem man die per PCI-Ex-
press angebundene Onboard-LAN-Schnitt-
stelle des PCs statt eines USB-Adapters
nutzt. Über eine WLAN-Verbindung sollte
aber kein Gamer spielen: Die Latenz
schwankt wegen der unvorhersagbaren Ak-
tivität im Funknetz – auch durch Einflüsse
fremder WLANs (geteiltes Spektrum!) – viel
stärker als im LAN, besonders, wenn die
WLAN-Verbindung ohnehin schwach ist.
Dann bringen auch spezielle Gaming-Opti-
mierungen im Router nichts, wechseln Sie
lieber auf eine LAN-Kabelverbindung.

(ea@ct.de)

❓ ADSL, VDSL, TV-Kabel – was ist bes-
ser zum Online-Zocken?

❗ Falls jemand noch ADSL2+ für den
Internetzugang nutzt und abgesehen
von laaangen Update-Downloads keine
Probleme mit dem Online-Gaming hat,
gibt es keinen zwingenden Grund fürs
Upgrade auf eine schnellere Leitung: Bei
einer Stichprobe lieferte ein uralter
ADSL2+-Anschluss mit 6,9 MBit/s Down-



**Die Grafikkarte sollte zur CPU passen:
Von mehr als vier Kernen profitieren nur
leistungsfähigere GPUs, die günstigere
Radeon RX570 bremst solche CPUs aus
(P1-Perzentil: 99 Prozent der Bildrate ist
höher).**

stream und 0,7 MBit/s Upstream noch gute 14 Millisekunden mittlere Ping-Zeit zu ct.de. Das unterbot ein Super-Vectoring-Zugang (VDSL2 mit 250/40 MBit/s) mit 10 Millisekunden. Ein 50er-VDSL2-Anschluss lag hingegen mit 18 Millisekunden sogar etwas höher.

Über einen Gigabit-Anschluss per TV-Kabel (1000/50 MBit/s) brauchte der Ping via IPv4 20 Millisekunden, aber mit IPv6 nur 15. Hier machte sich vermutlich die IPv4-Umsetzung per DS-Lite und CG-NAT bemerkbar. Indes war der Weg übers TV-Kabel mit 12/13 Hops (je nach Protokoll, IPv4/IPv6) auch etwas länger als der per VDSL (8/7 beziehungsweise 9/9 Hops). So betrachtet behielt ADSL2+ trotzdem die Nase vorn, denn auch dort liefen die IPv4-Pakete über 12 Zwischenstationen. Angesichts der menschlichen Reaktionszeit von einigen hundert Millisekunden sind diese Unterschiede aber akademisch. Wer bei seinem Provider noch für die Fast-Path-Option extra zahlt, kann die jetzt abbestellen. Die Deutsche Telekom hat sie schon 2009 aus dem Programm genommen. (ea@ct.de)



Die Corsair M65 RGB Elite hat in der Daumenmulde eine Snipertaste, die die Auflösung zum genauen Zielen auf 400 dpi begrenzt, solange sie gedrückt wird.

Gaming-Maus und -Tastatur

?

Gaming-Mäuse: Sind Lasersensoren besser?

!

Vergleicht man aktuelle Mäuse, lautet die Antwort schlicht: nein. Lasersensoren sollten ursprünglich auch auf Glasflächen funktionieren und besonders geringe Lift-off-Distanzen aufweisen. Die Lift-off-Distanz gibt den Abstand zum Untergrund an, bei der die Maus keine Positionsdaten mehr liefert. Das ist für Spieler wichtig, die die Maus öfter anheben und neu positionieren. Dabei sollte sich der Mauszeiger möglichst wenig bewegen.

Bei unseren Tests konnten wir keine Unterschiede zwischen Kameratasensoren mit LED-Licht und Lasersensoren beobachten: Bis auf ein Modell mit blau beleuchtetem Kameratasensor funktionierte keine Maus auf einer Glasfläche. Auch die Lift-off-Distanzen von Kamera- und Lasersensoren unterscheiden sich nicht merklich. Bei aktuellen Kamera-Mäusen lässt sich die Lift-off-Distanz sogar per Software einstellen; generell sollte sie so gering wie möglich sein (1 bis 2 mm). Aktuelle Gaming-Mäuse mit Lasersensor gibt es kaum noch, da optische Sensoren diese in allen Disziplinen überflügeln

haben. Selbst das Nachfolgemodell der Lasermaus Sharkoon Drakonia ist mit einem optischen PixArt-Sensor bestückt.

(rop@ct.de)

?

Gaming-Mäuse: Welche Auflösung brauche ich – je mehr, desto besser?

!

Maushersteller werben mit immer höheren Sensorauflösungen: 12.000, 16.000 oder sogar 25.000 dpi suggerieren eine ultrahohe Genauigkeit, doch ist in der Praxis das Gegenteil der Fall. dpi (dots per inch) steht für die Punkte pro Zoll, die der optische Sensor unterscheiden kann. 16.000 dpi bedeuten demnach 6300 Punkte pro Zentimeter. Wenn diese Daten eins zu eins auf die Mauszeigerbewegung umgesetzt werden – Gaming-Mäuse sollten Bewegungen immer linear übertragen –, reicht eine Bewegung von einem dritten Zentimeter, um den Mauszeiger auf einem Full-HD-Monitor vom linken Rand bis ganz nach rechts springen zu lassen.

So hat man beim Versuch, ein Flugzeug abzuschießen oder die Spielfigur durch ein Labyrinth zu steuern, keine Chance. Um den Mauszeiger möglichst genau zu positionieren, etwa zum Zielen mit dem Sniper-Gewehr oder beim Bearbeiten eines Bilddetails mit Photoshop, braucht man im Gegenteil eine möglichst niedrige Auflösung von 400 bis 800 dpi. Einige Gaming-Mäuse haben dazu eine sogenannte Sniper-Taste: Solange sie gedrückt bleibt, verringert die Maus die Auflösung auf 400 dpi.

Üblich sind bei Gaming-Mäusen dpi-Tasten, mit denen sich beim Spielen oder

Arbeiten schnell die Auflösung umstellen lässt. Die Mäuse speichern vier bis sieben dpi-Stufen, deren genaue dpi-Werte man über eine spezielle Software konfigurieren kann. Meist genügen zwei Auflösungen: eine niedrige Stufe zum Zielen und eine hohe, um schnell zu reagieren. Die hohe Stufe hängt von der Spielweise ab: Wer es gewohnt ist, die Maus zum Neupositionieren anzuheben und mit dem ganzen Arm zu spielen, braucht eine Auflösung von 1000 bis 2000 dpi. Wer die Maus nur aus dem Handgelenk führt und mit wenig Mausweg große Distanzen überbrücken will, wird 2500 bis 3500 dpi bevorzugen. Auflösungen von 10.000 dpi und mehr sind abgesehen von ihrer Werbewirksamkeit fast immer nutzlos. (rop@ct.de)

?

Gaming-Tastaturen: Lohnen sich Tastaturen mit Micro-Switches?

!

Günstigere Schreib-, aber auch Gaming-Tastaturen bestehen unter den Tastenkappen aus einer Gummimatte mit Wölbungen für jede Taste (rubber domes), unter denen je ein Kontakt-Pad angebracht ist. Beim Betätigen einer Taste wird die Gummiwölbung eingedrückt, bis das leitfähige Pad auf die Kontakte auf der Platine darunter trifft und sie verbindet. Abgesehen vom preisgünstigen Aufbau sind solche Tastaturen leise und für Spiele optimierte Modelle können auch mehrere Tastendrücke gleichzeitig registrieren (Anti-Ghosting, Key-Rollover).

Der Tastenweg ist aber vergleichsweise groß und viele Spieler stören sich am typisch schwammigen Tastengefühl. Teurere Tastaturen mit Präzisions-Tasten (Switches) haben eine höhere Lebensdauer und manche Modelle gibt es mit verschiedenen Tastenvarianten (linear, mit fühlbaren oder hörbaren Schaltpunkten). Weiterhin haben die Switches einen kürzeren Schaltweg: Muss man Rubber-Dome-Tasten vollständig herunterdrücken, um den Kontakt zu schließen, lösen die meisten Tasten wie die Cherry-MX-Switches schon auf dem halben Tastenweg aus. Ist der Betätigungswege der Taste 4 Millimeter lang, schaltet sie also schon nach 2 Millimetern. Bei Spielen, bei denen es auf schnelle Reaktion ankommt (Shooter, Quicktime-Events), haben Spieler mit hochwertigen Switches einen messbaren Vorteil. Dafür lohnt sich die Mehrausgabe, doch sollte man vor dem Kauf Probe tippen – Gaming-Tastaturen sind wie Mäuse auch Geschmackssache. (rop@ct.de)

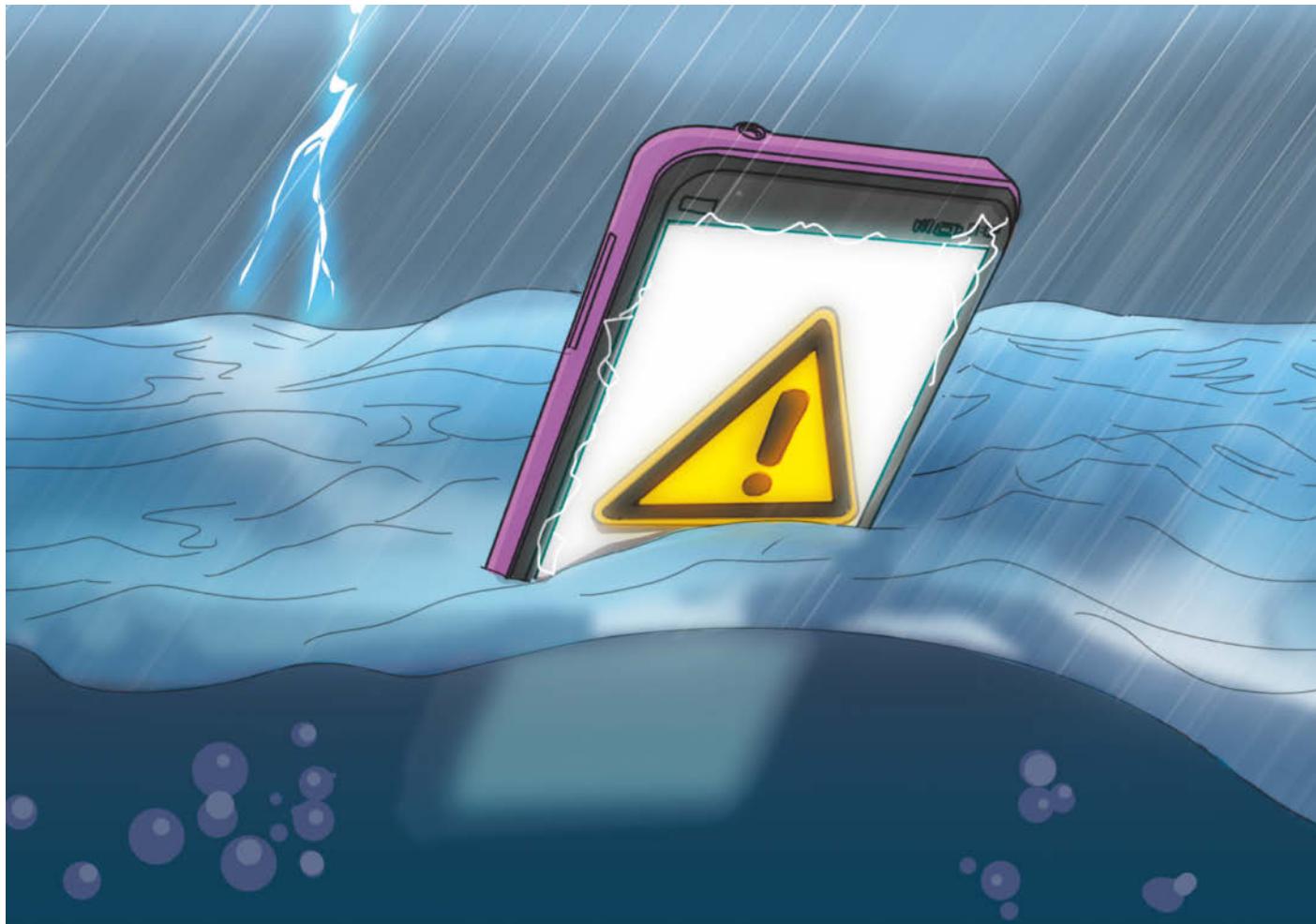


Bild: Thorsten Hübler

Netzunter

Wie die Flut im Westen die Kommunikation lahmgelegt hat

Die Flutkatastrophe im Westen Deutschlands und in den angrenzenden Ländern hat auch in der Telekommunikationsinfrastruktur massive Zerstörungen angerichtet: im Mobilfunk, im Festnetz und beim Behördenfunk. Als erste Lehre aus der Katastrophe soll die Alarmierung der Bevölkerung künftig besser organisiert werden.

Von Urs Mansmann

Vom 14. bis 17. Juli sorgte das Tief Bernd in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz sowie im angrenzenden Belgien, Luxemburg und den Niederlanden mit langandauernden, heftigen Niederschlägen auf einer großen Fläche für Hochwasser und Sturzfluten. Ganze Dörfer entlang kleinerer Wasserläufe wie der Ahr wurden zerstört, Landstriche überflutet. Die Bilder gingen um die Welt. In Deutschland kamen über 180 Menschen ums Leben. Bei der Hochwasserkatastrophe im Westen waren zwischenzeitlich über 1000 Menschen als vermisst gemeldet – viele davon, weil sie zunächst von der Außenwelt abgeschnitten waren und sich nicht mehr bei Angehörigen melden konnten. Sobald die Mobilfunknetze wieder funktionierten, sank die Zahl der Vermissten.

Die Fluten sorgten nicht nur für großflächige Stromausfälle, sondern zerstörten auch Telekommunikationsinfrastruktur. Allein bei der Telekom fielen im Verlauf des Unwetters 300 Mobilfunkbasisstationen aus. Bei allen Dienstleistern kam es zu erheblichen Störungen im Netz, der Mobilfunkempfang konnte in den betroffenen Regionen vielerorts erst nach Tagen wiederhergestellt werden. Viele Basisstationen in Bergländern und Mittelgebirgen stehen an erhöhten Standorten, um von dort aus größere Bereiche im Tal ausleuchten zu können. Damit waren sie vor den Fluten sicher, nur wenig Mobilfunktechnik wurde tatsächlich überschwemmt.

Für Stromausfälle sind die Mobilfunknetzbetreiber aber offenbar nicht besonders gut gerüstet. Notstromgeneratoren (NEA, Netzersatzanlagen) finden sich nur

an besonders wichtigen zentralen Punkten des Netzes. Vielerorts gibt es, wenn überhaupt, nur einen Batteriepuffer, der spätestens nach einigen Stunden leer ist. Kleine Zellen zur lokalen Versorgung, etwa auf Hochhäusern, haben in den meisten Fällen gar keine eigene Notstromversorgung. Fällt der Strom aus, tun sich im Mobilfunknetz innerhalb von Sekunden große Lücken auf, weil viele Standorte vom Netz gehen. Dauert der Ausfall länger, fallen nach und nach weitere Basisstationen aus, deren Batterien erschöpft sind, und die unversorgten Gebiete werden größer.

Der Stromausfall im Westen Deutschlands dauerte aber nicht nur einige Stunden, sondern mancherorts Tage an. Nach ein bis zwei Tagen gehen auch die verbliebenen Stationen vom Netz, wenn die Tanks der Notstromgeneratoren leerlaufen. Sind die Straßen im Katastrophengebiet weggerissen oder ist der Zugang zur Einrichtung aus Sicherheitsgründen gesperrt, können die Tanks der Generatoren nicht nachgefüllt werden. Selbst wenn die Stromversorgung noch funktioniert, kann die Basisstation außer Gefecht sein: Das Hochwasser riss vielerorts auch Brücken und den Straßenunterbau fort und zerstörte damit auch die Glasfaserkabel, über die die Basisstationen ans Netz angebunden sind. Ohne Anbindung sind die Basisstationen aber vollkommen nutzlos.

Notfallmaßnahmen

Die Netzbetreiber verfügen für Katastrophen über Notfallpläne und -material. Die Telekom betreibt schon seit Jahrzehnten ein eigenes Disaster Recovery Management, das nicht nur bei Katastrophen zum Einsatz kommt, sondern auch bei Großveranstaltungen für eine verbesserte Mobilfunkabdeckung und zusätzliche Internetanschlüsse sorgt.

„Wir haben sofort unsere Richtfunkexperten vor Ort entsandt. Ziel war es, wo technisch möglich, ausgefallene Glasfaserstrecken kurzfristig provisorisch zuersetzen und Basisstationen wieder ans Netz bringen“, erklärt Peter Kespoli, Presse sprecher der Deutschen Telekom. Nach wenigen Tagen waren nach Angaben der Telekom rund 90 Prozent der zunächst ausgefallenen Stationen wieder in Betrieb. Am 23. Juli meldete die Telekom, dass alle Standorte wie vor dem Unwetter wieder am Netz seien, man die Kapazität vor Ort aber weiter ausbaue, um den durch den Ausfall des Festnetzes gestiegenen Bedarf zu decken.



Bild: Vodafone

Vodafone-Techniker stellen im Katastrophengebiet eine behelfsmäßige Satellitenverbindung her.

Auch bei Vodafone arbeiteten die Techniker rund um die Uhr, um das Netz wieder zum Laufen zu bringen. „Im Katastrophengebiet waren mehr als 85 Prozent der Anlagen nicht betroffen“, erklärt Volker Petendorf, Pressesprecher von Vodafone. 151 von 1110 Mobilfunkstationen im Katastrophengebiet gingen vom Netz. Trotzdem fiel der Mobilfunkempfang auch bei Vodafone ausgerechnet dort aus, wo er am dringendsten gebraucht worden

wäre: in meterhoch überfluteten Orten wie Ahrweiler oder Gerolstein.

Der Betreiber baute zehn mobile Basisstationen auf und nutzte dabei auch Instant Networks mit eigener Notstromversorgung, also provisorisch errichtete Basisstationen, die per Satellit an den Backbone (Kernnetz) angebunden sind und damit vollkommen ohne Infrastruktur vor Ort auskommen. „14 Tage nach der Katastrophe hatten mehr als 99 Prozent



Bild: Telekom

Das Hochwasser hat an den Leitungsnetzen verheerende Schäden angerichtet.



solchen Fällen installiert die Telekom Container mit Vermittlungstechnik, die kompatibel zur zerstörten Technik am Einsatzort ist. Die Container werden per Lastwagen angefahren und direkt vor der zerstörten Vermittlungsstelle auf einem stabilen Untergrund aufgestellt, etwa einem Parkplatz oder einer dafür hergerichteten Schotterfläche. In Bad Schandau beispielsweise konnte die Telekom 2013 eine überschwemmte Vermittlungsstelle mit 8000 Festnetzanschlüssen binnen drei Tagen durch eine Notlösung in einem Container ersetzen.

Bild: Telekom

Der Aufbau des Containers dauert einige Stunden, die anschließenden Verkabelungsarbeiten beschäftigen einen Trupp Techniker allerdings mehrere Tage lang. Sie müssen die Glasfaser- und Kupferleitungen vor der Vermittlungsstelle auftrennen, verlängern, in die provisorische Vermittlungsstelle führen und dort jede einzelne Ader an den Vermittlungseinheiten auflegen. Vermittlungsstellen müssen im schlimmsten Fall abgerissen und neu gebaut werden, das wird Monate oder Jahre dauern. Solange bleiben die Container vor Ort.

Die aktuelle Katastrophe sprengte aber in jeder Hinsicht den bisherigen Rahmen. Im Ahrtal wurden gleich mehrere Vermittlungsstellen bis zur Decke geflutet oder komplett von den Wassermassen weggerissen.

Die Netzbetreiber setzten auf Transparenz und berichteten ausführlich über die aktuelle Lage und die ergriffenen Maßnahmen. Die Telekom meldete sich sogar per Videopodcast täglich aus dem Hochwassergebiet; Mitarbeiter des Unternehmens schilderten vor Ort, wie Techniker zerstörte Infrastruktur notfallmäßig wieder instand setzten und berichteten täglich über den Fortgang der Arbeiten.

Probleme beim Notfunk

Auch der Behördensfunk (TETRA-BOS) war von der Katastrophe betroffen. In der Katastrophenacht versagte im Ahrtal das digitale Behördennetz, berichtete die „Wirtschaftswoche“. Auch Lagemeldungen vom drohenden Bruch der Steinbachtalsperre kamen per Funk nicht durch. In ihrer Not schickten die Verantwortlichen Erkunder ins Katastrophengebiet, die anschließend Bericht erstatteten.

Die Struktur des BOS-Funks ähnelt der der Mobilfunknetze. Die Basisstationen sind per Glasfaserleitung oder Richt-

Die Netzbetreiber errichteten in den Flutgebieten mobile Sendemasten, um die Mobilfunkversorgung schnell wiederherzustellen.

aller Kunden im Krisengebiet wieder Mobilfunk“, resümiert Petendorf. Einzelne Ortsteile wie Schuld in der Eifel haben nun durch die Notversorgung sogar Netz, wo vor der Katastrophe keins war – und Petendorf verspricht, dass das von Dauer sein wird.

Bei Telefónica mit seinem O2-Netz waren alle im Katastrophengebiet ausgefallenen Anlagen technisch noch intakt, allerdings fehlte vielerorts die Stromversorgung. Innerhalb weniger Tage brachte der Netzbetreiber zwei Drittel der Anlagen wieder ans Netz und stellte wo nötig Notstromaggregate bereit. Jedoch waren nicht alle Standorte zugänglich. Aus Sicherheitsgründen waren auch Tage nach der Katastrophe noch viele Bereiche gesperrt und damit für die Netzbetreiber nicht zu erreichen. Insgesamt setzte Telefónica 14 mobile Anlagen ein.

Fallen Teile des Netzes aus, erhöhen die Netzbetreiber die Reichweite der verbliebenen Standorte, beispielsweise indem sie die Sendeleistung erhöhen oder die Richtcharakteristik der Antennen verändern. Das stopft zwar die entstandenen Funklöcher nicht vollständig, ermöglicht aber immerhin Mobilfunkempfang im Freien oder an günstigen Standorten, der ohne diese Anpassungen nicht möglich wäre.

Schäden im Festnetz

Erheblich aufwendiger wird die Behebung der Schäden im Festnetz ausfallen. Denn Vermittlungsstellen sind dort, wo die Häuser stehen, auch in direkter Nachbarschaft zu Wasserläufen und meist ebenerdig. Das

Hochwasser hat ganze Straßen inklusive Unterbau fortgerissen und darin verlegte Kabel beschädigt oder zerstört. Allein an einer derart abgetrennten Vermittlungsstelle in Gerolstein hingen 10.000 Anschlüsse – und einige Mobilfunksendemasten. Hier half auch der Notstromgenerator nichts: Das Wasser überschwemmte auch ihn und sorgte für einen Totalausfall der Vermittlungsstelle, und damit waren auch die daran angeschlossenen weiteren Mobilfunk-Basisstationen und DSL-Anschlüsse tot.

Aber Schäden entstanden auch anderswo, an den sogenannten MSANs (Multi-Service Access Nodes), den grauen Kästen mit VDSL-Vermittlungstechnik, die alle paar hundert Meter am Straßenrand stehen, um die Anschlüsse über kurze Leitungen mit hohen Datenraten zu versorgen. Stehen sie unter Wasser, muss die Elektronik komplett ersetzt werden. Noch schlimmer ist es, wenn nicht nur die Kästen, sondern auch die Anschlussleitungen selbst in Mitleidenschaft gezogen wurden. Ist die Leitung vom Haus zum MSAN zerstört, können die Reparaturen viele Monate dauern.

Durch die massiven Schäden am Festnetz wird der mobile Internetzugang in den Katastrophengebieten noch eine ganze Weile das Rückgrat der Kommunikation bleiben. Die Netzbetreiber gewährten Betroffenen in der Katastrophenregion großzügig kostenloses Transfervolumen, Telekom und Vodafone verteilten vor Ort Handys und Powerbanks an Flutopfer.

Die Netzbetreiber haben bereits lange Erfahrung mit Überschwemmungen. In

funk an den Backbone angebunden und sie benötigen eine Stromversorgung. Das BOS-Netz fiel aus den genau den gleichen Gründen aus wie die Mobilfunknetze: Das Wasser hatte Leitungen zerstört und die Stromversorgung unterbrochen.

Hinzu kam, dass die noch funktionierenden Netze überlastet waren, weil nicht nur alle verfügbaren Kräfte aus der Region unterwegs waren, sondern auch noch Unterstützung von außen kam, beispielsweise durch Feuerwehren und THW. Das führte dazu, dass Wartezeiten für Funkverbindungen entstanden, weil schlicht keine Kapazitäten mehr vorhanden waren.

Natürlich könnte man den BOS-Funk robuster machen, durch eine funktionierende Notstromversorgung vor Ort, alternative Leitungswege, zusätzliche Richtfunkverbindungen und erweiterte Kapazitäten, die man für den Fall einer überörtlichen Katastrophe vorhält. Richtfunkverbindungen sind zwar billig einzurichten, benötigen aber häufiger Wartung und sind anfälliger für Störungen durch Witterungseinflüsse als Glasfaserverbindungen. Und für alternative Kabelwege muss man mit rund 50 bis 100 Euro pro Meter Kabel rechnen. Bislang war dafür schlicht das Geld nicht da. Die Verantwortlichen werden bei der Analyse der Einsätze prüfen müssen, ob man bei Kapazität und Betriebssicherheit des BOS-Netzes in der Vergangenheit womöglich zu viele Kompromisse eingegangen war.

Fehlende Alarmierung

Besondere Kritik entzündete sich bei der Aufarbeitung der Katastrophe an der fehlenden Alarmierung. Ausgerechnet im besonders betroffenen Landkreis Ahrweiler blieb die Warn-App Nina stumm. Der Landkreis bestätigte, dass die Warnung nur über Katwarn ausgespielt wurde, aber eigentlich übernehmen Katwarn und Nina gegenseitig alle Meldungen, sodass jeder Anwender nur eine der beiden Warn-Apps installieren muss. Warum die Warnung nicht erfolgte, muss noch geklärt werden.

Selbst optimistisch gerechnet erreichen Katwarn und Nina zusammen nicht einmal jeden fünften Smartphone-Nutzer. Als Ersatz für das vielerorts abgebauzte Sirenennetz taugen sie daher nur sehr eingeschränkt. Zwar sind die Warnmeldungen zielgerichtet und informieren detailliert und umfangreich über die aktuelle Warnlage, jedoch erreichen die

Warnungen immer noch viel zu wenige Menschen.

Die EU hat sich des Themas Warnung der Bevölkerung schon vor Jahren angenommen und Vorgaben gemacht. Das geplante Warnsystem EU-Alert soll ab 2022 EU-weit vor aktuellen Gefahren per Mobilfunk warnen. In den Niederlanden, Rumänien, Litauen und Griechenland setzt man dazu auf Cell Broadcast. Deutschland setzte hingegen bislang auf Warn-Apps. Nach dem Warntag-Fiasko 2020, bei dem eine bundesweite Alarmierung kläglich gescheitert war [1], wurde der Chef des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) von Bundesinnenminister entlassen.

Anderswo hat man mit Cell Broadcast (CB) gute Erfahrungen gemacht. Wenn es schnell gehen muss, spielt Cell Broadcast seine Vorteile aus, denn mit nur einer Nachricht werden alle Mobilfunkgeräte in einer Zelle gleichzeitig erreicht. Das klappt in Sekunden: Japan beispielsweise warnt bei Erdbeben mit CB-Warnungen, Israel bei Raketenangriffen. Notfallmeldungen hoher Priorität per CB durchbrechen die Stummschaltung des Handys und schlagen laut Alarm. Eine im deutschen Alphabet verfasste Nachricht kann bis zu 1395 Zeichen enthalten.

Dazu ist nicht einmal ein Smartphone nötig. Seit 1999 ist Cell Broadcast in den Betriebssystemen von Handys implementiert.

tiert, kann also auch von Uralt-Modellen empfangen werden. Bei Smartphones muss keine App installiert werden, CB ist Teil des Betriebssystems. Davon profitieren auch ausländische Nutzer, die in Deutschland unterwegs sind und deren Handy in eine deutsche Mobilfunkzelle eingebucht ist.

Die Netzbetreiber haben Cell Broadcast vor vielen Jahren als Informationsmedium genutzt, beispielsweise für günstig erreichbare Ortsvorwahlen oder für Nachrichtenangebote Dritter. Aufgrund mangelnder Nachfrage haben sie die Systeme wieder außer Betrieb genommen. Da CB ein standardisierter Dienst ist, der auf vorhandener Hardware läuft, ist der Aufwand für die Einrichtung aber gering. Das BBK geht davon aus, dass die Einrichtung eines CB-Warnsystems 20 bis 40 Millionen Euro kosten würde.

Erst mit der Hochwasserkatastrophe setzte sich offenbar die Einsicht durch, dass ein Alarmierungssystem vor allem einfach und zuverlässig sein muss. Und nun soll es plötzlich ganz schnell gehen: Noch in diesem Jahr sollen Cell Broadcasts in Deutschland zum Warnmittel werden, verkündete Bundesinnenminister Horst Seehofer (CSU). Und der Bund hat ein Förderprogramm mit 90 Millionen Euro für den Ausbau des Sirenenalarms aufgelegt. Allerdings wird es Jahre dauern, bis die Sirenen überall aufgebaut sind, das CB-System wird viel schneller am Start sein.

Fazit

Die Unwetterkatastrophe hat gezeigt, dass fehlende Warnungen im Ernstfall Menschenleben kosten. Mit Sirenen, Lautsprecher- und Rundfunkdurchsagen und einer funktionierenden Warn-Infrastruktur im Mobilfunknetz hätten viele Opfer rechtzeitig vor den heranrollenden Flutwellen gewarnt werden können.

BBK und Innenministerium setzen nun auf Sirenen und Cell Broadcast. Wenn diese Pläne tatsächlich umgesetzt werden und nach der Wahl nicht wieder in Schubladen verschwinden, wendet das natürlich keine Katastrophen ab. Aber Betroffene können sich und ihre Familien im Ernstfall dann rechtzeitig in Sicherheit bringen. (uma@ct.de) ct



In anderen Ländern, beispielsweise in Neuseeland, ist Cell Broadcast schon seit vielen Jahren ein etablierter und blitzschneller Warnweg.

Literatur

[1] Urs Mansmann, (Zu) stiller Alarm, App-Desaster am Warntag, c't 22/2020, S. 136



Hauptsache PCI Express

Günstige und teure PCIe-SSDs im Vergleich

Wer eine schnelle SSD benötigt, kauft heutzutage eine mit PCIe-Express-Schnittstelle. Doch muss es da die aktuelle Version 4.0 sein oder reicht auch ein deutlich günstigeres 3.0-Modell aus? Sieben sehr unterschiedliche SSDs liefern die Antwort.

Von Lutz Labs

Vielen PCIe-SSDs arbeiten nach dem Standard PCIe 3.0 und erreichen damit maximal rund 3,5 GByte/s, deutlich mehr als eine SATA-SSD. Einige aber nutzen bereits die Version 4.0 und kommen damit auf mehr als 7 GByte/s bei der Übertragung großer Datenmengen. Günstige 1-TByte-SSDs gibt es ab 90 Euro, die schnelleren kosten fast das Doppelte –

irgendeinen Unterschied sollte man doch bemerken.

Wir haben uns vier günstige SSDs ins Testlabor geholt und drei vom oberen Ende der Preisskala. Als Vertreter mit PCIe 3.0 sind Acer FA 100, Adata XPG Spectrix S20G, Kingston NV1 NVMe PCIe-SSD und Samsung 980 dabei, aus dem oberen Preissegment Crucial P5 Plus, Samsung 980 Pro und Teamgroup T-Force Cardea A440 – die 4.0er Seagate Firecuda 5300 schaffte es nicht rechtzeitig in die Redaktion, den Test liefern wir nach.

Dabei handelt es sich bei den günstigen SSDs nicht etwa um Auslaufmodelle; alle vier sind erst seit diesem Jahr in Deutschland erhältlich. Beim Speicher setzen sie fast alle auf den bewährten TLC-Flash (Triple Level Cell), der mit 3 Bit Speicherfähigkeit pro Zelle arbeitet – das in der Produktion noch einmal günstigere QLC-Flash (Quadruple Level Cell, 4 Bit pro Zelle) kommt nicht zum Einsatz. TLC

scheint dank hoher Produktionskapazitäten im Preis konkurrenzfähig geworden zu sein, eine günstige SSD muss also nicht extrem langsam sein.

Komponentenwechsel

Vor einigen Wochen geriet der SSD-Hersteller Patriot in die Kritik, weil er die Bestückung seiner PCIe-SSD VPN 100 verändert hatte – und zwar zum Nachteil der Kunden: Statt 1 GByte DRAM fanden sich auf einigen Exemplaren der 1-TByte-SSD nur noch 256 MByte, zudem ersetzte Patriot den Phison-Controller E12 durch die Version E12S [1]. In den öffentlich verfügbaren Datenblättern waren die Änderungen nicht vermerkt und sie sind von außen zudem auch nicht sichtbar, weil die Komponenten unter einem dicken Kühlkörper verborgen sind. Nach massiver Kritik entschuldigte sich Patriot. Das Unternehmen versprach jedoch gleichzeitig, dass die Änderungen keine Auswirkungen auf die Performance der SSD



Acer FA100

Die Acer FA100 kommt nicht aus den Fertigungsstätten von Acer, sondern von BiWin, einem chinesischen SSD-Hersteller, der unter anderem auch für HP arbeitet. Interessant daran ist vor allem, dass die SSD mit einem Controller des noch recht unbekannten Herstellers Innogrid arbeitet.

Unser Testgerät mit 1 TByte Speicherplatz hat rund 160 GByte SLC-Cache, damit erreicht die FA100 beim Schreiben rund 2,7 GByte/s. Bei vollem SLC-Cache aber sinkt die Schreibgeschwindigkeit auf die Hälfte, beim weiteren Beschreiben haben wir zum Ende hin nur noch 180 MByte/s gemessen.

- ⊕ PCIe 3.0
- ⊖ recht teuer
- ⊖ eher langsam

Preis: circa 125 Euro



Adata XPG Spectrix S20G

Die Adata XPG Spectrix S20G verbirgt Flash-Bausteine und Controller unter einem teils aus Kunststoff bestehenden Kühlkörper. Das transparente Plastik dient wohl vor allem dazu, die verschiedenen Farben der LEDs auf der Platine zu mischen.

Bei leerer SSD ist der SLC-Cache enorme 330 GByte groß, fasst also rund ein Drittel der Kapazität. Selbst bei 90 Prozent Befüllung lag die kurzzeitige Schreibrate bei knapp 2 GByte/s und damit kaum unter der leeren SSD. Beim sequenziellen Lesen erreichte die S20G gerade einmal 2,5 GByte/s.

- ↑ RGB-Beleuchtung
- ⊕ PCIe 3.0
- ⊖ recht langsam

Preis: circa 111 Euro



Crucial P5 Plus

Crucials erste Consumer-SSD mit PCIe 4.0, die P5 Plus, unterscheidet sich optisch von der P5 nur wenig, ein großer schwarzer Aufkleber verdeckt die Komponenten. Sie basiert wahrscheinlich auf der Micron 3400, der ersten 4.0er SSD der Konzernmutter. Controller und Flash stammen aus dem eigenen Haus. Die Kombination erreicht das Niveau von Samsungs 980 Pro, kommt aber nicht ganz an SSDs mit dem Phison-E18-Controller heran.

Der Test mit H2benchw offenbarte eine Merkwürdigkeit: Nach etwa 40 Prozent der Kapazität stieg die Schreibrate leicht an, statt wie sonst üblich, nach dem Befüllen des SLC-Cache stark abzufallen.

- ↑ sehr schnell
- ⊕ PCIe 4.0
- ⊖ braucht einen Kühlkörper

Preis: circa 180 Euro

haben sollten, da der Controller dies durch eine verbesserte Firmware auffangen sollte.

Ob einer und wenn ja, welcher der SSD-Hersteller dieses Tests ebenfalls in Zukunft heimlich einen Teil der Bausteine durch andere austauscht, können wir nicht vorhersehen. Kingston allerdings behält sich eine Änderung der Komponenten von vornherein vor, um immer eine möglichst günstige SSD bauen zu können. Aktuell zumindest klappt das gut: Die NV1 ist mit etwa 92 Euro die preiswerteste SSD in diesem Vergleich, rund 20 Euro günstiger als die XPG Spectrix S20G. Einige Preissuchmaschinen weisen darauf hin, dass die NV1 teils mit TLC-, teils mit QLC-Speicher ausgeliefert wird – unser Modell scheint mit QLC-Flash bestückt zu sein, denn die Datenübertragungsrate sackte nach Befüllung des SLC-Caches auf weniger als 100 MByte/s ab.

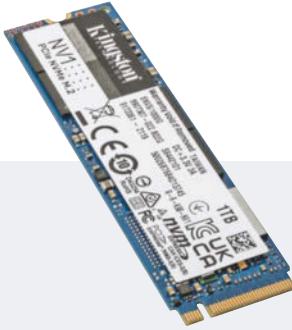
Solche Veränderungen scheinen vor allem im Niedrigpreissegment durchaus üblich zu sein. Erschwerend hinzu kommt der aktuelle Komponentenmangel, sodass so manche Hersteller sich wohl fast schon gezwungen sehen, auf andere Bauteile auszuweichen. Allerdings wäre es wünschenswert, wenn sie solche Änderungen dokumentieren würden.

Aber so schließt sich der Kreis zu den immer weniger aussagekräftigen Datenblättern vieler Hersteller. Denn wenn dort etwa keine Angaben zum Controller vermerkt sind, kann dieser bei Bedarf durch ein günstigeres oder ein jetzt gerade verfügbares Modell ersetzt werden: Solange die im Datenblatt zugesicherten Spezifikationen, also etwa die zur Geschwindigkeit, eingehalten werden, kann sich niemand wirklich beschweren. Falls Sie Informationen über etwaige Veränderungen besitzen und sie mit anderen teilen möchten, können Sie uns dies gerne mitteilen; bei Bedarf auch über unseren anonymen Briefkasten unter heise.de/investigativ/.

Preisfragen

Das Problem dürfte sich aufgrund der aktuellen Chip-Knappheit in den nächsten Monaten noch verstärken. Wer auf Nummer sicher gehen möchte, sollte daher besser bei den Herstellern Samsung, SK Hynix, Micron/Crucial, Kioxia oder Western Digital kaufen, die nicht nur den Flash-Speicher selbst produzieren, sondern auch eigene Controller entwickeln.

Der aktuelle Komponentenmangel hat noch weitere Auswirkungen: Die SSD-Preise sinken nicht immer weiter, sondern steigen in einigen Bereichen sogar wieder an. Im Vergleich zum zweiten Quartal dieses Jahres erwartet das Marktforschungsunternehmen Trendforce für den Bereich der Enterprise-SSDs im ak-



Kingston NV1 NVMe PCIe-SSD

Die Kingston NV1 ist die mit Abstand günstigste aktuelle PCIe-SSD. Kingston gibt keine Garantie, dass die auf unserem Testmuster verwendete Be-stückung auch in Zukunft benutzt wird; allenfalls die Geschwindigkeiten sollen gleich bleiben.

Die Geschwindigkeit geht dafür in Ordnung, auch wenn die SSD beim vollständigen Beschreiben mit H2testw die Daten am Ende nur noch mit 100 MByte/s entgegennimmt. Für all-tägliche Aufgaben reicht die SSD trotz eher gemächlicher Gangart aus, mehr als 1,7 GByte/s sind beim Schreiben nicht drin.

⬆️ sehr günstig

🟡 PCIe 3.0

⬇️ Komponentenwechsel möglich

Preis: circa 92 Euro



Samsung SSD 980

Die Samsung SSD 980 – ohne Zusätze – ist die erste Samsung-SSD ohne DRAM-Cache, trotz der fehlenden Evo-Kennung soll sie der Nachfolger der 970 Evo sein. Die Geschwindigkeit passt dazu, auch die Geschwindigkeit beim Vollschreiben mit H2testw liegt deutlich oberhalb der vergleichbarer SSDs.

Samsung schafft es, 1 TByte NAND-Speicher in TLC-Bauweise in einen einzigen Chip zu quetschen, auf allen anderen SSDs in diesem Vergleich sitzen mindestens zwei Chips.

⬆️ schnell

⬆️ flott unter Last

🟡 PCIe 3.0

Preis: circa 114 Euro



Samsung SSD 980 Pro

Für die Pro-Version der 980 nutzt Samsung zwei NAND-Chips und einen DRAM-Baustein mit 1 GByte, das macht die SSD um einiges fixer als die Einstiegsversion. Bei den synthetischen Benchmarks liegt sie mit an der Spitze, erreicht aber nicht ganz die Werte der Cardea A440.

Großer Vorteil der 980 Pro gegenüber den anderen PCIe-4.0-SSDs ist die geringe Erwärmung. Trotz hoher Geschwindigkeit benötigt die 980 Pro keinen hoch aufragenden Kühlkörper und passt damit auch in flache Notebooks hinein. Dennoch hält sie sehr lange eine hohe Geschwindigkeit.

⬆️ schnell

🟡 PCIe 4.0

⬇️ teuer

Preis: circa 172 Euro

tuellen Quartal eine Steigerung von 15 Prozent. Angaben über die Preisentwicklung der Desktop-SSDs hat Trendforce nicht gemacht.

Interna

Neben der Schnittstelle gibt es einen weiteren wesentlichen Unterschied zwischen den günstigen und den teuren Modellen: Die höherpreisigen nutzen einen eigenen DRAM-Chip, die günstigen bedienen sich über den NVMe-Treiber am Hauptspeicher des PCs. Das macht die SSD ein klein wenig langsamer. Die zugrunde liegenden Schreibstrategien haben wir in unserer Grundlagen-serie zum Thema NAND-Flash [2] erklärt.

Die PCIe-3.0-SSDs nutzen Controller mit jeweils vier NAND-Kanälen, die schnelleren SSDs können ihre Daten parallel über acht Kanäle an die Flash-Chips verteilen – auch das führt zu höheren Geschwindigkeiten. Samsung nutzt für die verschiede-

nen Versionen der 980 verschiedene Controller; die 980 arbeitet mit dem aus der externen SSD T7 bekannten Pablo, für die 980 Pro setzt Samsung auf den neueren Elpis. Der Controller der T-Force Cardea A440, der Phison E18, kommt bei vielen PCIe-4.0-SSDs zum Einsatz; Micron baut eine Eigenentwicklung ein, zu der keine näheren Informationen vorliegen. Auf den anderen PCIe-3.0-SSDs sitzen Controller von Innogrid, Realtek und Phison.

Crucial/Micron und Samsung betreiben eigene NAND-Flash-Fertigungen und verlöten diesen Speicher dann auch auf den eigenen SSDs; Kingston besitzt einen kleinen Anteil am Fertigungskonglomerat um Kioxia und dürfte bevorzugt diesen Speicher einsetzen. Die anderen Hersteller verbauen dem Anschein nach ebenfalls Speicher von Micron, wobei die Teamgroup-SSD dessen modernste Inkarnation mit 128 Lagen nutzt.

Speicher von Chinas Flash-Neuling Yangtze Memory Technologies Company (YMTC) findet sich nicht auf den SSDs, dieser wird voraussichtlich auch nicht so schnell seinen Weg in hierzulande erhältliche Produkte finden. Ein Vergleich mit der etablierten Konkurrenz ist dennoch interessant: In einem chinesischen Forum (siehe ct.de/yem5) findet sich der Bericht eines Anwenders, der drei PCIe-4.0-SSDs mit dem gleichen Controller, aber unterschiedlichem Flash-Speicher vergleicht. Der YMTC-Speicher braucht sich bei der Geschwindigkeit demnach nicht vor dem von Micron oder Kioxia zu verstecken. Der Gerüchteküche zufolge liegt jedoch die Ausbeute funktionstüchtiger Halbleiterbauelemente bei YMTC unter den Erwartungen. Der Mutterkonzern Tsinghua Unigroup ist derweil pleite, sodass zusätzlich Umstrukturierungen ins Haus stehen.



Teamgroup T-Force Cardea A440

Teamgroup nutzt für die T-Force Cardea A440 die üblichen Komponenten einer schnellen aktuellen PCIe 4.0-SSD: schnellen Micron-Speicher, Phison-SSD-Controller E18 und etwas DRAM. Damit kommt die A440 auf sehr hohe Geschwindigkeiten, beim Schreiben mit Iometer liegt sie einsam an der Spitze.

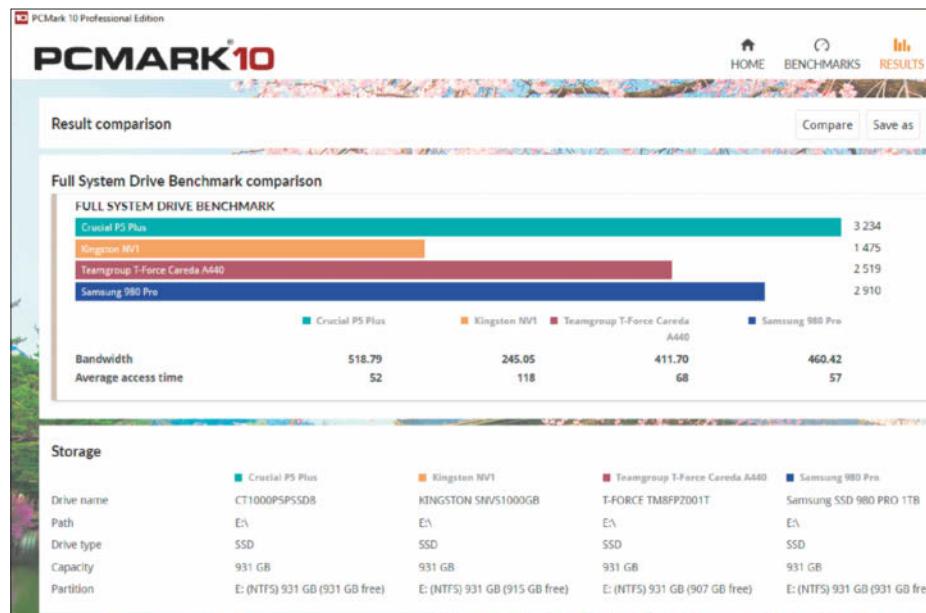
Im Dauerbetrieb aber muss die A440 sich in einigen Disziplinen den eigentlich langsameren SSDs von Crucial und Samsung geschlagen geben. Im Konsistenztest erreicht sie nicht einmal die Hälfte der Punkte dieser beiden SSDs.

sehr schnell

PCIe 4.0

extrem teuer

Preis: circa 429 Euro



Der Anwendungsbenchmark PCMark 10 ermittelt unter anderem die Eignung einer SSD als Startlaufwerk für ein System.

fall einen Stand-alone-Updater für neue Firmware-Versionen anbieten.

Crucial, Kingston und Samsung punkten ebenfalls bei der weiteren Softwareausstattung, aber auch Acer ist hier dabei: Acer, Crucial und Kingston legen Acronis TrueImage bei, Samsung seine eigene Klon-Software Data Migration.

Bei den anderen Herstellern sieht es eher mau aus: Von Teamgroup gibt es gar nichts, Adata stellt die SSD Toolbox zum Download bereit. Diese lieferte jedoch bei der Prüfung auf ein Firmware-Update lediglich ein Dialogfenster mit dem Text „Error“ zurück. Secure Erase unterstützt die Software ebenfalls nicht, weshalb sich die Installation nicht lohnt.

Hitzköpfe

Die ersten Kühlkörper für M.2-SSDs kamen vor etwa fünf Jahren auf den Markt, damals haben wir noch keinen großen Nutzen erkennen können [3]. Doch mit den deutlich schnelleren PCIe 4.0-SSDs sieht das etwas anders aus: Die P5 Plus erhitzte sich im Test bereits beim Lesen so stark, dass der Controller von 6,6 GByte/s auf weniger als 4 GByte/s drosselte. Viele SSDs der Oberklasse kommen heutzutage mit einem Kühlkörper, auf vielen Mainboards der gehobenen Ausstattungsklasse sitzen die M.2-Slots unter einem wärmeableitenden Alublech. Für die Tests haben wir der P5 Plus daher einen Kühlkörper aufgesetzt, und zwar den bei der Teamgroup-SSD mitgelieferten.

Die langsameren PCIe 3.0-SSDs benötigen nach unserer Ansicht auch weiterhin nicht zwingend eine Kühlung, der Aufbau der XPG S20G dient wohl vor allem zur Befestigung der RGB-Beleuchtung. Auf der Unterseite der 980er SSDs von Samsung klebt eine nur 0,3 Millimeter dicke Kupferfolie, die die Abwärme der Flash-Chips etwas besser verteilt; damit passen sie noch in Notebooks hinein. Einen anderen Kühlkörper benötigt auch die schnellere 980 Pro nach unseren Messungen nicht.

Benchmarks

Bei den Geschwindigkeitsmessungen kommen verschiedene Programme zum Einsatz: Mit dem fein einstellbaren Iometer beispielsweise können wir aus den SSDs die maximalen Geschwindigkeiten bei sequenziellen und zufälligen Zugriffen herauskitzeln. Erstere spielt etwa beim Kopieren von Daten oder dem Speichern eines großen Videoprojektes eine Rolle. Wichtiger für die alltäglichen Tätigkeiten, etwa den Start von Windows oder umfangreicher Programmpakete, ist jedoch die Geschwindigkeit beim Zugriff auf zufällige Adressen.

Weiterhin setzen wir auf unsere eigentlich für Festplatten beziehungsweise USB-Sticks entwickelten Programme H2benchw und H2testw. Mit H2benchw können wir den Verlauf der Geschwindigkeit über die Füllung des Laufwerks beobachten, meistens sieht man damit, wie groß der SLC-Cache der SSD ist. H2testw füllt das gesamte Laufwerk mit nicht kom-

Firmware-Updates

Oft heißt es „never change a running system“. Dennoch sollte man gelegentlich schauen, ob es für die eigene SSD nicht eventuell ein Firmware-Update gibt. Samsung hat etwa für die 980 Pro gerade Mitte Mai eine neue Version der Betriebssoftware herausgebracht, da es laut Hersteller „in einigen Fällen kurzfristig zu einer verringerten Schreibleistung kam“. Samsung setzt dazu seit Jahren auf das hauseigene Programm Magician, welches gerade in Version 6.3 erschienen ist. Crucials Storage Executive benötigt Java, um Firmware-Updates zu erledigen, ein Secure Erase der P5 Plus klappte nicht. Java-verweigerer haben immerhin die Möglichkeit, die mitgelieferte Kommandozeilenversion der Verwaltungssoftware zu benutzen. Kingstons SSD Manager könnte Firmware-Updates einspielen, bietet aber kein Secure Erase an. Acer will im Bedarfs-

primierbaren Daten und gibt danach eine Geschwindigkeit über alles aus – diese liegt immer sehr deutlich unter der, die der Hersteller versprochen hat, weil der Controller die Daten nach der Befüllung des SLC-Cache direkt in den langsamen Speicher schreiben muss und zudem die Erhitzung der Komponenten eine Rolle spielt.

Zusätzlich nutzen wir den Anwendungsbenchmark PCMark 10. Zwei der dort enthaltenen Storage-Benchmarks fließen in die Bewertung ein: Der Full System Drive Benchmark überprüft die Eignung als Startlaufwerk, während der Drive Performance Consistency Test die SSDs über Stunden quält und danach eine Bewertung für die Eignung unter hoher Last erstellt. Für typische PC-Nutzung spielt die Dauerbelastung jedoch nur eine geringe Rolle: Bei Geschwindigkeiten von beispielsweise 4 GByte/s hat man nach 13 Sekunden über 50 GByte kopiert. Das Beschreiben einer kompletten 1-TByte-SSD würde bei 4 GByte/s kaum mehr als 4 Minuten dauern, sofern die SSD nicht aufgrund von Erhitzung oder volllaufendem SLC-Cache drosselt.

Darüber hinaus setzen wir den Standard-Office-Benchmark von PCMark 10

ein, der eine Gesamtleistungsfähigkeit des Systems ermittelt. Dazu haben wir auf einer SSD ein frisches Windows installiert und dieses auf die Testmuster geklont; außer der Test-SSD ist dann kein weiterer Datenträger im System vorhanden. Dieser Test aber, der laut der Eigenwerbung „die Leistungsfähigkeit eines Gesamtsystems für das moderne Büro“ ermitteln soll, war ernüchternd: Die Ergebnisse lagen zwischen 5956 und 6053 Punkten. Demnach variiert die Leistungsfähigkeit eines Gesamtsystems je nach eingesetzter SSD um nicht einmal zwei Prozent – das ist nicht spürbar.

Fazit

Für die Auswahl der optimalen SSD für das eigene System muss man Kriterien abseits der Benchmarks heranziehen. Der Kauf einer schnellen und teuren PCIe-4.0-SSD ist nur sinnvoll, wenn man häufig große Datenmengen bewegt, etwa bei großen Spielen, in Datenbanken oder beim Videoschnitt. Für viele andere Einsätze wie die tägliche Büroarbeit genügt eine günstige PCIe-3.0-SSD völlig.

Für einige Aufgaben mag sogar die Kingston NV1 ausreichen, wenn man sich auf das Komponentenlotto einlassen

möchte. Modder mögen mit der RGB-Beleuchtung der Adata XPG Spectrix S20G liebäugeln, Acers FA-100 ist für die gebotene Leistung noch etwas zu teuer. Kleiner Sieger in der 3er-Klasse ist die Samsung 980, die sich hier auch in vielen Benchmarks an der Spitze befindet.

Die Auswahl bei den PCIe-4.0-SSDs fällt etwas schwerer. Wer auf Nummer sicher gehen möchte, greift zur Samsung 980 Pro. Einen Tick schneller ist die Teamgroup T-Force Cardea A440, die jedoch in Deutschland nur zu einem weit überhöhten Preis erhältlich ist. Wenn der Preis der Crucial P5 Plus sich einmal in der Nähe der 980 Pro eingependelt, dann ist diese dank ihrer hohen Geschwindigkeit ebenfalls eine gute Wahl. (ll@ct.de) ct

Literatur

- [1] Lutz Labs, Patriot-SSD VPN100 mit weniger DRAM, c't 17/2021, S. 48
- [2] Tim Niggemeier, Beschleuniger Speicher, Flash-Grundlagen, Teil 3: Firmware-Architekturen, c't 12/2021, S. 136
- [3] Lutz Labs, SSD-Roundup, Solid-State Disks mit SATA- und PCIe-Schnittstelle, c't 23/2016, S. 102

Download der Testprogramme:
ct.de/yem5

PCIe-SSDs – Benchmarks

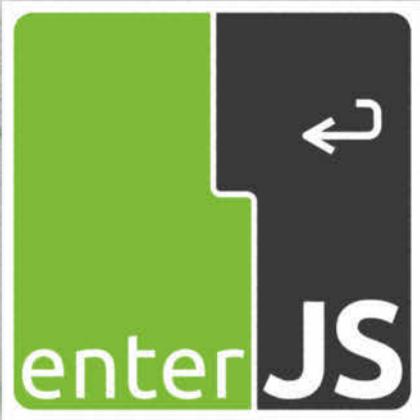
	seq. Transferraten schreiben/lesen ¹ [MByte/s]	seq. Transferraten gesamte SSD ² / 5 Minuten ¹ [MByte/s]	IOPS lesen QD=1/32/256 ³ [in Tausend]	IOPS schreiben QD=1/32/256 ³ [in Tausend]	PCMark 10 Drive Performance Consistency / Full System Drive / Office Benchmark ⁴ [Punkte]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
Acer FA100	2697/2706	286/2659	17/159/149	56/261/266	267/1516/5956
Adata XPG Spectrix S20G	2049/2558	242/1948	14/241/299	46/223/241	776/2146/5970
Crucial P5 Plus	5008/6778	776/5008	17/416/695	53/487/666	2796/3234/6053
Kingston NV1 NVMe PCIe-SSD	1683/2217	102/1649	15/155/160	50/192/189	379/1475/6014
Samsung SSD 980	2855/3570	501/2837	17/369/500	53/379/384	409/2671/6026
Samsung SSD 980 Pro	4953/6648	1690/4937	22/503/1020	55/505/104	2130/2910/6037
Teamgroup T-Force Cardea A440	5459/7120	990/5454	18/284/360	72/589/1206	982/2519/5961

¹ gemessen mit Iometer, Blockgröße 512 KByte ² gemessen mit H2testw ³ gemessen mit Iometer, Blockgröße 4 KByte ⁴ auf Asus TUF Gaming B550M-Plus (Wi-Fi) mit AMD Ryzen 7 5800X und 16 GByte RAM

PCIe-SSDs mit 1 TByte Speicherplatz

Modell	FA100	XPG Spectrix S20G	P5 Plus	NV1 NVMe PCIe-SSD	SSD 980	SSD 980 Pro	T-Force Cardea A440
Hersteller, URL	Acer, acerstorage.com	Adata, adata.com	Crucial, crucial.com	Kingston, kingston.com	Samsung, samsung.com	Samsung, samsung.com	Teamgroup, teamgroupinc.com
Bezeichnung	BL9BWWA.120	ASPECTRIXS20G-1T-C	CT1000 P5SSD8	SNVS/1000G	MZ-V8V1T0BW	MZ-V8P1T0BW	TM8FPZ00 1TOC327
Von Windows erkannte Kapazität ¹	954 GByte	932 GByte	932 GByte	932 GByte	932 GByte	932 GByte	932 GByte
Interface / Protokoll	PCIe 3.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 3.0 x4 / NVMe 1.3	PCIe 4.0 x4 / NVMe	PCIe 3.0 x4 / NVMe 1.3	PCIe 3.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4
SSD-Controller / NAND-Kanäle	Innogrid IG5216BBA / 4	Realtek RTS5766DL / 4	Micron DM02A1TPP3N598 / 8	Phison PS5013-E13-31 / 4	Samsung Pablo / 4	Samsung Elpis S4LV003 / 8	Phison E18 (PS5018-E18-41) / 8
Endurance ²	600 TByte	600 TByte	600 TByte	240 TByte	600 TByte	600 TByte	700 TByte
jährliche Ausfallwahrscheinlichkeit ²	0,44 %	0,44 %	0,44 %	0,58 %	0,58 %	0,58 %	0,29 %
Garantie	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
Straßenpreis	125 €	111 €	180 € ³	92 €	114 €	172 €	429 €

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 ³ UVP des Herstellers



Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

29. – 30. September 2021 – Online

www.enterjs.de

Jetzt
Tickets zum
**Frühbucher-
Rabatt**
sichern!

Veranstalter

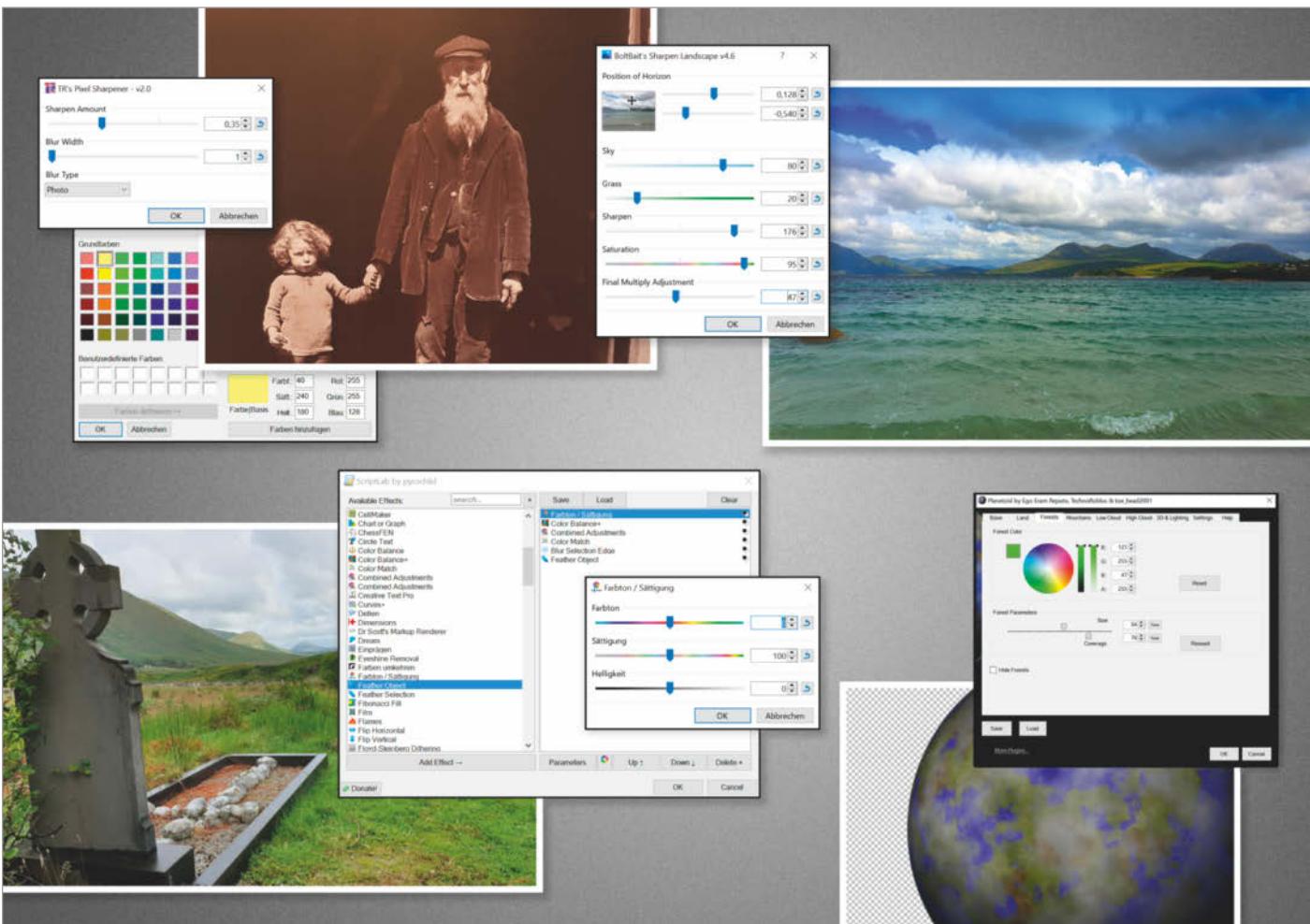


MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE
INFORMATIONSTECHNIK

heise Developer

© Copyright by Heise Medien.

dpunkt.verlag



Nachgerüstet

Nützliche Plug-ins für die kostenlose Bildbearbeitung Paint.NET

Effektfilter, Pfadtexte, Vektorgrafik, PSD- und Raw-Support – vieles, was in Paint.NET fehlt, lässt sich mit zahllosen Plug-ins aus der Community nachrüsten.

Von Martin Reche

Das kostenlose Paint.NET für Windows vereint Malprogramm und Bildbearbeiter in einem. Es eignet sich für alle, denen Photoshop zu teuer, Paint (ohne .NET) zu reduziert und Gimp zu kompliziert ist. Das Programm konzentriert sich auf wenige Kernfunktionen und punktet mit einer aufgeräumten Bedienoberfläche und flottem Arbeitstempo. Mit wenigen

Mausklicks lassen sich einfache Skizzen und Infografiken mit mehreren Ebenen auf die virtuelle Leinwand zeichnen. Mit etwas Übung verbessert Paint.NET darüber hinaus Fotos: So lassen sich mit den integrierten Werkzeugen etwa Horizonte schiefer Aufnahmen geraderücken, Bilder mit festen Seitenverhältnissen zurechtschneiden, Farben, Helligkeit sowie Kontraste nachträglich justieren, Fotos mit Filtern verfremden et cetera.

Früher oder später stoßen Sie aber möglicherweise an die Grenzen des Programms – sei es, weil Sie Texteffekte brauchen, einen Filter vermissen, Raw-Bilder importieren oder Photoshop-Dateien bearbeiten wollen. Hier setzt die Community an. Sie stellt im offiziellen, englischsprachigen Web-Forum Hunderte kostenlose Erweiterungen zum Download zur

Verfügung. Damit können Sie das Programm nach dem Baukastenprinzip um viele der Funktionen erweitern, die Sie im Alltag benötigen. Eine Volltextsuche und ein alphabetisch sortierter Index helfen beim Aufspüren bestimmter Erweiterungen im Forum. Links zum Paint.NET-Download, dem offiziellen Forum und allen hier vorgestellten Plug-ins finden sich unter ct.de/yrwf.

Auf die Quelle achten

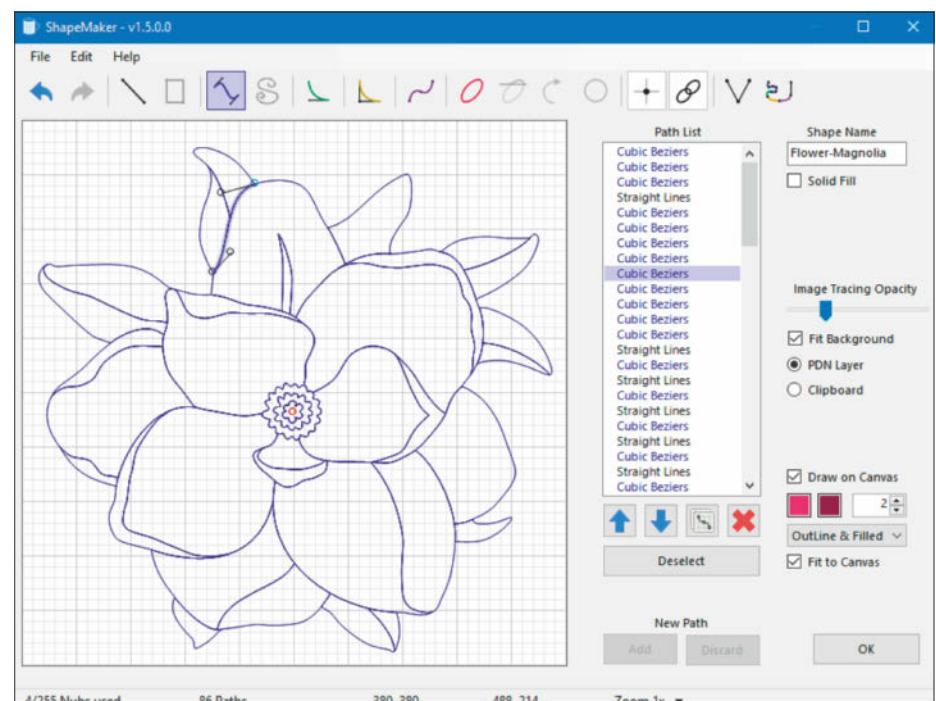
Die Foren-Admins weisen nachdrücklich darauf hin, dass man Paint.NET-Plug-ins ausschließlich aus verifizierten Quellen beziehen sollte – zu groß ist sonst die Gefahr, dass Downloads Malware anhaftet. Moderatoren prüfen neue Erweiterungen, bei noch ungeprüften Einträgen sollten Sie Vorsicht walten lassen. Ein zusätzlicher

Virenscan, beispielsweise mit dem Windows Defender, gibt vor der Installation zusätzliche Sicherheit. Dieser Artikel erklärt, wie Sie Plug-ins installieren, organisieren und bei Nichtgefallen wieder von der Festplatte tilgen. Er stellt diverse Erweiterungen und Plug-in-Sammlungen vor, die uns besonders gefielen. Wir haben die Plug-ins im kostenlosen Paint.NET 4.2.16 (ct.de/yrwf) unter einem aktuellen Windows 10 installiert. Für rund sieben Euro bietet der Hersteller auch eine kostenpflichtige Version seiner Anwendung im Microsoft Store an. Durch deren Kauf unterstützen Sie die Entwickler und erhalten Versions-Updates und Bugfixes vollautomatisch.

Plug-in-Formate

Die Plug-ins landen in der Regel einzeln oder im Paket als Zip- oder Rar-Archiv auf der Festplatte. Plug-in-Pakete sind im Forum als solche markiert. In den Archiven stecken entweder ausführbare Installationsdateien oder Programmbibliotheken (DLL-Dateien). Plug-ins mit einem Installer schubsen ihre DLLs selbstständig in einen der passenden Paint.NET-Ordner namens Shapes, FileTypes oder Effects.

Ein Beispiel für eine Erweiterung mit Installer als EXE-Datei ist das **Shape-Maker**-Plug-in. Es fügt dem Programm einen WYSIWYG-Editor hinzu, mit dem Sie Vektorgrafiken erstellen können. Der Editor wartet nach der Installation hinter „Effekte/Advanced“ auf seinen Einsatz – jedoch erst nach einem Programm-Neustart. Diesen erfordern alle Erweiterungen, bevor sie zur Verfügung stehen.



Das Shape-Maker-Plug erweitert Paint.NET um Werkzeuge für Vektorgrafiken.

Reine DLL-Plug-ins müssen Sie manuell und mit Administrator-Rechten in einen der Unterordner verschieben. In welchen, hängt von der Art des Plug-ins ab: Ein Filter-Plug-in landet im Ordner „Effects“, eines zur Erweiterung der Dateikompatibilität in „FileTypes“. Ein wichtiger Hinweis für die Nutzer der kostenpflichtigen Ausgabe von Paint.NET aus dem Microsoft Store: Bei dieser Version müssen Sie die Ordner zuerst händisch anlegen. Achten Sie dabei auf die korrekte Schreibweise, da das Programm die Er-

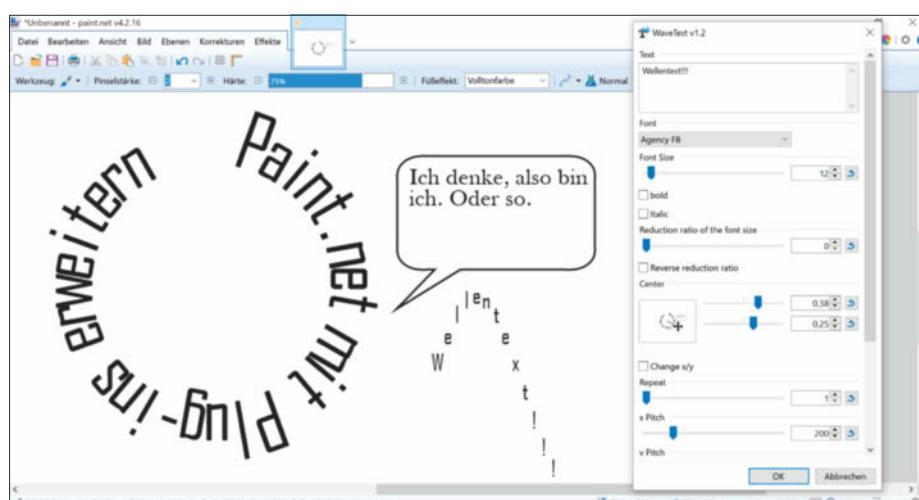
weiterungen sonst nicht findet. Zur besseren Übersicht versieht Paint.NET alle installierten Plug-ins im Menü mit einem kleinen Puzzleteil-Symbol. So heben sich diese von den nativen Paint.NET-Werkzeugen optisch ab.

Bildverbesserung und -verfremdung

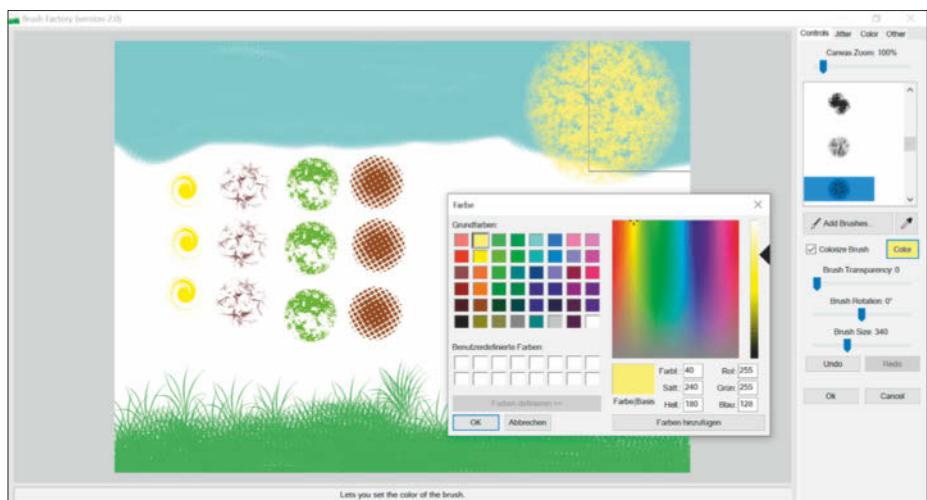
Hobbyfotografen mit einer Kamera, bei der der Blitz achsengleich mit dem Objektiv montiert ist, bekommen es bei Aufnahmen mit Blitzlicht häufiger mit dem „Rote-Augen-Effekt“ zu tun. Zwar bringt Paint.NET bereits ein Rote-Augen-Werkzeug mit, jedoch hat uns das Plug-in **Eyeshine** besser gefallen, um solche Makel zu retuschieren.

Dafür markieren Sie im ersten Schritt mit einer Pipette die zu retuschierende Farbe in einer Pupille. Mit dem Kreiswerkzeug ziehen Sie einen Kreis um diese und starten anschließend das Plug-in. Mit dessen Schiebereglern schwächen Sie das Rot ab oder entsättigen den Bereich völlig. Wiederholen Sie den Vorgang anschließend für das zweite Auge und orientieren Sie sich am Ergebnis des ersten.

Verwackelte Fotos versucht das Plug-in **TR's Pixel Sharpener** zu restaurieren. Das Plug-in bringt verschiedene Schärfungstypen und zwei Regler für Schärfegrad und Unschärfebereich mit – selbst ausgeblitzene Fotos lassen sich damit in



dpy's Plugin Pack enthält eine Reihe von Textwerkzeugen mit mehr Optionen als die programmeigenen Textfunktionen.



Die Malfähigkeiten von Paint.NET werden durch die umfangreiche Brush-Sammlung des Plug-ins Brush Factory deutlich aufgewertet.

begrenztem Rahmen restaurieren. Bei übertriebenen Einstellungen verfremdet das Plug-in Aufnahmen künstlerisch, indem es diese körnt oder bereits vorhandene Körnung extrem überzeichnet.

Textwerkzeuge und Pinsel

Gelegentlich möchten Sie vielleicht Bilder mit Text versehen, etwa für Einladungskarten. Mit dem in Paint.NET integrierten Textwerkzeug gelingt das nur rudimentär: Texte lassen sich zwar auf der Leinwand einfügen und formatieren, nachträglich jedoch nicht editieren. Außerdem fehlen tiefer gehende Optionen für die Anordnung.

Abhilfe schafft die Erweiterung **dpy's Plugin Pack**. Sie bringt acht Textbearbei-

tungswerkzeuge mit. Damit lassen sich unter anderem Texte rotieren, mit Kreis anordnen sowie Sprechblasen generieren und ausfüllen. Das mitgelieferte „Text+“-Werkzeug arbeitet wie das integrierte Textwerkzeug, bietet aber mehr Formatierungsoptionen und Einstellungsmöglichkeiten.

Das Plug-in-Paket **Brush Factory** bringt rund zwei Dutzend Pinsel mit, die unter anderem Spiralen, Grashalme und Schraffuren auf die Leinwand des Plug-in-Editors zeichnen. Neue Pinsel lassen sich importieren, per Farbpalette oder Pipette wählt man Farben aus. Wem die Voreinstellungen der Pinsel nicht gefallen, der individualisiert diese über die vielfältigen Einstellungsoptionen. So lassen sich etwa

Transparenz und Dichte neu justieren und ein simuliertes Zittern der Künstlerhand sowie Symmetrien aktivieren.

EER Plug-in-Pack

Mit dem **EER Plug-in-Pack** erweitern Sie Paint.NET um eine einfache, aber wirkungsvolle Mindmappingfunktion. Dafür legt der Installer unter Effekte/Rendern das Werkzeug „Organigram“ ab. Mit diesem erstellen Sie Organigramme sowie Mindmaps und bestimmen Anzahl, Größe und Erscheinungsbild der Verästelungen. Liniendicke und -länge, Füllungen und Rotation der Äste lassen sich bearbeiten.

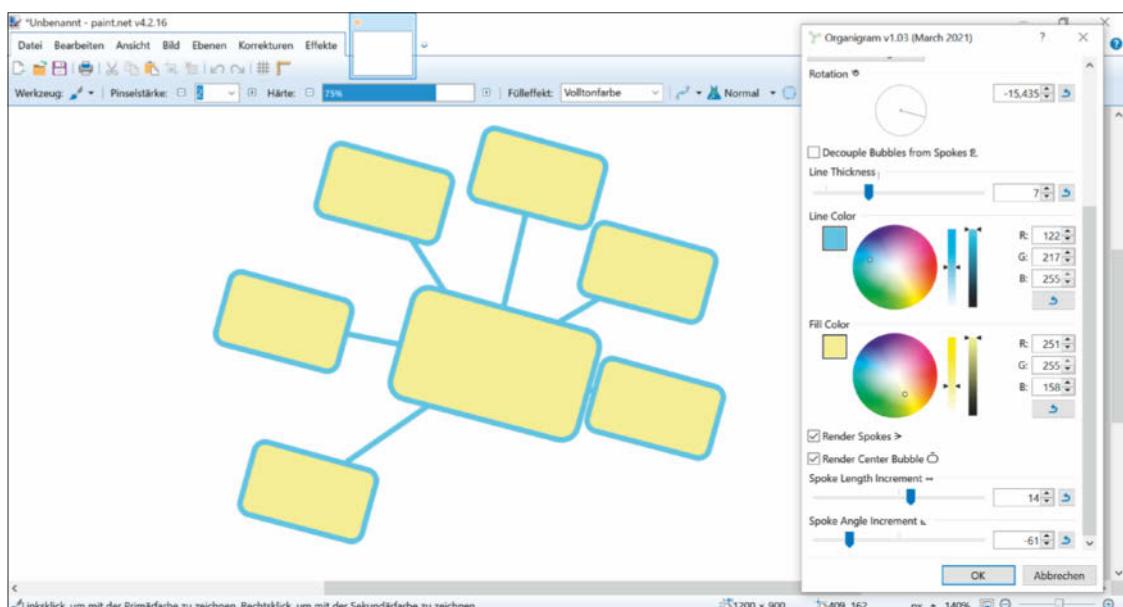
EERs Plug-in-Pack rüstet aber noch weitere spannende Funktionen nach: So rendert „MathLaTeX“ beispielsweise Formeln auf die aktive Ebene.

„Planetoid“ rendert – wie der Name vermuten lässt – Planeten auf die Leinwand. Für ein möglichst realistisches Abbild lassen sich diverse Parameter für Landmassen, Berge, Wälder und Wolken einstellen. Dank individueller Farbgebung entstehen auf Wunsch auch Wüstenplaneten wie Dune.

„Polaroid Frame“ ergänzt Bildausschnitte mit einem Rahmen, wie man ihn aus Sofortbildkameras kennt. Die Proportionen des Rahmens orientieren sich laut Entwickler an denen des analogen Originals.

BoltBait Plug-in Pack

Das **BoltBait Plug-in Pack** enthält wie das Plug-in-Pack von EER Dutzende Erweiterungen. Dazu zählen unter anderem Werkzeuge zum Zeichnen von Sternen, Pfeilen



Das EER-Plug-in-Pack enthält eine ganze Reihe unterschiedlicher Erweiterungen, darunter eine Funktion zum Erzeugen von Mindmaps und Organigrammen.

und Polygonen sowie Farbpaletten. Auch Tools zur Bildbearbeitung und -verbesserung befinden sich im Paket.

„Landscape Sharpener“ verleiht bleichen Landschaftsaufnahmen mehr Dramatik durch sattere Farben: Das Erscheinungsbild von Himmel und Gras lässt sich per Schieberegler separat justieren. Bildschärfe und Sättigung können Sie für das gesamte Bild einstellen. Der Einstellungsbereich reicht von subtiler Verbesserung bis zur dramatischen Überzeichnung im HDR-Stil.

Mit „Dream“ bietet das **BoltBait Plug-in Pack** eine Erweiterung, die Fotos auf Wunsch durch Defokussierung eine surreale bis comichafte Anmutung verleiht. Der „Fire Effect“ taucht Farbverläufe in Flammen und tilgt auf Wunsch Farbinformationen aus Bildern. Mit „Gaussian Blur+“ heben Sie bestimmte Bereiche eines Bildes durch selektive Scharfzeichnung nachträglich hervor.

Wer häufig die gleichen Plug-ins mit denselben Einstellungen anwendet, kann diese wiederkehrenden Arbeitsschritte mit dem Plug-in **ScriptLab** von pyrochild automatisieren. Die Erweiterung listet alle Effektfilter des Programms und erlaubt deren freie Kombination. Sämtliche Effektparameter lassen sich einstellen, auch die Reihenfolge der Effekte können Sie frei bestimmen. Damit die Skripte nicht verloren gehen, speichert Paint.NET diese auf Wunsch.

PSD- und Raw-Support

Wie eingangs erwähnt, sollte man Plug-ins nur aus vertrauenswürdigen, im Idealfall



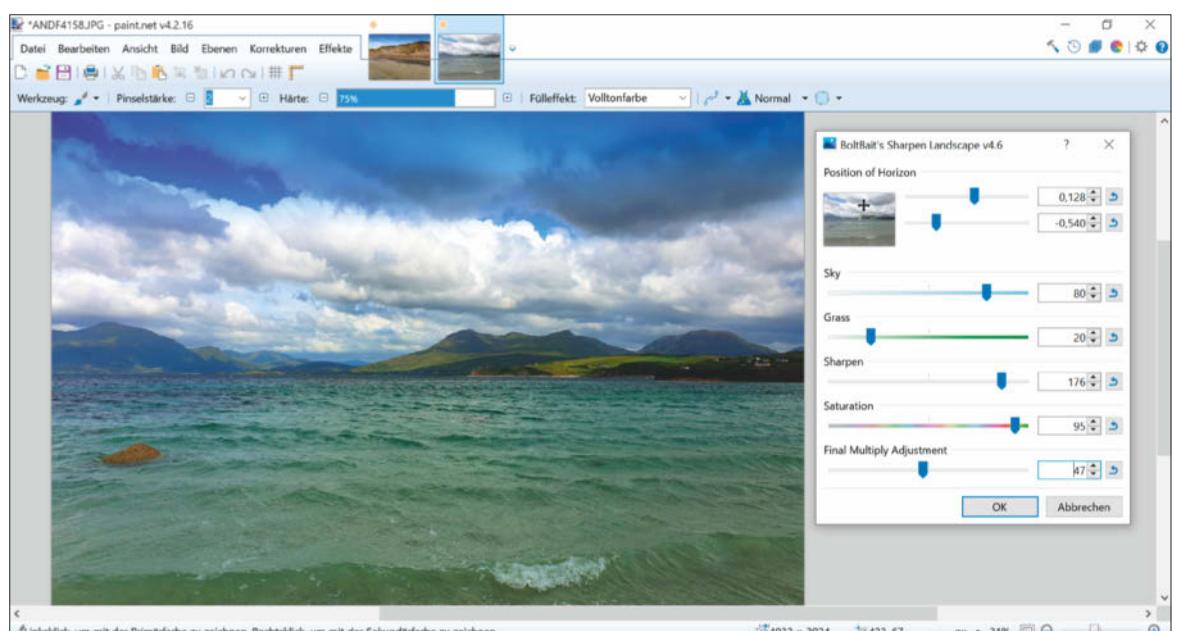
Der Landscape Sharpener macht flau und fahl wirkende Landschaftsbilder lebendig.

von Moderatoren geprüften Quellen installieren. Leider findet sich dort kein Tool, mit dem sich Photoshop-Dateien importieren lassen. Wer das unbedingt will, kann sich nur bei einer externen Quelle bedienen. Das **PSD-Plug-in** von Tao Yue kann in Paint.NET Photoshop-Dateien öffnen, in begrenztem Rahmen bearbeiten und speichern.

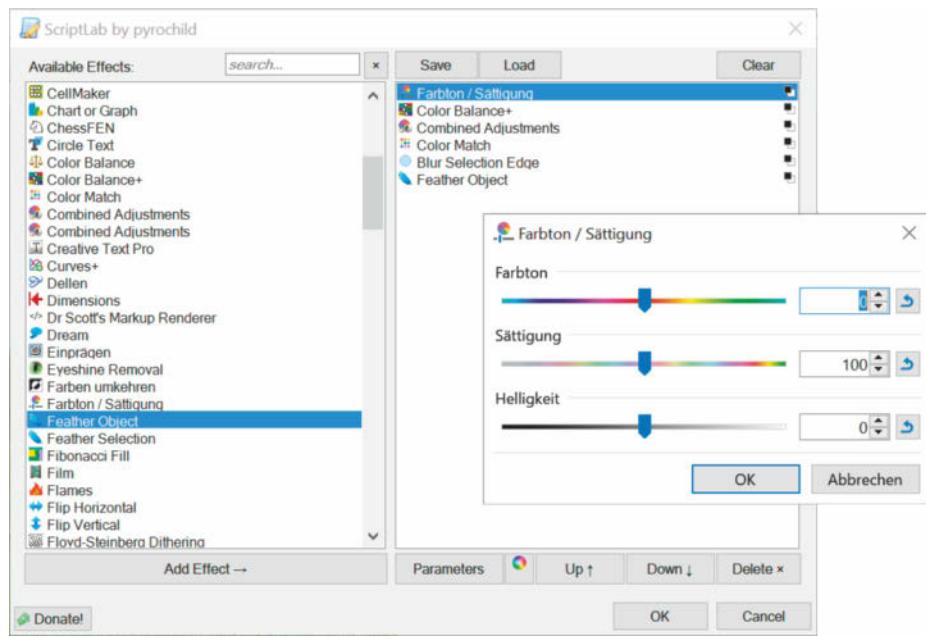
Die DLL-Dateien aus dem entsprechenden Zip-Archiv landen in diesem Fall, wie bei allen Dateiformaterweiterungen, im Ordner „FileTypes“ und nicht im Ordner „Effects“. Einmal installiert, unterstützt das Plug-in PSD-Dateien unter anderem mit mehreren Ebenen, 8 Bit Farb-

tiefe pro Kanal und den RGB-Farbraum. Ebenen-Effekte erkennt Paint.NET hingegen noch nicht.

Wer die Fotos seiner Digitalkamera ohne jegliche Komprimierung und kamerainterne Aufbereitung professionell nachbearbeiten möchte, fotografiert im Raw-Modus. Dateien mit Raw-Fotos lassen sich mit Raw-Konvertern öffnen und bearbeiten. **RAWFileLAB** setzt den freien Raw-Konverter **draw** voraus und öffnet und bearbeitet mit dessen Hilfe 36 Raw-Formate. Darunter befinden sich unter anderem DNG (Digital Negative), NEF (Nikon) und CR3 (Canon). Die Installation des Plug-ins erfordert durch



Nach dem Einsatz des Filters wirkt das Bild deutlich frischer und dramatischer.



Mit ScriptLab lassen sich mehrere Effektfilter in beliebiger Reihenfolge automatisiert anwenden.

seine Abhängigkeiten ein paar mehr Arbeitsschritte als gewohnt, geht aber durch die Anleitung im Forum dennoch leicht von der Hand.

Plug-ins verwalten

The Plugin Browser schafft Übersicht, wenn man viele Erweiterungen installiert. Nach der Installation nistet sich die Erweiterung im „Effekte“-Menü ein und listet alle installierten Plug-ins. Über Filter lassen sich die Plug-ins alphabetisch, nach Autor oder Schlüsselwörtern durchkämmen und auf Wunsch direkt starten. Neue Plug-ins installiert die Erweiterung nicht,

schlägt aber eine Brücke zum Plug-in-Forum von Paint.NET.

Nicht benötigte oder weniger gut umgesetzte Plug-ins sollten Sie zeitnah deinstallieren. Nicht etwa, um Speicherplatz zu sparen – selbst große Plug-in-Sammlungen beanspruchen meist nur wenige MByte auf der Festplatte – sondern um das Programm und die Menüs schlank zu halten. Der Plugin Browser bringt zwar keine Option zum Löschen mit, stellt aber einen guten Anlaufpunkt für eine Inventur dar: Mit ihm können Sie selten eingesetzte Plug-ins schnell identifizieren und im Zweifelsfall noch mal ausprobieren.

Überflüssige Erweiterungen tilgen Sie aus Paint.NET und von der Festplatte, indem Sie die zu unerwünschten Plug-ins gehörenden DLLs per Windows Explorer aus ihrem Ordner löschen.

Fazit

Unser Ausflug in die Plug-in-Welt von Paint.NET zeigt: Der auf den ersten Blick unscheinbare Bildbearbeiter lässt sich mit ein wenig Spürsinn, Zeit und Forschergeist umfangreich erweitern und zu einem richtig potenzen Programm ausbauen, auch wenn es dadurch nicht den Level von Photoshop erreicht.

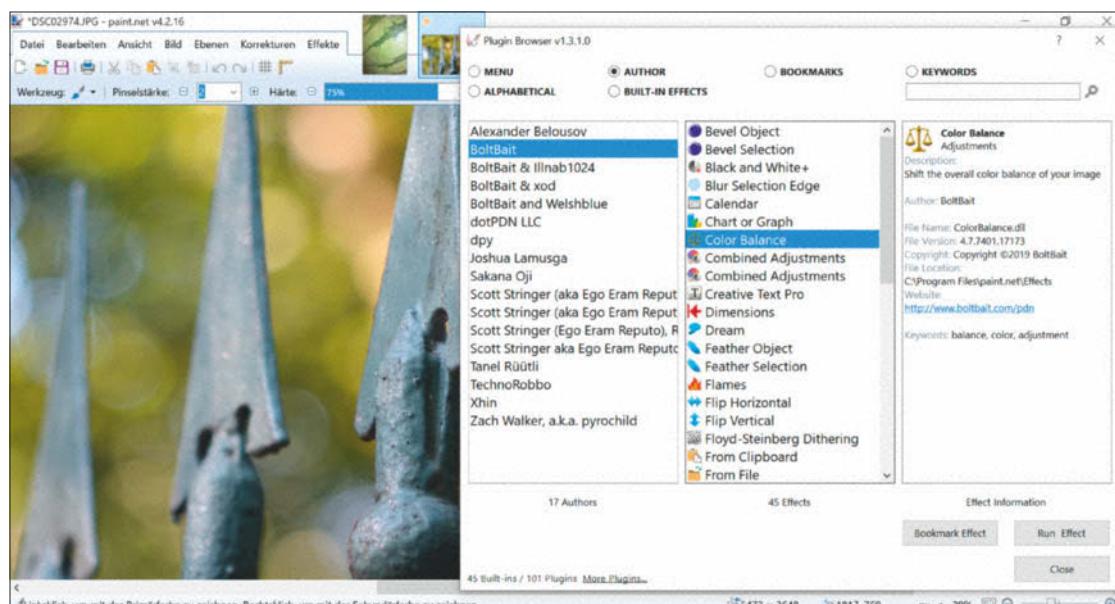
Das riesige Angebot an Erweiterungen bringt aber auch einen großen Nachteil mit: Bis man „seinen“ optimalen Bildbearbeiter zusammengestellt hat, braucht es Zeit und Geduld und längst nicht jedes Plug-in hält, was es verspricht. Doch der Zeiteinsatz lohnt sich – vor allem, wenn man keine Lust auf Adobes Abo-Modelle, die Funktionsarmut von MS Paint oder die nicht immer anwenderfreundliche Bedienung von Gimp hat. Apropos investieren: Sollte einem Paint.NET oder Plug-ins besonders gut gefallen, freuen sich die Entwickler über eine Spende über die entsprechenden „Donate“-Knöpfchen.

(swi@ct.de) ct

Literatur

- [1] André Kramer, Crashkurs Bildbearbeitung, Foto-bearbeitung mit dem kostenlosen Paint.NET, c't 10/2016, S. 172

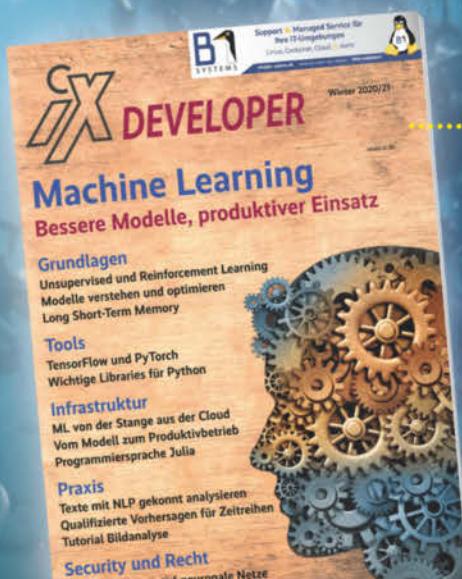
Paint.NET, Plug-ins und Infos: ct.de/yrwf



**Wer viele Plug-ins ausprobiert, verliert vielleicht irgendwann die Übersicht.
Die schafft das Tool
The Plugin Browser.**

Mit allen Wassern gewaschen:

Auch
digital erhältlich



iX Developer Machine Learning

Immer mehr Unternehmen nutzen Machine Learning im produktiven Einsatz. Darum liegt der Fokus vom neuen iX Developer Machine Learning auf praktischen Anwendungen. Im Sonderheft werden Grundlagen noch einmal erklärt, hilfreiche Tools wie die ML-Frameworks TensorFlow und PyTorch vorgestellt sowie als Praxisbeispiel die Textanalyse mit BERT gezeigt. Nutzen Sie das Sonderheft als perfekten Einstieg in das Machine Learning-Ökosystem!

Auch komplett digital erhältlich

shop.heise.de/ix-dev-ml20

NEU

14,90 € >

iX KOMPAKT IT-Sicherheit

Datenschutz umfasst mittlerweile so viel mehr als den Schutz vor Cyberattacken. Nach DSGVO und Ende des Privacy Shield sind auch rechtliche Maßnahmen zu ergreifen. Die neuesten Aspekte rund um den Datenschutz finden Sie zusammengefasst hier im iX Kompakt IT-Sicherheit.

Auch komplett digital erhältlich

shop.heise.de/ix-sicherheit20

14,90 € >

iX Developer Modernes C++

Noch in diesem Jahr soll C++20 erscheinen, der neue Standard für C++. Das iX-Sonderheft stellt die zentralen Features des Standards vor und liefert einen spannenden Einblick in die vier großen Neuerungen. Zusätzlich gibt das Heft eine Übersicht zur Kernsprache, der Bibliothek und Concurrency. iX-Artikel der letzten 2 Jahre zu C++ geben außerdem einen umfassenden Überblick für Entwickler.

Auch komplett digital erhältlich

shop.heise.de/ix-dev-cpp20

14,90 € >

Weitere Sonderhefte zu vielen spannenden Themen finden Sie hier: shop.heise.de/specials-aktuell

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

© Copyright by Heise Medien.

heise Shop

shop.heise.de/specials-aktuell >





Bild: Thorsten Hübler

Profi-Pauker

Clever lernen mit digitalen Karteikarten

Lern-Apps, die nach dem bewährten Karteikartenprinzip funktionieren, präsentieren den Lernstoff häppchenweise und kümmern sich um den perfekten Lernrhythmus. Wer Mathe oder Chemie büffeln möchte, braucht einen Formeleditor, beim Vokabellernen helfen Aussprachebeispiele. Mit unserem Wegweiser finden Sie den richtigen Lernhelfer.

Von Anke Brandt, Andrea Trinkwalder und Dorothee Wiegand

Vokabeln, Geschichtsdaten, Regeln oder Formeln – manches muss man eben auswendig lernen. Karteikästen mit mehreren Fächern für Lernkarten haben sich bewährt, um System in die Büffelei zu bringen: Auf der Vorderseite der Karten steht eine Frage, auf der Rückseite verbirgt sich die Antwort. Wenn die bereits „sitzt“, wandert die Karte vom ersten Fach ins nächste und wird fortan seltener abgefragt. Die anderen verbleiben im ersten Fach und kommen häufiger an die Reihe.

Das Lernen mit Kartei geht auf den österreichischen Publizisten Sebastian Leitner zurück. In der Urform versprach das System, dass in 90 Tagen alles gelernt ist. Für jedes der klassischerweise fünf

Fächer des Karteikastens gibt es ein von Lernforschern empfohlenes Zeitschema für Wiederholungen, das das erworbene Wissen dauerhaft festigen soll.

Die moderne Form der Lernkarten steckt in Mobil-Apps für Handys und Tablets. Den Lernrhythmus legt jede App ein wenig anders fest. Viele reklamieren die Umsetzung des Originalprinzips nach Leitner für sich, andere einen „Spaced Repetition Algorithmus“. Die Lerntheorie hinter der Karteikartenmethode hält für die Wiederholungen einen Zeitpunkt kurz vor dem Vergessen des Gelernten für ideal. Um diesen Zeitpunkt genau zu treffen, muss eine App nachfragen, wie gut der Stoff bereits sitzt; das tun nur wenige. Den

meisten Apps lassen sich keine Details dazu entlocken, wie ihr Wiederholungs-schema genau funktioniert. Falls Sie auf den Lernrhythmus Einfluss nehmen wollen, benötigen Sie eine App mit anpass-baren Einstellungen – unverzichtbar, wenn die Klausur schon in 14 Tagen ansteht.

Alleskönnner und Spezialisten

Das Angebot an Karteikarten-Apps ist riesig. Es gibt Systeme, die sich für beliebigen Lernstoff anbieten, spezielle Vokabeltrai-nner und passgenaue Apps der Schulbuch-verlage, die exakt auf deren Lehrwerke abgestimmt sind. Der folgende Überblick beginnt mit empfehlenswerten Allroun-dern und betrachtet anschließend speziel-le Apps zum Lernen von Sprachen sowie das Angebot der Verlage.

Die Apps nehmen Ihnen das Sortieren der Karten in die Fächer ab. Falls man eine Antwort nicht weiß, fragen sie die zugehörige Karte beim nächsten Lernen erneut ab. Viele bringen bereits fertige Lernkar-tens mit – sowohl kostenlose Sets aus der Community als auch kostenpflichtige Kar-tens vom App-Anbieter oder kooperieren-den Verlagen. Letztere sind ein Vorteil, wenn es schnell gehen muss.

Unterschätzen Sie aber nicht den Lerneffekt beim Anlegen eigener Karten: Während Sie sich Gedanken über eine Fra-gestellung machen, beginnt bereits der Lernprozess. Weil Sie die Antworten aus Platzgründen zuspitzen müssen, können Sie nicht einfach aus dem Lehrbuch ab-schreiben, sondern müssen eigenständig formulieren.

Wenn die Anwendungen neben ihren mobilen Apps noch eine Web-Version an-bieten, können Sie Ihre Inhalte bequem am Rechner eintippen, mitunter eigene Bilder hochladen, mit Malwerkzeugen markieren sowie Ton und Sprachdateien aufnehmen. So werden mehrere Sinne ins Lernen einbezogen. Der Hörsinn wird auch durch eine Sprachausgabe angespro-chnen – einige Apps bieten dazu Kunststimmen (Text-to-Speech, TTS) an oder die Möglichkeit für eigene Sprachaufnahmen; vorgefertigte Vokabelkarten bieten zum Teil Aussprachebeispiele von Mutter-sprachlern.

Kostenlose Kästen

Bevor Sie sich die kostenpflichtigen Angebote ansehen, lohnt ein Blick auf kosten-lose Vertreter. Ein Klassiker des Kartei-kartenlernens ist die Open-Source-Soft-ware **Anki**. Es ist zwar ein wenig still ge-

worden um das Projekt, aber Anki hat nach wie vor eine große Fangemeinde. Es gibt Versionen für Windows, macOS und Linux, die kostenlose Android-App **Anki-Droid Karteikarten** sowie die kostenpflich-tige iOS-App **AnkiMobile Flashcards** für 28 Euro, die mit den Desktop-Versionen zusammenarbeitet. Das Ganze ist ein ebenso mächtiges wie komplexes System mit zahllosen Add-ons. Wer die Möglichkeiten ausschöpfen möchte, braucht solide HTML- und CSS-Kenntnisse.

Zwei interessante Newcomer sind **Buffl** und **Charly Education**. Beide Syste-me gibt es gratis für den Browser sowie als App für Android und iOS. Das schicke, aber simple **Buffl** organisiert Lernstoff in

Kursen und Stapeln. Das Anlegen einer neuen Karte funktioniert selbsterklärend, was vor allem daran liegt, dass es kaum Optionen gibt. **Buffl** kennt kein ausgeklü-geltes Wiederholungssystem, vielmehr wählt der Nutzer selbst, ob er eine einzel-ne Box oder das gesamte Set bearbeiten möchte. Das Zurückschieben nicht ge-wusster Karten in ein Kästchen mit höhe-rer Abfragefrequenz kann man durch Wahl des Modus „Schnelles Lernen“ unterbin-den – dem original Leitner-System ent-spricht das nicht. **Buffl** hat noch allerlei Kinderkrankheiten; die iOS-App wirkt noch am ausgereiftesten.

Wie bei **Buffl** gibt es auch bei **Charly Education** bisher noch keine Import- oder

Einstellungen

Karten Reihenfolge
In welcher Reihenfolge sollen die Lernkarten angezeigt werden?

ORIGINAL	ZUFÄLLIG
----------	----------

Exakte Antworten eingeben
Willst du exakte Antworten per Tastatur eingeben? Wenn nicht, werden sie als Textantwort angezeigt.

JA	NEIN
----	------

Lernfortschritt anzeigen
Wann soll beim Lernen die Statistik angezeigt werden?

IMMER	NIE	ENDE LERNSESSION
-------	-----	------------------

Rückwärts lernen
Wie möchtest du die Kartei lernen?

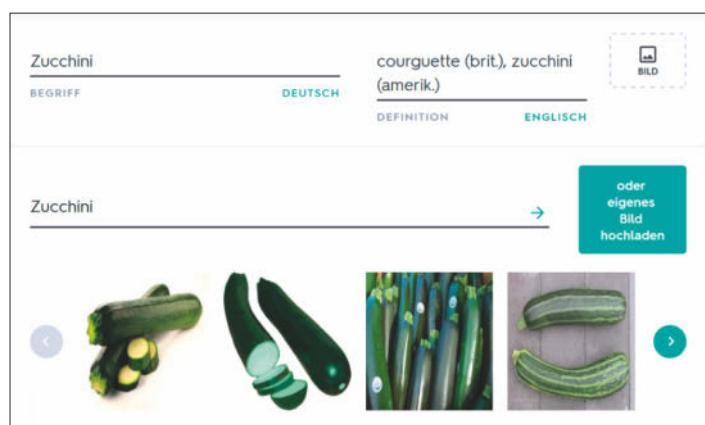
FRAGE ZUERST	ANTWORT ZUERST
--------------	----------------

Schrittweise lernen
Wenn du schrittweise lernst, wird deine Kartei automatisch in Portionen von 10 Karten unterteilt. Du lernst jede Portion solange, bis du alle Fragen einmal richtig beantwortet hast. So erzielst du auch bei grossen Karteien den optimalen Lerneffekt.

JA	NEIN
----	------

Weiter

Mithilfe durchdachter Lernoptionen können Card2Brain-Nutzer das Lernschema an ihre individuellen Vorlieben anpassen.



Das Einfügen eigener Bilder gestattet Quizlet nur in der kostenpflichtigen Plus-Version. In der Gratis-Variante steht immerhin die interne Bilder-Bibliothek zur Verfügung.

Mit dem klar strukturierten Editor gelingen eigene Lernkarten leicht. Eine gute Hilfefunktion erklärt dessen vielfältige Funktionen. Bevor man mit dem Lernen beginnt, kann man noch eine ganze Reihe von Einstellungen vornehmen, etwa die Reihenfolge der Karten festlegen (original oder zufällig). Wählt man die Option „schrittweises Lernen“, teilt die App Lernkarten in Zehner-Gruppen ein.

Richtig beantwortete Fragen wandern ein Fach weiter, falsch beantwortete Fragen kommen zurück ins erste Fach. Das weitere Vorgehen beschreibt der Hersteller so: „Bei jedem Durchgang lernst du alle Karten im 1. Fach, alle im 2. Fach nur bei jedem 2. Durchgang, alle im 3. Fach nur bei jedem 3. Durchgang.“

Die Website zur App **Flashcards Deluxe** versammelt Hilfen und Tipps zur Nutzung der Mobil-Apps. Eine Webanwendung gibt es nicht. Karten muss man daher am Mobilgerät erstellen. Die App bietet dafür außerordentlich viele Möglichkeiten: Man kann Karten mit bis zu fünf Seiten anlegen, Bild- und Audiodateien einbinden, direkt auf die Karte zeichnen oder Ton aufnehmen. Alternativ steht für die Sprachausgabe TTS-Technik zur Verfügung (Siri oder Amazon Polly).

Exportierte Daten schickt die App zu Google Drive, Dropbox, OneDrive oder auf den Server des Entwicklers, von wo sie wieder importiert werden können; der ebenfalls angebotene Versand per E-Mail klappte im Test nicht. Die auf sechs Stapel mit sechs Karten beschränkte Lite-Version dient zum Ausprobieren; die Vollversion kostet einmalig gut 4 Euro. Es gibt keine Kartenpakete zum Kauf, aber eine ganze Menge freies Material aus der Community.

Flashcards Deluxe entstand offenbar als Hobbyprojekt des Entwicklers, der damit Chinesisch lernt. Die App hat viele durchdachte Extras, etwa eine Blättern-

Export-Funktion. Die App will offenbar eine Art virtueller Schreibtisch für Studenten werden. Man kann nicht nur Karten anlegen, sondern auch Unterlagen als PDF in der App speichern. Der Anbieter sammelt auf diese Weise jede Menge Übungsklausuren aus Unis, die mit „Charly“-Wasserzeichen versehen für alle Nutzer der App angeboten werden – ein interessanter, aber mit Blick auf das Copyright womöglich problematischer Ansatz.

Lernen mit System

Anki ist nichts für Einsteiger und Buffl und Charly stecken noch in den Kinderschuhen. Die Tabelle auf Seite 123 nennt sechs ausgereifte, in der Vollversion kostenpflichtige Allzweck-Lernhelfer. Alle bieten eine iOS- und eine Android-App und lassen sich kostenlos ausprobieren. Die Tabelle listet die Funktionen zum Gestalten eigener Karten.

Wer größere Mengen eigenen Lernstoffs auf digitalen Karten festhalten will, wird die Möglichkeit zum Import der Fragen und Antworten in Listenform zu schätzen wissen. Die Export-Fähigkeiten der Apps sind eingeschränkt. Insbesondere kostenpflichtige Kartensets lassen sich nicht in Standardformaten exportieren.

Zum Lernen in der Gruppe bieten manche Apps lediglich das Teilen der Lerninhalte an. In anderen lassen sich Lerngruppen bilden, deren Mitglieder in Teams parallel die gleichen Fragen beantworten oder sich in Foren untereinander austauschen.

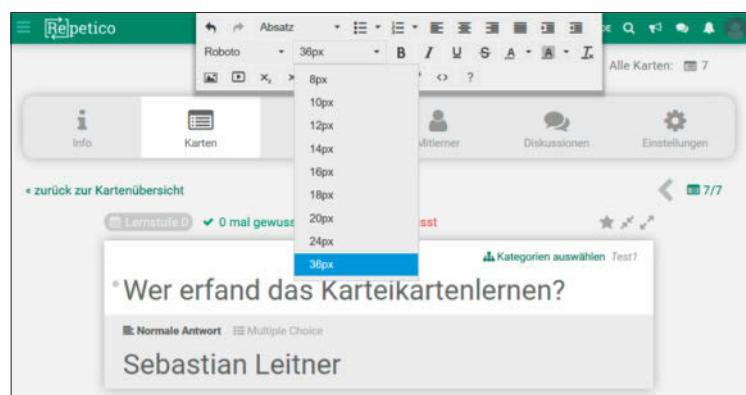
Von **Brainyoo** gibt es außer Mobil-Apps und einer Webanwendung auch kostenlose installierbare Versionen für Windows und macOS. Für eigene Karten wählt man zwischen den Aufgabenformaten Text, Multiple Choice, Zuordnen, Lückentext und Vokabel. Klingt flexibel, doch die Bedienung des Editors erschließt sich

nicht von selbst; zum Erstellen von Karten-decks nutzt man am besten die lokal zu installierenden Programme.

Der Shop hat ein sehr großes Angebot an fertigen Kartensets, gegliedert in Schule, Ausbildung, Studium, Sprachen, Freizeit und Sonstiges. Das reicht von klassischem Schulstoff in Biologie oder Deutsch bis zu Karten für IHK-Prüfungen und dem offiziellen Fragenkatalog für Sportbootführerscheine; die Preise dafür liegen zwischen 0 und knapp 100 Euro. Für die Vollversion der App selbst gibt es Staffelpreise für 1, 3, 6, 12, 24, 30, 36 und 42 Monate.

Bereits die kostenlose Version zeigt eine anschauliche Übersicht des Lernerfolgs, die Premium-Version wertet darüber hinaus Fleiß, Erfolg und Aussichten zum Bestehen einer Prüfung aus. In der Webanwendung kann man auch Hörbücher abspielen, außerdem Lerngruppen anlegen und verwalten.

In der Bibliothek der Schweizer App **Card2Brain** gibt es viel kostenloses Material aus der Community sowie kostenpflichtige Lernpakete von etlichen Schweizer Verlagen, aber beispielsweise auch von Pons. Viele Pakete richten sich mit beruflichen, insbesondere kaufmännischen Themen an Erwachsene, auch die Fernuni Hagen ist als Anbieter vertreten.



Funktion, mit der man einen Kartenstapel anschauen kann, ohne Fragen zu beantworten. Man muss sich allerdings auf die hakelige Handhabung einlassen – und darauf vertrauen, dass der Entwickler seine App auch künftig weiter anbietet und pflegt.

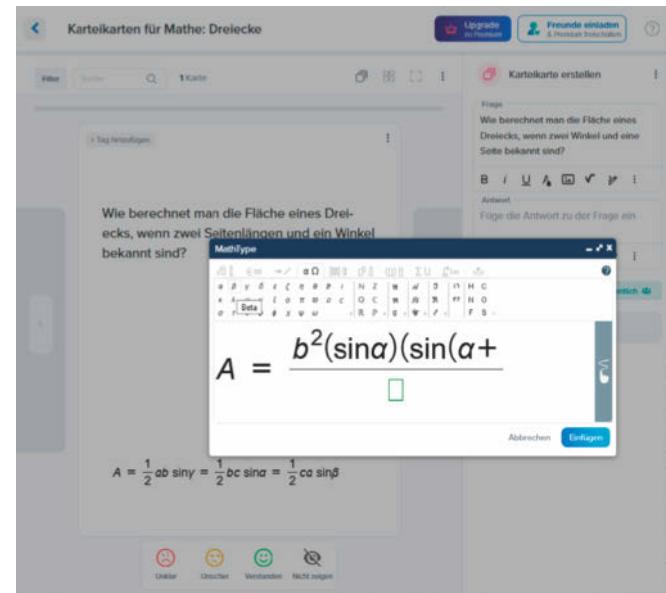
Auch **Quizlet** startete als privates Lernprojekt: Der damals 15-jährige Kalifornier Andrew Sutherland entwickelte die Anfänge 2005, um französische Vokabeln zu pauken. Inzwischen hat die Lernplattform weltweit über 50 Millionen Nutzer.

Die kostenlose Version taugt nur zum Reinschnuppern. Dabei wird man aufdringlich zum Abonnieren aufgefordert, was auch nötig ist, um die interessanteren Funktionen für die Kartengestaltung zu verwenden. So lassen sich Kartentexte nur mit der Bezahlversion umfassend formatieren und mit eigenen Bild- und Tondateien versehen.

Das Lernen gestaltet sich mit Quizlet abwechslungsreich. Neben einem Lern- und einem Abfragemodus gibt es zwei Spielmodi. Der Live-Modus, in dem Einzelspieler oder Teams gegeneinander antreten, ist für schulische Zwecke gedacht.

Repetico ist unter anderem bei Juristen und Medizinern beliebt. Die App bietet kostenpflichtige Kartensätze einiger Fachverlage an, darunter IHK-Prüfungswissen, aber etwa auch theologische Themen von der Deutschen Bibelgesellschaft. Die kostenlose Version gestattet lediglich zwei

StudySmarter enthält einen Math-Type-Formeleditor. Eigentlich ein prima Extra, nur benötigt man zur Auswahl der Zeichen und Symbole beinahe eine Lupe.



eigene Kartensätze. Die Pro-Version erlaubt nicht nur unbegrenzt viele Sätze mit je maximal 2000 Karten, sondern bietet auch die Möglichkeit, den Lernkarten Stichworte zuzuordnen. Dadurch lässt sich mit Karten zu einem bestimmten Thema Kartensatz-übergreifend lernen.

Es ist zwar auch in den Mobil-Apps möglich, neue Karten anzulegen. Wer eine größere Menge Lernstoff zügig eintippen will, sollte jedoch die Webanwendung nutzen, deren Editor durchdacht aufgebaut ist. Er fügt auf Wunsch nicht nur Tabellen, Bild- oder Audiodateien auf den Karten ein, sondern auch YouTube-Videos und

URLs. Ganz gleich, ob man Karten ergänzen, filtern, exportieren oder importieren möchte – in der komfortablen Webanwendung von Repetico gelingt alles auf Anhieb.

Den Lernfortschritt dokumentiert die Pro-Version mit detaillierten Statistiken. Repeticos Lernintervall lässt sich nur in der kostenpflichtigen Version ändern: Pro-Nutzer können für jeden Kartensatz ein Zieldatum festlegen und Repetico tüftelt einen individuellen Lernplan dafür aus.

StudySmarter möchte dem Nutzer über das klassische Abfragen hinaus bei der Lernorganisation helfen. Vier Reiter

Atomare Datenschutzbedrohung

Im Mai 2021 sorgte eine kuriose Meldung für Aufsehen: Forscher des Rechercheportals Bellingcat entdeckten auf öffentlich zugänglichen Karteikarten-Lernplattformen wie Chegg, Quizlet und Cram umfangreiche Kartensätze mit Informationen zu Sicherheitsprotokollen von Atomwaffenstützpunkten. Die virtuellen Karten verraten Positionen von Überwachungskameras, Routen der Wachen, geheime Parolen, Merkmale von Ausweisen sowie Details zur Zusammensetzung von Passwörtern.

Offenbar hatten Soldaten die Lernkarten angelegt, um für Prüfungen zu büffeln. Allerdings hatten sie dabei übersehen, dass Anbieter wie Quizlet in der kostenlosen Variante standardmäßig alle selbst erstellten Kartensätze für die Öffentlichkeit freigeben.

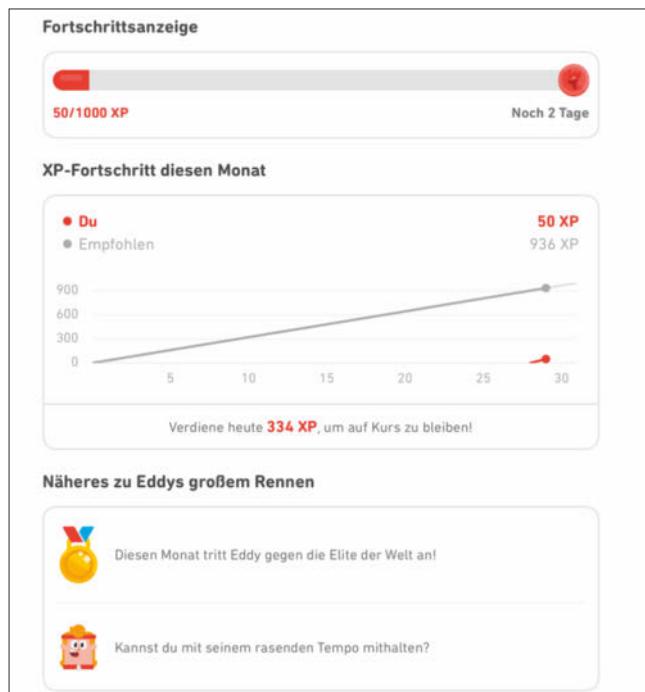
Bei sensiblen Informationen sollten Sie die Share-Einstellungen Ihrer Kartei-App also sorgfältig prüfen. Und auch wenn Sie keine Atomwaffen bewachen, lohnt ein Blick in die Datenschutzerklärungen der Anbieter. Der schlechteste Datenschutz ist bei international tätigen US-Firmen wie Duolingo oder Quizlet zu erwarten, die mit Dutzenden Dienstleistern zusammenarbeiten, Profildaten ihrer Kunden mit Daten von Drittanbietern anreichern und/oder an Dritte verkaufen. Als Nutzer haben Sie kaum eine Kontrolle darüber, was mit Ihren persönlichen Daten und Ihren Karteikarten geschieht.

Besser sieht es bei vielen Anbietern aus Deutschland aus, die klare Ansprechpartner und Rechtsgrundlagen benennen und über eingesetzte Cookies sowie die

Weitergabe von Daten an Dritte informieren. Häufig setzen sie allerdings SDKs oder Plug-ins sozialer Netzwerke wie Facebook, Instagram oder TikTok ein, die werberelevante Informationen über die Nutzer abgreifen.

Wer als Vertreter einer Bildungseinrichtung sicherstellen muss, dass die eingesetzte App datensparsam arbeitet und der DSGVO genügt, schaut als Erstes auf das Angebot der etablierten Schulbuchverlage. Westermann und Cornelsen überzeugen mit sehr umfangreichen und gut gegliederten Datenschutzerklärungen. Anders als die Klett-Gruppe, deren Erklärung ebenfalls vorbildlich informiert, verzichten sie sogar weitgehend darauf, soziale Netzwerke einzubinden.

(hag@ct.de)



Gamification als Ansporn: Die Duolingo-Kurse versuchen, mit Belohnungen, Ranglisten und Challenges die Lernmorale aufrechtzuerhalten.

und animiert den Anwender nicht zum Nachsprechen. Einen Überblick darüber, wie sicher man die einzelnen Wörter bereits beherrscht, gibt es leider nicht.

Duolingo ist für Leute konzipiert, die eine Fremdsprache von Grund auf lernen wollen. Momentan stehen Englisch, Französisch und Spanisch zur Verfügung; Italienisch ist in Arbeit. Die App organisiert sich in Kurse mit Lektionen, die man nacheinander abarbeitet und nicht überspringen darf. Abhängig vom Ergebnis des Einstufungstests schaltet die App einige Stufen frei. Eigene Vokabellisten kann man nicht ergänzen.

Der Sprachkurs vermittelt auch einfache Sätze, die man entweder nachsprechen oder übersetzen soll – meist aus vorgegebenen Satzteilen. Beim Nachsprechen erwies sich die App im Test als etwas zu großzügig und ließ auch gröbere Ausprachefehler durchgehen.

Duolingo setzt auf Gamification in Extremform: Für richtige Antworten gibt es Kronen und für zusätzliche Übungseinheiten Herzen, die man im Shop für Skins und alles Mögliche einlösen kann. Zwischen den Lektionen gibt es kleine Prüfungen, die sogenannten Checkpoints. Die sind allerdings so stereotyp gestaltet, dass man sich die 15 Kronen am Ende redlich verdient hat.

Bei Duolingo braucht man die Pro-Version nicht unbedingt, um sinnvoll

stehen in den Mobil-Apps für Karteikarten, Dokumente, Zusammenfassungen und Lerngruppen. Dokumente lassen sich als PDF hochladen oder aus der App heraus scannen, während sich hinter den Zusammenfassungen einfache Notizen des Anwenders verbergen. Im Lerngruppen-Bereich kann man andere per E-Mail zum gemeinsamen Lernen einladen oder an eine Person aus den eigenen Kontakten dazu einen Link verschicken.

Das Lernen mit Karteikarten gestaltet sich mit StudySmarter komfortabel. Die Mobil-Apps bieten dazu einen Quiz- und einen Lernmodus. Im Lernmodus kann man zunächst durch die Fragen blättern. Beim klassischen Abfragen tippt der Anwender auf einen von drei Smileys für „Unklar“, „Unsicher“ oder „Verstanden“ oder wischt die Karten nach rechts oder links. Karten lassen sich direkt in der Lernansicht mit Stichwörtern versehen. Für Motivation sorgen wöchentliche Lernberichte sowie allerlei Preise für Aufgaben wie „Lerne 3 Tage am Stück“ oder „Beantwortete 5 Karteikarten in Folge richtig“.

Sprachtalente

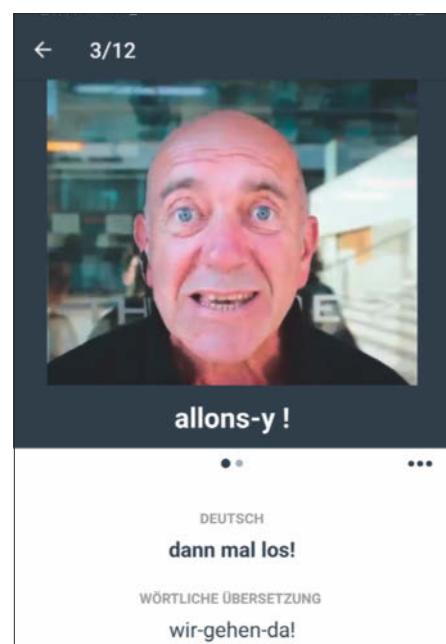
Die Tabelle auf Seite 125 listet die Eigenschaften von sechs Karteikarten-Apps auf, die gezielt beim Fremdsprachenlernen helfen. Duolingo, Memrise und Mosalingua sind als komplette Sprachkurse konzipiert, während sich Cabuu, Phase6 und VokabelBox auf das Erlernen einzelner Wörter und Phrasen konzentrieren.

Cabuu richtet sich an jüngere Schüler und setzt mit Bildern, Gesten, Sprache und Text aufs Lernen mit mehreren Sinnen. Die fertigen Vokabellisten decken Alltagsthemen in Englisch, Französisch und Latein ab. Eigene Inhalte kann man eintippen oder abfotografieren.

Durchs Programm führt ein animierter Roboter mit Kulleraugen. Das Wiederholungsschema tüftelt laut Anbieter ein Spaced-Repetition-Algorithmus aus; eine Selbsteinschätzung des Nutzers fragt die App dabei nicht ab. Nach Wahl einer Liste berechnet Cabuu den Lernplan, dessen Zeitrahmen der Lerner anpassen kann.

Neue Vokabeln wie printemps/Frühling vermittelt Cabuu vielfältig: Während eine Computerstimme das Fremdwort spricht, erscheint auf dem Monitor der Anfangsbuchstabe oder eine Geste, die der Anwender mit dem Finger nachzeichnet; letzteres ist meist eine passende Skizze – im Beispiel eine Blume. Anschließend spricht die Computerstimme die deutsche Übersetzung vor, während die Vokabelkarte gleichzeitig die Schreibweise zeigt. Im letzten Schritt soll eine Multiple-Choice-Aufgabe oder ein Buchstabenrätsel das Gelernte festigen.

Selbst ergänzte Wörter sowie eigene Listen fügt Cabuu nahtlos in dieses Schema ein. Das in die App integrierte Langenscheidt-Wörterbuch hilft beim Anlegen eigener Wortpaare. Cabuu präsentiert sich insgesamt übersichtlich und leicht bedienbar, liest jedoch Nomen ohne Artikel vor



Memrise vermittelt durch kleine Videoschnipsel mit Muttersprachlern ein Gefühl für die richtige Aussprache.

zu lernen. Auch hier fehlt ein Überblick darüber, welche Vokabeln man bereits beherrscht.

Memrise bietet über 200 komplette Kurse zum Download – teils vom Anbieter selbst, teils von der Community. Allein für Französisch gibt es außer dem siebenteiligen Memrise-Sprachkurs noch einen Grundwortschatz, 44 wichtige Verben, französische Grammatik, einen Vorbereitungskurs auf die A1- bis B2-Prüfungen, diverse Schulbuch-Umsetzungen und vieles mehr – allerdings in ganz unterschiedlicher Qualität.

Das tägliche Lernpensum legt der Nutzer selbst fest. Memrise unterscheidet zwischen Lern- und Wiederholungseinheiten. Erstere führen neue Wörter ein und vertiefen sie direkt mit Übungen wie Multiple-Choice- und freien Abfragen. Neues und zu Vertiefendes wechselt sich dabei ab. Den Lernfortschritt für jede Vokabel zeigt eine Blume, die mit jeder richtig gelösten Aufgabe wächst und gedeiht. In den Wiederholungseinheiten sorgt ein Algorithmus dafür, dass nicht gewusste Wörter häufiger abgefragt werden.

Während die kostenlosen Versionen vieler Apps nur zum Reinschnuppern taugen, stellt Memrise sämtliche Kurse in vollem Umfang frei zur Verfügung. Die Bezahlversion bringt zusätzlich die Möglichkeit, ohne Internetverbindung zu lernen, und schaltet weitere Funktionen frei, etwa zu Hörverstehen und Aussprachetraining.

Bei **Mosalingua** sprechen echte Muttersprachler, und zwar auch Russisch, Portugiesisch und Chinesisch oder Geschäfts-/medizinisches Englisch. Im Lernmodus animiert die App zunächst zum Nachsprechen. Die eigene Aufnahme lässt sich direkt mit der Referenz vergleichen. Es folgt eine Phase des Auswendiglernen – mit Bild und dem Wort im Satzzusammenhang. Ob man ein Wort korrekt übersetzt hat, muss man selbst beurteilen. Falsch beantwortete Fragen bekommt man sofort nochmal vorgelegt. Der dritte Schritt – Buchstabensalat – festigt die korrekte Schreibweise. In der letzten Runde soll der Nutzer selbst einschätzen, wie schwer ihm die jeweilige Vokabel fällt.

Als einziges System bringt Mosalingua auch kleine Dialoge, etwa übers Wetter oder beim Einkaufen. Die kann man sich anhören und Sätze daraus auf Lernkarten übernehmen. Wann eine gelernte Karte

zur Wiederholung vorgelegt wird, entscheidet auch in dieser App ein Spaced-Repetition-Algorithmus.

In der kostenlosen Version fungiert das nüchtern gehaltene **Phase6** als elektronischer Karteikasten für eigene Vokabeln, der in sechs Boxen unterteilt ist. Bei falschen Antworten muss eine Karte nicht zwangsläufig ins erste Fach zurück, sondern wird auf Wunsch nur um eines heruntergestuft. Für je 10 Euro pro Ausgabe kann man das Vokabular zahlreicher Standard-Schulbücher dazukaufen. Wer ein Jahresabo abschließt, erhält detaillierte Lernstandsreports, die farbig signalisieren, wie gut eine Vokabel bereits sitzt, sowie ein Pons-Wörterbuch mit Lernfunktion. Das sucht beim Anlegen eigener Kärtchen die passende Übersetzung, was durchaus Zeit spart. Ein Import kompletter Wortlisten ist leider nicht möglich.

Mit sinnvollen Funktionen zu einem vernünftigen Preis geht **VokabelBox** an

den Start. Die App eignet sich für all jene, die ihre Lerninhalte frei gestalten möchten. Es gibt die Lernmodi Übungsphase und Vokabeltest, wobei VokabelBox vier Aufgabenformate bietet: Übersetzung wählen, Paare finden, Anfangsbuchstaben wählen und Buchstaben sortieren. Wiederholungen finden standardmäßig nach 4, 7, 14, 60 und 180 Tagen statt; diese Intervalle lassen sich anpassen.

Neue Vokabeln gelangen einzeln oder per Tabellenimport (XLSX) ins System, wobei die App Übersetzungen auf Wunsch automatisch ergänzt.

Passend zum Lehrbuch

Viele Verlage bieten für die Lern-Apps Stoff aus ihren Lehrwerken an. Beispielsweise finden sich in StudySmarter Inhalte des zur Pearson-Gruppe gehörenden Stark Verlags und zu den Abi-Boxen von Klett gibt es bei Brainyoo Kartensets für 10 Euro je Schulfach. Meist sind die Karten nach den Kapiteln des zugrundeliegenden

Universelle Karteikarten-Apps

Name	Brainyoo	Card2Brain	Flashcards Deluxe	Quizlet	Repetico	StudySmarter
Anbieter, URL	Brainyoo Mobile Learning GmbH, brainyoo.de	webapps Burgdorf GmbH, card-2brain.ch	Ernest Thomason, orangearapple.com/Flashcards	Quizlet Inc., quizlet.com/de	Repetico GmbH, repetico.de	StudySmarter UG, studysmarter.de
Android ab / iOS ab	4.4 / 10.0	5.1 / 11.0	4.0.3 / 9.0	geräteabhängig / 13.0	4.1 / 11.0	5.1 / 12.0
Webanwendung	✓	✓	–	✓	✓	✓
kostenlose Version werbefrei	–	✓	✓	–	✓	–
Karten anlegen						
Bilddatei einfügen/Zeichnen	✓ / –	✓ / –	✓ / ✓	✓ ¹ / –	✓ / –	✓ / ✓
Audio einfügen / Aufnahmefunktion	✓ / –	✓ / ✓	– / ✓	✓ ¹ / –	✓ / –	– / –
TTS-Funktion	–	✓	✓	✓	✓	–
Formeditor	✓ (LaTeX)	✓ (TeX)	–	–	✓ (LaTeX)	✓ (MathType)
Fragearten	Frage/Antwort, Multiple Choice, Zuordnen, Lückentext, Vokabel	Frage/Antwort, Multiple Choice, Exakt	Frage/Antwort	Frage/Antwort	Frage/Antwort, Multiple Choice ¹	Frage/Antwort
Import	CSV, XML	CSV, XML, XLSX	TXT, XLSX	CSV	CSV, JSON, XLS, XML	XLSX
Export	XML	(CSV, XML, XLSX) ¹	TXT, XLSX	CSV	CSV, JSON, XLS, XML, DOC, HTML	–
Lernen						
Lernsystematik	Spaced Repetition System	eigener Algorithmus	Spaced Repetition System	eigener Algorithmus	Spaced Repetition System	eigener Algorithmus
Lernintervall definierbar	✓	–	–	–	✓ ¹	–
Lernstatistik	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lerngruppen	✓	✓	–	✓	✓	✓
private Karten	✓	✓ ¹	✓	✓	✓	✓
Offline-Nutzung	✓	✓ ²	✓	✓ ¹	✓ ²	✓ ¹
Preise						
pro Monat	5 €	–	einmalig 4,30 € (Android) / 4,50 € (iOS)	3,50 €	3,50 €	22 €
pro Jahr	30 €	ab 19 €	–	42 €	20 €	160 €
¹ nur in der Bezahlversion		² nur Lernen		✓ vorhanden	– nicht vorhanden	

The screenshot shows a mobile application interface for learning vocabulary. At the top, it says "Servir (Quelqu'un)" with a back arrow. Below the title is a photo of a waiter in a red dress serving a customer. The word "mircealanc" is written below the photo. There are two buttons: a yellow one with a speaker icon labeled "Ich will diese Karte lernen" and a green one with a plus sign labeled "+". Below these are two red buttons: "Ein Problem Melden" and "Bearb.". A message bubble says: "Um Dir zu helfen, stellen wir Dir folgende, in Verbindung zu diesem Wort stehende Links zur Verfügung:". Below this are three links: "Google Bilder" (with a camera icon), "Tatoeba" (with a brain icon), and "Twitter" (with a bird icon). Each link has a right-pointing arrow.

Mosalingua bietet nicht nur Bilder und Töne, sondern auch externe Links zu den präsentierten Vokabeln.

Buchs geordnet, was zum gezielten Lernen für Tests und Klassenarbeiten ideal ist.

Wenn es um Vokabelkarten zu verbreiteten Schulbüchern geht, wird es unübersichtlich. Sehr viele solcher Kartensets findet man in Phase6. Allerdings bieten die großen Verlage auch ihre eigenen Vokabeltrainer-Apps an. So kann man die Vokabeln zum Lehrwerk „English G Lighthouse 1“ von Cornelsen im verlagseigenen Vokabeltrainer für rund 8 Euro erwerben, in Phase6 stehen dieselben Vokabeln für 10 Euro zur Verfügung. Beide Versionen lassen sich kostenlos ausprobieren, sodass Sie vor dem Kauf herausfinden können, welcher Trainer Ihnen beziehungsweise Ihrem Kind mehr liegt.

Die eigenen Trainer der drei großen deutschen Verlagsgruppen Cornelsen, Klett und Westermann gibt es für Android und iOS. Die Apps selbst sind gratis, Vokabelpaket kauft man dazu. Parallel gibt es in Phase6 aktuell 65 Kartensets von Cornelsen, 50 Sets von Klett und 6 von Westermann. Auf Nachfrage von c't teilten die Verlage mit, dass diese zweigleisige Strategie künftig beibehalten und weiter ausgebaut werden soll.

Der Klett Verlag, zu dessen Programm auch die Pons-Wörterbücher und -Lernhilfen gehören, bietet einen Pons-Vokabel-

trainer an. Zu seinen auflagenstarken Werken „Green Line“ und „Découvertes“ gibt es das Ganze dann baugleich noch einmal unter diesem Namen in den Stores für Mobil-Apps. Klett teilte uns auf Nachfrage mit: „Grundsätzlich sind alle Vokabeln und Phrasen zu den beiden Lehrwerken Green Line und Découvertes in allen Apps, also in der Green Line App, in der Découvertes App, in der Pons App und bei Phase6 identisch.“

Der simple **Cornelsen Vokabeltrainer** enthält aktuell Kartensets für drei Werke von Cornelsen. Vorder- und Rückseite der Karten enthalten schlichten Text, die Rückseite zusätzlich eine gute Tondatei. Es gibt einen Lern- und einen Abfragemodus sowie ein Wörterbuch.

Tolles Extra der kleinen App: Man kann eigene Vokabelkarten und Sets anlegen, für die die App unaufgefordert ein Wörterbuch erstellt. Die integrierte TTS-Funktion versieht die Kartenrückseiten des Anwenders automatisch mit Sprachausgabe – die künstliche Stimme ist nicht vergleichbar mit Muttersprachlern, aber doch von passabler Qualität.

Klett hat den **Pons Vokabeltrainer** im Programm, dessen Shop Vokabeln zu über 100 Klett-Lehrwerken feilbietet, dazu Kartensets zu 29 Pons-Büchern und zu einem aus dem österreichischen Bundesverlag. Vokabeln der Schulbücher kann man für einen Euro pro Kapitel oder 6 Euro pro Buch erwerben. Die Pons-Kartensets kosten zwischen 10 Euro für einen kompletten Grund- und Aufbauwortschatz und einem Euro für einen Spezialwortschatz, zum Beispiel zum Thema Fußball.

Mit fünf durchdachten Übungsformaten kommt bei diesem Trainer nicht so schnell Langeweile auf. „Rubbelkarte“ heißt ein einfacher Abfragemodus, der etwas Pep in die Sache bringt, weil man die Antworten mit dem Finger freirubbeln muss. Im Modus „Textmarker“ markiert man gesuchte Wörter in einem mit Buchstaben gefüllten Gitter, im „Kombinator“-Modus schiebt man Frage-Antwort-Paare zusammen und beim „Buchstabensalat“ müssen die Buchstaben des gesuchten Worts in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Tonbeispiele von Muttersprachlern – für Englisch: britisch und amerikanisch – sowie eine Aufnahmefunktion runden das solide Angebot ab. Den Pons-Vokabeltrainer gibt es auch als Webanwendung.

Eine Reihe durchdachter Extras bringt auch der **Westermann Vokabeltrainer** mit. Wer unsicher ist, kann einen Beispielsatz oder den ersten Buchstaben des gesuchten Worts abrufen; zu manchen Vokabeln gibt es auch Bilder. Die App simuliert einen Vokabelltest, indem sie aus einer festgelegten Gesamtheit an Vokabeln 5, 10, 15 oder mehr zufällig auswählt und unter Zeitdruck abfragt. Außerdem bietet sie eine Nachschlagefunktion. Aktuell gibt es Vokabelpakte für 9 Lehrwerke des Verlags zu kaufen. Den Westermann-Vokabeltrainer gibt es auch als lokal zu installierende Anwendung für Windows und macOS.

Fazit

Mit Karteikarten-Apps lässt sich fast alles büffeln. Sie sind allerdings auf klassischen Paukstoff wie Definitionen, Formeln, Jahreszahlen, Grammatikregeln und Voka-

The screenshot shows a search interface with a search bar at the top containing "Buch/ISBN zum Testen suchen". Below the search bar are three buttons: "Sprache" (language), "Verlage" (publishers), and "Schultyp" (school type). A grid of publisher logos follows:

- Row 1: Klett, Cornelsen, Mildenerger, C.C. Buchner, Klett, Langenscheidt
- Row 2: Hueber, Die Sprachzeitung, Circon Verlag GmbH, Diesterweg, Oldenbourg, PONS
- Row 3: telc gGmbH, westermann, Little Helper, Hefti-Huang Verlag, Buske Verlag, phaseli

An "OK" button is located in the bottom right corner of the grid area.

Phase6 bietet das Vokabular vieler verbreiteter Schulbücher zum Kauf an, pro Ausgabe werden 10 Euro fällig.

beln spezialisiert. Komplexe juristische Fälle, philosophische Abhandlungen oder Interpretationen eines Dramas entziehen sich dieser Art des Lernens.

Die vorgestellten Apps sind untereinander nicht kompatibel. Beim Export des Lernstoffs im CSV- oder Excel-Format und anschließendem Import in eine andere App werden Sie Feinheiten nacharbeiten müssen, Bilder und Tonbeispiele gehen in der Regel verloren. Mit der Auswahl einer Lernkarten-App legt man sich also langfristig fest – lassen Sie sich daher Zeit. Wenn Sie schließlich für eine Vollversion

zahlen oder Mühe in die Gestaltung eigener Lernkärtchen stecken, soll sich diese Investition ja langfristig lohnen.

Wer Formeln pauken muss, sollte sich Brainyoo, Card2Brain, Repetico und StudySmarter genauer ansehen. StudySmarter hat einen MathType-Editor und Card2Brain und Repetico nehmen TeX/LaTeX-Eingaben entgegen, ebenso die Premium-Version von Brainyoo. Zum Lernen im Team bringen Brainyoo, Repetico und StudySmarter die meisten Gruppenfunktionen mit.

Geht es ausschließlich darum, Vokabeln zu lernen, eignet sich ein spezieller

Vokabeltrainer mit authentischen Aussprachebeispielen am besten. Wer einen Online-Sprachkurs absolviert, sollte prüfen, ob der Anbieter zum Kursinhalt gleich die passenden Lernkarten mitliefert. Für Schüler empfiehlt sich der Blick auf die Websites der Schulbuchverlage. Zu den meisten gängigen Sprachlehrwerken gibt es dort passende Vokabelpakete. Die dafür vorgesehene Lern-App ist dann die richtige Wahl – auch weil die Verlage die DSGVO ernst nehmen.

(dwi@ct.de) ct

Alle genannten Apps: ct.de/y3un

Apps zum Vokabellernen

Name	Cabuu	Duolingo	Memrise	Mosalingua	Phase6	VokabelBox
Anbieter, URL	cabuu GmbH, cabuu.app	Duolingo Inc., de.duolingo.com	Memrise Limited, memrise.com/de	MosaCrea Limited, mosalingua.com/de	phase-6 GmbH, phase-6.de	Marcel Breska, vokabelbox.com
Android ab / iOS ab	4.4 / 10.0	geräteabhängig / 12.0	6.0 / 12.0	5.1 / 10.0	4.1 / 9.0	5.0 / 10.0
Webanwendung	–	–	✓	✓	✓	–
Sprachen	Englisch, Französisch, Latein	Englisch, Französisch, Spanisch	Englisch, Französisch, Spanisch, Italienisch, Russisch, Chinesisch, Arabisch u. a.	Englisch, Französisch, Spanisch, Italienisch, Portugiesisch, Russisch, Chinesisch	Englisch, Französisch, Spanisch, Italienisch, Russisch, Norwegisch, Altgriechisch, Latein u.a.	Englisch, Französisch, Spanisch, Italienisch, Norwegisch, Russisch, Griechisch u.a.
Lernsystematik	Spaced Repetition System	Spaced Repetition System (Machine Learning)	Spaced Repetition System	Spaced Repetition System (basiert auf Selbsteinschätzung)	Karteikarten mit 6 Fächern	Karteikarten mit 6 Fächern (Zeitabstände wählbar)
integrierte Kurse und Wörterbücher	einige themenspezifische Sammlungen, Langenscheidt-Wörterbuch ¹	Sprachkurs, themenspezifische Sammlungen	Sprachkurs, Vokabsammlungen der Community	themenspezifische Sammlungen	viele Schulbücher ¹ , Lernkrimis ¹ , PONS-Wörterbuch ¹	–
eigene Karten anlegen	✓ ¹	–	✓ (als eigene Kurse)	✓	✓ ¹	✓
Wortlisten importieren	✓ (nur Foto-Scan)	–	✓ (Copy-Paste)	–	–	✓ (XLSX)
Aussprachebeispiele	Text to Speech	Text to Speech	Muttersprachler	Muttersprachler	Text to Speech ¹	Text to Speech (System-Engine)
Offline-Nutzung	✓ ¹	✓ ¹	✓ ¹	✓ ¹	✓	✓
Preis Vollversion pro Monat	8 €	7,30 €	9 €	10 €	–	einmalig 10 €
Preis Vollversion pro Jahr	48 €	–	70 €	60 €	ab 27 €	–

¹ nur in der Bezahlversion ✓ vorhanden – nicht vorhanden





Ventil-Spiel

Sechs smarte Gartenbewässerungssysteme

Rasen und Blumen ausreichend gießen und dennoch Wasser sparen? Dank smarter Ventile zwischen Wasserhahn und Gartenschlauch ist das problemlos möglich. Selbst mehrere Zonen lassen sich so bewässern – und per App hat man alles auch aus der Ferne im Blick.

Von Sven Hansen

So schön es im eigenen Garten ist, früher oder später zieht es einen in die Ferne. Dann muss eine Bewässerungslösung her, die das Grün während der Abwesenheit am Leben hält. Früher nutzte man zu diesem Zweck einfache Zeitschaltuhren, die eine oder mehrere Bewässerungskreise im Garten nach festem Plan öffneten. Den tatsächlichen Wasserbedarf der Pflanzen berücksichtigte diese simple Lösung jedoch nicht: Die Sprenger liefen auch fröhlich bei Sommerregen.

Systeme zur automatischen Bewässerung sollen den Job besser machen. Professionelle Anlagen arbeiten dabei mit unterirdisch verlegten Leitungen und mehreren Zonen. Der Einstieg gelingt aber wesentlich preiswerter und einfacher: mit per Funk vernetzten Ventilen, die zwischen Wasserhahn und Gartensprenger den Wasserzulauf an- und ausschalten.

Über einen Verteiler am Wasserhahn lassen sich meist mehrere Ventile parallel betreiben. So lässt sich schon mit einem

einfachen Vierfachverteiler und mehreren Ventilen ein Setup aufzubauen, das vier Grünzonen mit unterschiedlichen Mengen und zu verschiedenen Zeiten bewässert.

Auf in den Garten!

Mit Cloudrain aus Deutschland und Viratec aus Österreich schicken zwei Hersteller Geräte ins Rennen, die sich komplett dem Thema smarte Bewässerung widmen. Die B-Hyve-Serie wiederum stammt vom US-Unternehmen Orbit, das hierzulande noch kaum bekannt ist.

Mit dem Smart Water Control ist Gartenspezialist Gardena mit von der Partie, während Elgato sich der Thematik aus der Smart-Home-Richtung nähert und das Schlauchventil Eve Aqua beisteuert. Die günstigsten Geräte im Test stammen von Pearl: Unter der Hausmarke Royal Gardineer verkauft der Versender ein vom chinesischen Tuya-Universum abgeleitetes Bewässerungssystem, das baugleich auch unter anderen Namen (etwa Wesmartify, Baldr oder Essentials) vertrieben wird.

Gardena verzichtet bei seinem Ventil als einziger Hersteller auf die Einteilung in eine IP-Schutzklasse. Erwartungsgemäß sind aber alle Modelle laut Hersteller für den dauerhaften Außeneinsatz gedacht.

Wasser & Wellen

Startpunkt für unseren Test-Parcours ist ein Wasserhahn mit 1-Zoll-Gewinde, wie er in den meisten Gärten zu finden ist. Falls der eigene Hahn einen anderen Durchmesser hat, helfen meist Adapter zum Anschrauben, die man für wenige Euro im Baumarkt bekommt. Vom Hahn zapft man entweder Leitungswasser oder Brunnenwasser von einer elektrischen Gartenpumpe; moderner Exemplare springen nur an, wenn auch wirklich Wasser entnommen wird. Die nächste Stufe wäre ein Hauswasserwerk mit Druckbehälter, bei dem das Brunnenwasser mit stets gleichmäßigem Druck aus der Leitung kommt.

Alle getesteten Ventile nutzen Funktechnik und haben eine eigene Energieversorgung, sodass man sie ohne zusätzliche Kabelage direkt unter den Wasserhahn schrauben kann. Die Funkstandards reichen von 433 MHz bei Pearl über 868 MHz bei Cloudrain, Gardena und Viratec bis zu Bluetooth (2,4 GHz) bei Elgato und Orbit's B-Hyve.

Eve Aqua und das B-Hyve-Ventil lassen sich dank Bluetooth auch direkt vom Handy steuern. Spätestens beim Thema

Fernsteuerung von unterwegs oder dem Einsatz mehrerer Ventile kommt man aber auch bei diesen Kandidaten um eine zusätzlichen Bridge nicht herum. Die übrigen Ventile sind grundsätzlich nur über einen Bridge ansprechbar. Sie stellt die Verbindung ins WLAN und damit zu den Cloud-Diensten her.

Bei Cloudrain, Gardena, Orbit und Viratec ist diese Bridge ein Kistchen, das – einmal installiert – eher unbeachtet sein Dasein fristet. Bei Pearl steckt die Funkbrücke in einem Zwischenstecker, den man ebenfalls per App schalten kann. Bei Orbit ist der B-Hyve Hub 4 für maximal vier Bewässerungszonen dabei. Der Hersteller hat daneben noch eine Variante für bis zu acht Zonen im Sortiment.

Die Cloudrain-Box bietet die Möglichkeit, neben den Funkventilen auch kabelgebundene Ventile anzusteuern – und zwar bis zu fünf. Beim B-Hyve Hub 4 sind es derer vier. Bei Gardena läuft die Steuerung fest verdrahteter Bewässerungssysteme über eine zusätzliche Komponente („Smart Irrigation Control“ für rund 200 Euro).

Eve fällt mit Eve Aqua aus dem Rahmen, da der Hersteller auf Apples HomeKit setzt. Als Bridges lassen sich das neue Apple TV (4K) der zweiten Generation und der HomePod Mini als Bridge nutzen – aber auch nur diese Geräte, da sie das verwendete „Thread“-Protokoll unterstützen.

Installation und Einrichtung

Die Installation ist schnell erledigt: Schlauch ab, Ventil dazwischen, Schlauch dran. Viratec setzt auf die inzwischen nicht mehr patentrechtlich geschützten Garde-



Ein Vierfachverteiler unter dem Wasserhahn ermöglicht es, unterschiedliche Zonen zu bewässern.

na-Kupplungen direkt am Ventil, andere legen einen passenden Adapter bei. Im schlimmsten Fall fehlt eine entsprechende Kupplung, die es für wenig Geld im Baumarkt gibt.

Die Stromversorgung übernehmen bei den meisten Schlauchventilen AA-Batterien. Cloudrain und Viratec setzen hingegen auf kleine Solarpanels, die den nötigen Strom liefern und einen internen



Die Bridge von Cloudrain bietet Anschlüsse für bis zu fünf 24-Volt-Ventile, die sich über die App schalten lassen.



Cloudrain Smart Garden

Das knubbelige Cloudrain-Ventil steckt in einem Gehäuse aus mattem Kunststoff. Die kleine Solarzelle lieferte zumindest im Hochsommer genug Strom, um seinen Akku auf 100 Prozent zu halten.

Das Cloudrain Gateway bringt eine Steuermöglichkeit für kabelgebundene Ventile einer bestehenden Bewässerungsanlage mit. Dank IP44-Schutzart lässt es sich auch im Außenbereich montieren.

Die App ist übersichtlich gestaltet, bietet aber wenige Funktionen. Besonders praktisch ist der Schieberegler, mit dem man den Einfluss des Gießalgoritmus auf die ansonsten starren Bewässerungspläne gut im Griff hat. Bei der Smart-Home-Einbindung ist beim Cloudrain-System allerdings noch Luft nach oben.

- ◀ steuert auch 24-Volt-Ventile
- ◀ wartungsfreundlich
- ▶ schwache Smart-Home-Integration



Eve Aqua

Eves Aqua steckt in einem klobigen Gehäuse aus dickwandigem Aluminium. Hersteller Elgato hat sich ganz dem Apple-Universum verschrieben, die Eve-App ist nur für iOS zu haben.

Die Einrichtung per HomeKit-Code läuft gewohnt rund, mit den neuesten Updates versteht sich Aqua auch auf Thread und gibt sich als Endpunkt im Netzwerk zu erkennen. Die geringe Funkreichweite und schlechte Durchdringung per Bluetooth kann bei der Positionierung im Garten zum Problem werden.

Die Eve-App auf dem iPhone ist schick anzusehen, allerdings bietet sie nur wenig Mehrwert gegenüber der System-App Home. Dort ist Eve Aqua wegen der HomeKit-Integration ohnehin schon zu finden.

- ◀ HomeKit-/Thread-Integration
- ▶ geringe Bluetooth-Reichweite
- ▶ klobiges Gehäuse



Gardena Water Control

Gardenas klobiges Ventil mit hervorstehender Bedienfläche wirkt wie ein Fremdkörper unter dem Wasserhahn. An unserem Vierfachverteiler fanden maximal zwei der dicken Brummer Platz. Dafür vermitteln die Verarbeitung, das Gewicht von fast einem halben Kilo und der dicke Gummiknopf am Gerät einen grundsoliden Eindruck.

Die Gardena-App ist übersichtlich, neben dem Ventil lassen sich auch andere Geräte der Smartsystem-Serie des Herstellers wie Bodensensoren, Mäharbeiter und Steuerbox für 24-Volt-Ventile einbinden.

Gardena bietet als einziger Testkandidat ein Webinterface, über das man Zeitpläne und Geräteeinstellungen übersichtlich verwalten kann. Schließlich punktet das System mit guter Alexa-Anbindung und HomeKit-Unterstützung.

- ◀ Web-Interface
- ◀ Alexa-/HomeKit-Integration
- ▶ klobiges Gehäuse

Akku speisen sollen. Das ist positiv im Sinne der nachhaltigen Nutzung, schränkt den Einsatzbereich der Komponenten aber deutlich ein: Muss man bei den anderen Kandidaten nur einen Platz fürs Gateway finden, von dem aus es die Verbindung zu Router und Ventilen hält und mit Strom versorgt wird, kommt bei den Solar-geladenen Komponenten die Suche nach einem sonnigen Plätzchen für den Wasseranschluss hinzu. Das Cloudrain-Ventil hat zumindest einen zusätzlichen Anschluss für ein Netzteil, sodass man es notfalls auch in einem finsteren Schuppen betreiben kann.

Danach folgt der Griff zum Smartphone. Die Apps etablieren zunächst die Verbindung zur Bridge, um von dort aus die einzelnen Ventile anzulernen. Nur die B-Hyve-Adapter von Orbit hatten dabei Anlaufschwierigkeiten, weil sich ein Firmware-Update der Ventile mit dem eigentlichen Einrichtungsvorgang überkreuzte. War die aktuelle Firmware erst einmal installiert und das Ventil zurückgesetzt, ließ es sich ebenfalls problemlos über die App anlernen.

Fortan konnten wir die Ventile über die App manuell öffnen und schließen; bei allen lässt sich die Gießdauer einstellen.

Um die Geräte auch aus der Ferne steuern zu können, muss man noch einen Cloud-Account einrichten. Eve nutzt dafür die Integration in HomeKit, der Fernzugriff läuft wie erwähnt über Apple TV oder Homepod Mini.

Wässern je nach Wetter

Im Automatik-Modus verfolgen die sechs Kandidaten unterschiedliche Strategien, um Wasser zu sparen und starre Gießzeiten zu vermeiden. Gardena, Viratec und Pearl bieten Outdoor-Sensoren als Extras an, mit denen sich lokal Feuchtigkeit und Temperatur bestimmen lassen. Bei Gar-



Orbit B-Hyve

Die schlanken Ventile aus Orbit's B-Hyve-Serie lassen sich gut nebeneinander positionieren. Die direkte Steuerung über den Folientaster und die Status-LED erfordert etwas Eingewöhnung.

Die B-Hyve-App ist unvollständig und schlecht übersetzt, manches Gerät unfreiwillig komisch. An der Lokalisierung der B-Hyve-App hapert es noch, selbst die Aufforderung zur Bewertung der App gerät unfreiwillig komisch: „Wie machen wir uns? Nie/Später/Bewertung“. Wie bei Eve ist auch hier wieder die Funkreichweite beschränkt.

Eine Stärke des Systems ist der fließende Übergang zu professionellen Bewässerungssystemen, wie sie der deutsche Distributor FSA-Valve ebenfalls anbietet: So kann man die Ventile über einen Bluetooth-Dongle nutzen oder eine Zentrale für die parallele Steuerung von 24-Volt-Ventilen einsetzen.

- ⬆️ schlankes Gehäuse
- ⬇️ schlecht übersetzte App
- ⬇️ geringe Bluetooth-Reichweite

dena werden sie mit der Bridge gekoppelt und sind dann flexibel nutzbar, bei Pearl und Viratec ordnet man sie fest jeweils einem Bewässerungsventil zu.

Daneben greifen die Hersteller auf Wetterinformationen aus der Cloud zurück. Cloudrain nutzt dabei gleich drei Wetterdienste, um daraus die lokalen Gegebenheiten abzuleiten, und rechnet auch die Prognose mit ein. Im Kern nutzt der Hersteller wie Eve, Orbit und Pearl aber immer noch feste Bewässerungszeiten. Die setzt Cloudrain dann bei ausreichender Feuchtigkeit oder anstehendem Regen (laut Wetterinfo oder Sensor-



Pearl Royal Gardineer

Die Funkventile von Pearl sind vor allem eines: auffällig billig. Zum teuersten Kandidaten Gardena Water Control liegen 100 Euro Abstand. Dennoch ist sogar ein Durchflussmesser integriert und das schlanke Gehäuse erstaunlich gut verarbeitet.

Pearls Elesion-App entspricht der Standard-App von Tuya und kennt neben direkter Steuerung auch Routinen und Regeln. So kann man im Zusammenspiel mit den optionalen Sensoren auch auf Zeitpläne verzichten und gießen lassen, wenn der Boden einen gewissen Feuchtigkeitswert unterschreitet.

Die Smart-Home-Integration ist hingegen mau: Die in der Bridge verbaute Steckdose lässt sich zwar direkt ansteuern, die Schaltventile aber nicht.

- ⬆️ günstig
- ⬆️ Automatisierung über App
- ⬇️ schwache Smart-Home-Integration



Viratec Miyo

Viratecs Miyo-System fällt schon durch ihr futuristisches Design aus dem Rahmen. Eine IP-Schutzart gibt der Hersteller nicht an, die Garten-Gadgets sollen aber für den Außeneinsatz geeignet sein.

Das Miyo-System setzt auf vollautomatische Bewässerung ohne Nutzer-eingriff. Daher sucht man Tasten vergeblich, fürs Setup muss man die Komponenten durch Vorhalten eines mitgelieferten Dauermagneten in den Einrichtungsmodus versetzen.

Die Solarzellen müssen sauber ausgerichtet sein, im Test beschwerte sich die App wiederholt über zu wenig Sonnenschein für einzelne Komponenten. Ansonsten überzeugte das Miyo-Set mit guter Smart-Home-Integration über Google Home und IFTTT.

- ⬆️ schickes Design
- ⬆️ gute Smart-Home-Integration
- ⬇️ eingeschränkte Platzierungsfreiheit

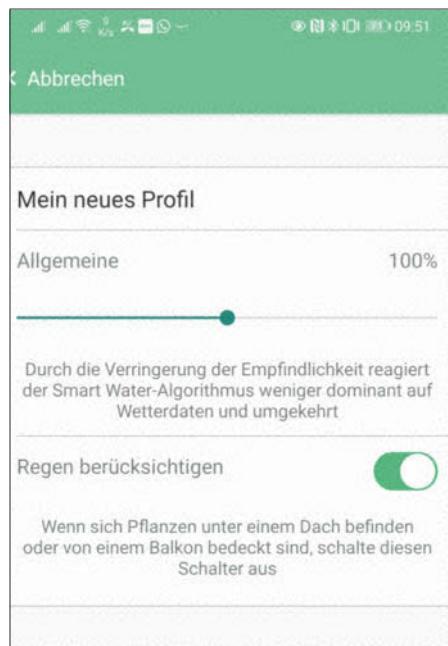
daten) einfach aus. Bei Eves Aqua ist dies nicht so einfach: Hier muss man Wetterinfos und Gießpausen durch ein eigenes Rezept per Sprachbefehl an Siri einleiten.

Neue Wege beschreiten die Ventile von Viratec und das Gardena-System. Beide Apps fragen detaillierter als die Konkurrenz nach Art der Bewässerung (Flächenregner oder Micro-Drip-System), Bodenbeschaffenheit, Art der Pflanzen, Beschattung oder Überdachung und schlagen einen automatischen Gießplan vor. In der Miyo-App hinterlegt man zusätzlich die gewünschten Bewässerungsfenster, bei Gardena lässt sich

der Vorschlag der KI nachträglich anpassen.

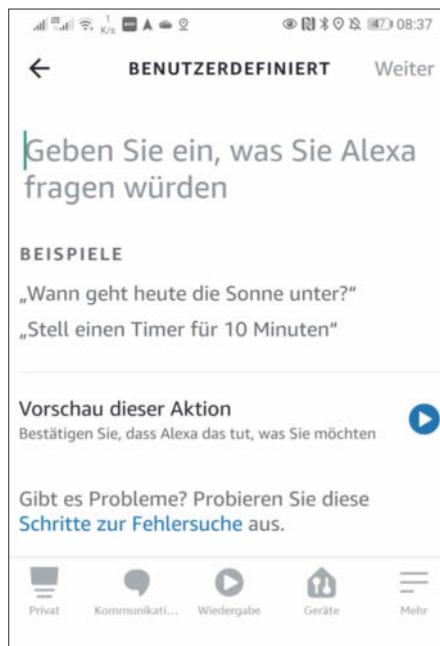
Positiv bei Gardenas Water Control: Die App verrät nach Druck auf den Info-Button, warum sie den Rasen morgens um vier gießen möchte. Orbit's B-Hyve bietet ebenfalls eine „intelligente Bewässerung“, erkundigt sich aber nicht nach den Gegebenheiten vor Ort.

In unseren Tests brauchte es eine gewisse Beobachtungszeit, um die Systeme „einzufahren“. Eine mögliche Stellschraube ist bei einem Vierfachverteiler schon der meist stufenlos einstellbare Zulauf vor dem Ventil.



Zu welchem Grad die KI auf den hinterlegten Bewässerungsplan Einfluss nimmt, lässt sich in der Cloudrain-App mit einem Slider bestimmen.

Neben der klassischen Anpassung der Gießzeiten lässt sich bei Cloudrain über einen Schiebergler in der App einstellen, wie stark die KI auf den hinterlegten Bewässerungsplan Einfluss nimmt. Hiermit ist gemeint, wie stark die aktuellen Wetterdaten bei der Berechnung der Bewässerungszeiten berücksichtigt werden. Der Niederschlag kann auch komplett außen vor bleiben – etwa für überdachte Beete, die der Regen nicht erreicht. Bei Gardena lässt sich der Einfluss der lokalen Sensoren per Slider justieren. Ebenso kann man



Über die Aktion „Benutzerdefiniert“ bindet man die Gardena-Ventile auch in Alexas Smart-Home-Routinen ein.

Wetterinfos wie Sonnenauf- und -untergangszeiten für den smarten Modus an- oder abwählen.

Zur Not ohne Netzanbindung nutzbar sind die Systeme von Viratec und Gardena, wobei dann aber eben die relevanten Wetterinfos aus dem Netz fehlen. Bei Cloudrain besteht ebenfalls die Möglichkeit, den Controller komplett ohne Cloud zu betreiben – über einen eigenen MQTT-Broker. Diese Funktion ist aber noch recht neu, bislang undokumentiert und laut Hersteller eher für versierte Nutzer geeignet.

Smart Home

Bis auf das Miyo-Ventil lassen sich alle Geräte auch direkt per Taster auf Durchfluss schalten, falls das Smartphone mal nicht zur Hand ist. Spannender ist es natürlich, das Bewässerungssystem mit anderen Smart-Home-Komponenten zu kombinieren. So sollte das Bewässerungssystem vielleicht nicht unbedingt an einem lauschigen Grillabend mit Freunden losprudeln. Sprachkommandos oder Regeln können hier helfen.

Gardenas Water Control zum Beispiel kann man über den Gardena-Skill per Sprachbefehl per Alexa anstoßen oder ihm einen Gießstopp verordnen. Pearl bietet für das Smart-Home-System, das die Royal-Gardineer-Ventile umfasst, zwar einen



Wer sich nicht nur auf Wetterdienste verlassen möchte, bekommt von mehreren Herstellern (hier Gardena) Outdoor-Sensoren.

Skill an (Elesion). Mit dem lassen sich allerdings nur Licht und Steckdosen steuern.

Alexa kennt Bewässerungssysteme bislang als Gerätekategorie nicht; über einen Umweg kann man das Gardena-Set dennoch in ihre Smart-Home-Regeln (Routinen) einbauen. Über „Benutzerdefiniert“ tippt man hierzu den Befehl ein, den man Alexa ansonsten direkt zurufen würde, etwa „Öffne Smart System und bewässere für 15 Minuten“. Als Trigger für eine solche Aktion lassen sich nun alle Sensoren nutzen, die in Alexa angemeldet sind.

In Googles Home-App kann man die Ventile von Viratec und B-Hyve verknüpfen und danach per Sprache steuern.

Auf IFTTT versteht sich die Hälfte der Kandidaten. Bei Gardena ist allerdings nur „Wasser an/aus“ als Aktion verfügbar, während Viratec auch Trigger und Werte der Bodensensoren bereitstellt, um sie für Aktionen zu nutzen. Einige Hersteller bieten sogar eine dokumentierte API an, falls man tiefer in die Programmierung seiner Bewässerungssteuerung einsteigen will (siehe Tabelle).

Einzig die günstigeren Systeme von Pearl und Orbit sind mit einer Durchlauferkennung ausgestattet. Eine kleine Turbine im Ventil ermittelt die Menge des abgegebenen Wassers. Eves App hat zwar eine hübsch aufbereitete Statistik, stützt sich dabei aber auf reine Zeitinformationen und nutzt einen Faktor (Liter pro Stunde), den man zuvor manuell eintragen muss.

Fazit

Die Geräte von Cloudrain, Gardena und Orbit sind für alle interessant, die hinter der Steuerung per Schlauchventil größere Bewässerungslösungen ins Auge gefasst haben. Die Hersteller schlagen damit auf interessante Weise eine Brücke hin zu unterirdischen Profi-Systemen mit elektrischer Ventilsteuering.

Dass intelligente Bewässerungssteuerung nicht viel kosten muss, zeigt wiederum Pearl mit den Royal-Gardineer-Komponenten aus dem Tuya-Regal. Bei Direktbestellung in Asien spart man zwar noch ein paar Euro, hat dafür aber nur eingeschränkte Garantie und Umtauschmöglichkeiten. Eine Kröte muss man so oder so schlucken: Alle Tuya-Komponenten arbeiten konsequent in der Cloud. Wer allerdings tatsächlich ohne Cloud arbeiten möchte, muss sich klar machen, dass die Wetterinformationen der eigentliche Schlüssel zum Thema Wassersparen

Smarte Bewässerungssysteme

Hersteller	Cloudrain	Eve	Gardena	Orbit	Pearl	Viratec
Produkt	Smart Garden Ventil	Aqua	Water Control	B-Hyve	Royal Gardineer	Myo
Website	https://cloudrain.de	https://www.evehome.com/de/	https://www.gardena.com/de/	https://fsa-valve.com	https://www.pearl.de	https://myo.garden
Ausstattung Ventil						
Funk	868 MHz (ISM Typ B (SRD))	Bluetooth (Thread)	868 MHz (LemonBeat)	Bluetooth	433 MHz	868 MHz
Energieversorgung	1000 mAh Lithium Polymer	2 × AA Batterien	3 × AA Batterien	2 × AA Batterien	4 × AA Batterien	konfektionierte AAA-Akkus (fest verbaut)
Solarpanel	vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	vorhanden
direkte Bedienung	ja (Taster)	ja (Taster)	ja (Taster)	ja (Folientaster)	ja (Taster)	nein
Durchflussmessung	nein	nein	nein	ja	ja	nein
Schmutzsieb	ja	ja	ja	ja	ja	ja (tief im Gerät eingebaut)
Dienst für Wetterinfos	Accuweather, Climacell, DarkSky	keiner	Meteo Group	keine Angaben	Weatherbit	Openweathermap
optionale Feuchtesensoren	nein	nein	ja	nein	ja	ja
Schutzart Ventil	IP44	IPX4	keine (spritzwassergesch.)	IP33	IP54	k.A.
Eingang / Ausgang	1" / 3/4"	3/4" / 3/4"	1" / 3/4"	1" / 3/4"	1" / 3/4"	Gardena / Gardena
Besonderheiten	DC-Anschluss	keine	keine	professionelle Stellantriebe mit Messing-Fittings erhältlich	WLAN-Zwischenstecker als Gateway	keine
Gewicht	347 g	417 g	475 g	304 g	342 g	280 g
Gateway						
Name	Controller	HomePod mini, Apple TV (4K), 2. Generation	smart Gateway	Hub	NX-6476	Cube
Ethernet / WLAN	ja / ja (WiFi 4)	ja (nur AppleTV (4K)) / ja (WIFI 4)	ja / ja (WiFi 4)	ja / ja (WiFi 4)	ja / ja (WiFi 4)	ja / nein
Schutzart	IP44	keine	keine	keine	Schutzklasse I	keine
Ports für verkabelte Ventile	5	keine	optional über Smart Irrigation Control	4	keine	keine
Hardware-Besonderheiten	Anschluss für 24-Volt-Ventile	keine	keine	Sensoranschluss	Zwischenstecker als Gateway	keine
ohne Cloud nutzbar	nein (undokumentiert über MQTT)	ja	ja	nein	nein	ja
Funktionen						
Frostalarm	nein	nein	ja	nein	ja (nur über manuelle Regel)	ja
Anzahl Timer	>25	7	36	3	3	keine
Verbrauchsanzeige / -statistik	nein / ja	nein (nur geschätzt) / ja	nein / nein	ja / nein	ja / ja	nein / nein
Intervallbewässerung	nein	nein	nein	ja	ja	nein
Staffelung bei mehreren Ventilen	nein	nein	nein	nein	nein	ja
Bedienung						
Webinterface	nicht vorhanden	nicht vorhanden	vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden
Alexa / Google Home / Homekit	- / ✓ / -	- / ✓ / -	✓ / - / ✓	- / ✓ / -	✓ / - / ✓	- / ✓ / -
IFTTT / ConradConnect	✓ (Start/Stopp-Trigger) / ✓	- / -	✓ (keine Trigger) / - (angekündigt)	- / -	- / -	✓ (Start/Stopp/Trocken/Nass) / -
Zugriff über API	ja	nein	ja	nein	nein	ja
App (Android / iOS)	Cloudrain (✓ / ✓)	Eve (- / ✓)	Gardena (✓ / ✓)	B-Hyve (✓ / ✓)	Elesion (✓ / ✓)	Myo (✓ / ✓)
Standby Gateway	2,4 W	0,6 W	1,1 W	3,9 W	0,4 W	1,1 W
Bewertung						
Bedienung	⊕	⊕	⊕⊕	⊖	○	○
Erweiterbarkeit	○	⊖	⊕	⊕	○	○
Smarthome-Integration	○	○	⊕	⊖	⊖	⊕
Preise						
Starterset (inkl. Controller)	249 / 339 € (mit 1 / 2 Ventilen)	nicht erhältlich	220 € (mit 1 Ventil)	nicht erhältlich	70 / 100 / 170 € (mit 1 / 2 / 4 Ventilen)	194 / 292 / 390 € (mit 1 / 2 / 3 Ventilen)
Controller einzeln	159 €	nicht von Elgato (HomePod mini oder Apple TV (4K))	nicht erhältlich	94,50 €	nicht erhältlich	nicht erhältlich
Ventil einzeln	99 €	100 / 190 € (1 / 2 Ventile)	150 €	46,50 €	35 €	99 €
Sensor einzeln	nicht erhältlich	nicht erhältlich	60 €	nicht erhältlich	25 €	99 €
Preis für 2 Bewäss.zonen	339 €	290 € (mit HomePod mini)	370 €	191,50 €	100 €	292 €
⊕⊕ sehr gut	⊕ gut	○ zufriedenstellend	⊖ schlecht	⊖⊖ sehr schlecht	✓ funktioniert	– funktioniert nicht
					k. A. keine Angabe	n. V. nicht vorhanden

sind: Wenn es ohnehin bald regnet, darf die Feuchtigkeit im Beet ruhig mal kurz unter den Minimalwert sacken.

Elgatos Eve Aqua weiß hinsichtlich der Smart-Home-Integration und der Be-

dienung zu gefallen, bleibt beim Funktionsumfang und bei der Erweiterbarkeit jedoch deutlich hinter den Konkurrenzprodukten zurück. Generell gilt jedoch: Kombiniert man smarte Ventile und spar-

same Bewässerungstechnik mit TröpfchenTechnik in Bodennähe, hat die Bewässerungstechnik das Zeug, Umwelt und Portemonnaie gleichermaßen zu schonen. (nij@ct.de) ct

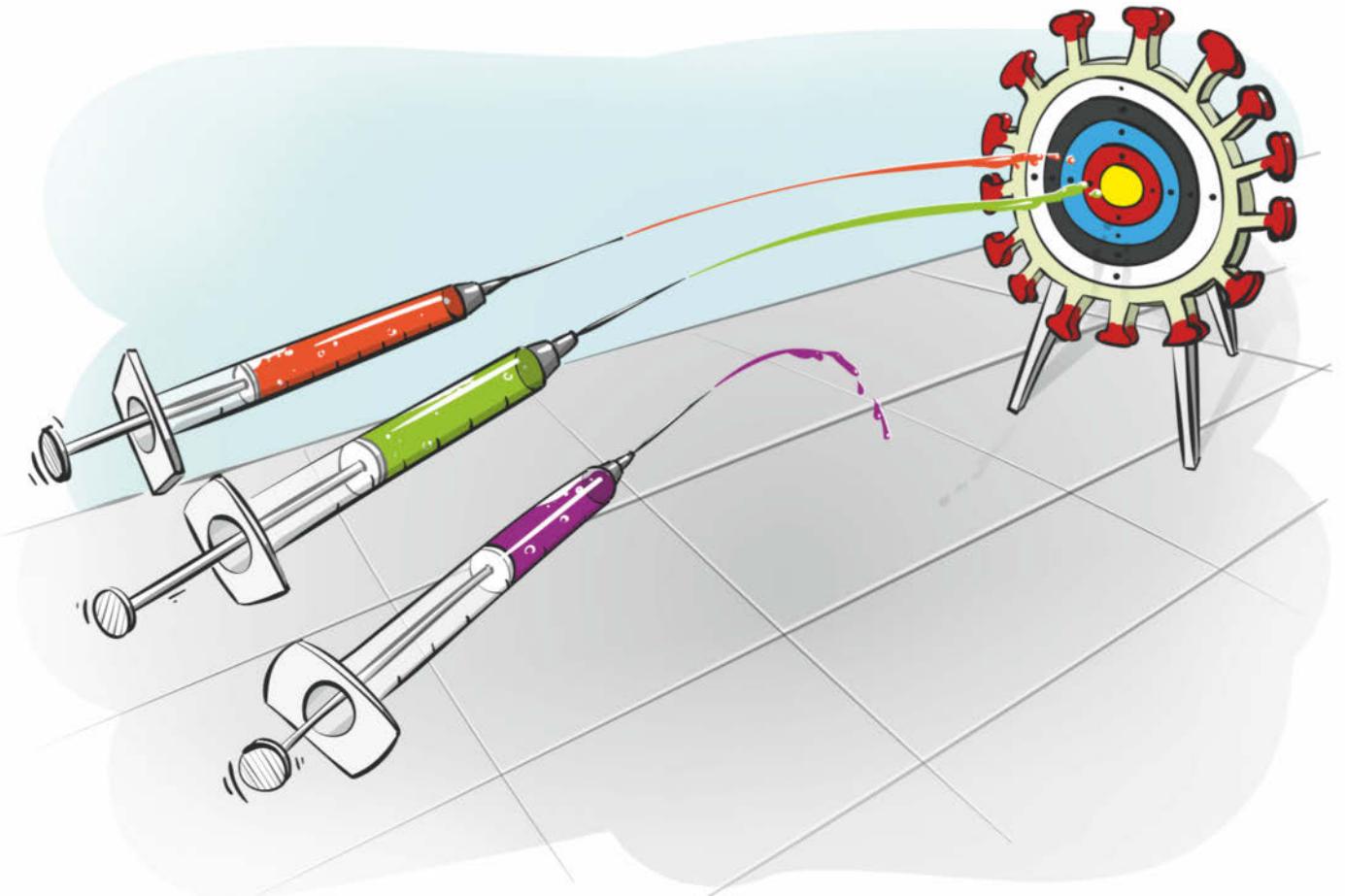


Bild: Michael Luther

Zu kurz gezielt

Code-Vergleich: Warum der CureVac-Impfstoff durchgefallen ist

mRNA-Impfstoffe sind die bisher größte Hoffnung im Kampf gegen das grassierende Corona-Virus. Unter Herstellern gelten sie daher als Jahrhundertchance. Doch das Vakzin des Tübinger Unternehmens CureVac fiel in klinischen Tests durch. Unser Code-Vergleich legt einige Gründe offen.

Von Dušan Živadinović

Die Enttäuschung war groß als CureVac Mitte Juni einräumen musste, dass deren Impfstoff gegen SARS-CoV-2-Infek-

tionen in klinischen Tests die Erwartungen deutlich verfehlt hatte. Nur 47 Prozent Schutzwirkung „gegen eine Covid-19-Erkrankung jeglichen Schweregrades“ verzeichnetet die CVnCov genannte Substanz. Damit verfehlt sie die Zulassungskriterien der Weltgesundheitsorganisation (WHO, mindestens 70 Prozent) und sogar die der US-amerikanischen Food and Drug Administration (50 Prozent). Die Kollegen vom Fachblatt Nature haben CVnCov unverblümt als „Flop“ bezeichnet – den Link zu deren kurzem Beitrag finden Sie wie alle übrigen Quellen zu diesem Artikel über ct.de/yfdw.

Die beiden ersten mRNA-Impfstoffe der Welt, BNT162b2 von BioNTech/Pfizer und mRNA-1273 von Moderna, bringen es laut dem Robert-Koch-Institut (RKI) auf 95 und 94,1 Prozent Schutzwirkung gegen eine

Covid-19-Erkrankung. Zugegeben, dieser erste Vergleich hinkt etwas, denn CureVac gibt eine gemittelte Schutzwirkung gegen gleich mehrere Varianten des SARS-CoV-2-Virus an, während sich die ersten Angaben von BioNTech und Moderna auf den ursprünglich in Wuhan isolierten Wildtyp beziehen. Doch BNT162b2 erreicht auch gegen die zurzeit grassierende Delta-Mutante eine Schutzwirkung (auch Wirksamkeit genannt) von 85 bis 88 Prozent. Und selbst der vektorbasierte Impfstoff von AstraZeneca bringt es gegen die Delta-Variante auf immerhin 60 Prozent.

Ein Grund für die schwache Schutzwirkung des CVnCov könnte die niedrige Dosierung des CureVac-Wirkstoffs sein. CVnCov wurde in den entscheidenden klinischen Tests nur in Dosen zu 12 Mikrogramm gespritzt, BNT162b2 wird hingegen zu 30 Mikrogramm und mRNA-1273 zu sogar 100 Mikrogramm regulär verimpft.

In vielen Impfstoffen setzt man abgetötete oder abgeschwächte Erreger ein, um das Immunsystem gegen den tatsächlichen Erreger zu trainieren. RNAs sind Einzelstrangmoleküle aus den Bausteinen Adenin (A), Uracil (U), Guanin (G) und Cytidin (C). In Zellen von Lebewesen kommen mehrere Varianten vor, von denen sich heute etliche im Labor synthetisieren lassen. Von besonderem Interesse sind die

informationstragenden Messenger-RNAs (mRNA).

Vereinfacht dargestellt, handelt es sich um Abschriften von Teilen der Erbgutinformation (Genen). Ribosomen lesen diese Abschriften ähnlich einem Festplattenlesekopf Byte für Byte ab – nur, dass in der Biologie ein Byte aus drei Basen besteht (Triplet, auch Codon). Ein Ribosom setzt gegenüber jedem Codon die zugehörige Aminosäure in die Kette ein und synthetisiert so das gesamte Protein. Als Dauermenregel gilt: Für jedes Protein, das eine Zelle benötigt, gibt es die zugehörige mRNA.

Coole mRNAs

Besonders bemerkenswert daran ist, dass Ribosomen beliebige mRNAs ableSEN, auch eingeschleuste. Darauf gründet die Vermehrung von Viren. Jahrzehntelang hat man daran geforscht, diese Proteinsynthese therapeutisch zu nutzen, also auch gegen Viren zu wenden. Mit BNT162b2 und mRNA-1273 ist das nun überzeugend gelungen.

Beide enthalten das Spike-Gen des Virus und bringen es in die Zellen zur massenhaften Produktion des Spike-Proteins. Anhand des Spikes wird dann das Immunsystem gegen das vollständige Virus trainiert. Besonders attraktiv an der Methode erscheint, dass mRNAs nicht in das Erbgut (DNA) eingebaut werden können, schon allein, weil sie gar nicht erst in den Zellkern gelangen, wo die DNA liegt. So bleibt das Erbgut unangetastet.

Vektor-Impfstoffe funktionieren zum Teil ähnlich, verwenden aber oft DNA als Datenträger, um das erforderliche Gen einzuschleusen. Die DNA wird in Viren-Hüllen verpackt, welche sie in die Zellen schleusen (in das Zytosol). Von dort reisen sie zunächst in den Zellkern. Dort werden mRNA-Abschriften erzeugt und in das Zytosol transportiert, wo die Ribosomen ans Werk gehen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert die Entwicklung von drei SARS-CoV-2-Impfstoffen, zwei auf RNA-Basis (BioNTech und CureVac), einer auf DNA-Basis (IDT Biologika – klinische Tests sollen bis Ende 2021 beginnen). Gefördert werden nicht nur einzelne Impfstoffkandidaten, sondern ganze Entwicklungsprojekte, die mehrere Kandidaten und Weiterentwicklungen auch über einen längeren Zeitraum umfassen.

CureVacs Ansatz bedarf auf jeden Fall einer Weiterentwicklung. Die Firma ging

bisher nicht auf den Mechanismus oder die genauen Merkmale ihres Impfstoffs ein. Stattdessen erklärte sie die schwachen Zahlen bisher nur damit, dass inzwischen etliche Virusvarianten in Umlauf sind, die sich vom Wildtyp unterscheiden. Damit suggeriert sie, dass sich ihr CVnCov nicht gut eignet, um das Immunsystem auch gegen die mutierten Viren zu trainieren. Dennoch will CureVac die laufende Studie bis zur finalen Analyse fortsetzen und Vorstandschef Franz-Werner Haas macht sich noch Hoffnungen: „Die endgültige Wirksamkeit könnte sich noch verändern.“

Sequenzunterschiede

Eine große Veränderung wäre aber auch eine große Überraschung. Wir haben die hochwirksamen Impfstoffe BNT162b2 und mRNA-1273 mit CVnCov verglichen und fanden mehrere Anhaltspunkte, die das Abschneiden von CVnCov erklären können.

Zwar enthalten die drei Impfflüssigkeiten außer den mRNAs noch weitere Substanzen. Doch haben diese keine therapeutische Wirkung. Allenfalls könnten sie die Stabilität oder die Aufnahmeeffizienz der mRNAs in die Zellen beeinflussen und sich so mittelbar auf die Spike-Produktion auswirken. Genaue Vergleiche dazu sind uns bisher aber nicht bekannt.

Wir konzentrieren uns daher auf die Unterschiede im mRNA-Aufbau. Um sie

Vergleich der Schutzwirkungen bezogen auf Ansteckung

Impfstoff	Schutzwirkung (Prozent)	Impfstoffart	Hersteller
BNT162b2	95 ¹	mRNA	BioNTech/ Pfizer
mRNA-1273	94,1 ¹	mRNA	Moderna
Vaxzevria	80 ¹	Vektor/DNA	AstraZeneca
CVnCov	47 ²	mRNA	CureVac

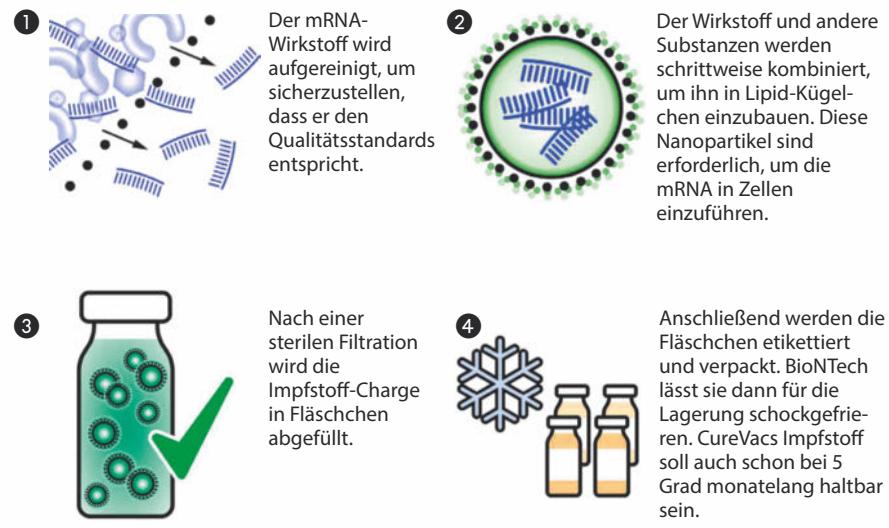
¹ gegen die ursprünglich in Wuhan gefundene SARS-CoV-2-Variante
² Durchschnittswirksamkeit gegen mehrere Virusvarianten

bewerten zu können, zunächst einige Absätze zum Konzipieren von Impfstoff-Codes: Zunächst identifiziert man markante Oberflächenelemente des Erregers und isoliert das zugehörige Erbgutfragment (Gen). Für SARS-CoV-2-Impfstoffe nimmt man dazu bisher das Spike-Gen. Dessen Produkt, das Spike-Protein, dient später als Attrappe, auf die sich der lernfähige Teil des menschlichen Immunsystems einschießt. Dafür opfert man ein paar Muskelzellen.

Damit ein mRNA-Impfstoff in den Zellen von den Ribosomen möglichst häufig abgelesen wird, ergänzt und optimiert jeder Hersteller das Gen nach eigenem Ermessen mit RNA-Elementen, die keine Aminosäuren kodieren, sondern die Proteinsynthese verstärkend regulieren. Denn je mehr Kopien und je länger die

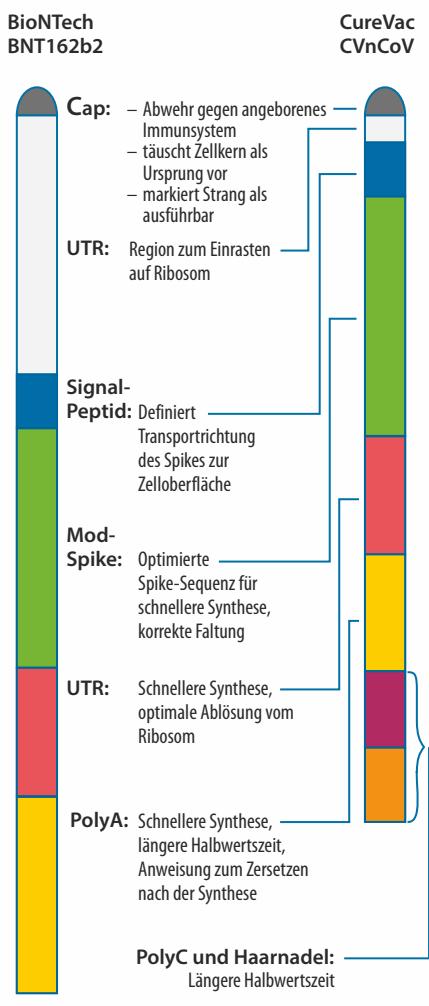
Aufreinigung, Formulierung und Abfüllung

In den Impfstoff-Flüssigkeiten stecken mehrere Substanzen. Therapeutische Wirkung hat aber nur die mRNA.



mRNA-Konstruktion

Genetische Impfstoffe lassen sich am Reißbrett konstruieren. Die Hersteller modifizieren ein Gen des Erregers (Spike-Gen) und ergänzen es nach eigenem Ermessen mit zusätzlichem Code, um etwa die Anheftung an die Protein-Printer (Ribosomen) zu verbessern oder die Halbwertszeit ihrer mRNA zu erhöhen.



Aktivitäts- und Ruhephasen eines Organismus.

Die optimierte mRNA wird im Industriemaßstab vervielfältigt, gereinigt und in Kugelchen verpackt, die sowohl wasser- als auch fettlöslich sind (Nano-Partikel aus Lipiden). So sind sie in Gewebsflüssigkeiten frei beweglich, können aber auch mit Zellmembranen verschmelzen. Das ist die Voraussetzung zur Aufnahme in menschliche Zellen (Transfektion).

Dort angekommen, lesen Ribosomen das Gen ab und erzeugen das Oberflächen-element in Massen – im Falle von SARS-CoV-2-Impfstoffen werden also massenhaft Spike-Proteine synthetisiert. Anschließend bringen die Zellen die Proteine an die Oberfläche oder platzen wegen der Überproduktion, sodass das Immunsystem die Spikes findet und als Angriffsziele identifiziert: Es bildet Antikörper und T-Zellen dagegen. Wenn es später auf Spikes an Viruspartikeln stößt, attackiert es die Partikel. Diese Immunantwort funktioniert um so besser, je schneller und je mehr Attrappen die Zellen produzieren.

Im Prinzip funktionieren alle drei Impfstoffe auf diese Art, sowohl BNT162b2 als auch mRNA-1273 und CVnCov. Der Vergleich ist jedoch ein wenig erschwert, weil bisher nur zwei der drei Originalsequenzen veröffentlicht worden sind (BNT162b2 und CVnCov). Beide hatte die WHO eine Zeit lang zum Download vorgehalten, zog sie später aber zurück. Offenbar zugängliche Kopien liegen aber auf archive.org (siehe ct.de/yfdw).

Immerhin kann man sich inzwischen auch vom Moderna-Impfstoff ein Bild verschaffen. Forscher der Uni Stanford haben unverimpfte Reste labortechnisch ermittelt (sequenziert). Demnach sind sich mRNA-1273 und BNT162b2 recht ähnlich. Für den konkreten Vergleich mit CVnCov ziehen wir daher nur BNT162b2 heran.

Die Codes der beiden mRNAs sind gut überschaubar. BioNTechs BNT162b2 besteht aus 4284 Basen, CureVacs CVnCov aus nur 4040 Basen. Bei genauer Analyse findet man große Unterschiede (siehe Tabelle). Hier folgen die wichtigsten im Telegriffenstil: Die Steuersequenzen sind unterschiedlich lang, BNT162b2 weist drei davon auf, CVnCov fünf. Beide Hersteller haben die Codons des Spike-Gens optimiert, jeder auf seine Art. CVnCov enthält nur die üblichen RNA-Basen Adenin (A), Uracil (U), Guanin (G) und Cytosin (C), während BNT162b2 1-Methylpseudouridin ($m1\psi$) anstatt U enthält.

Code-Unterschiede in mRNA-Impfstoffen

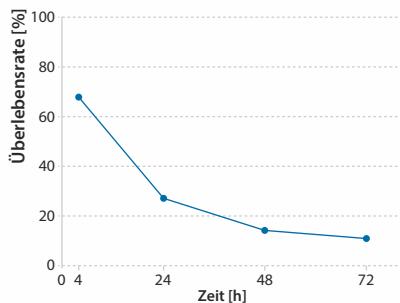
Region	Funktion	BNT162b2 (BioNTech)	CVnCov (CureVac)
Cap	Startsequenz	✓	✓
Basen-modifikationen	Umgehung des Abwehrsystems	✓	–
Codonmodifikationen	Produktionssteigerung	✓	✓
5'-UTR	Produktionssteigerung	51	13
Signalpeptid	Oberflächentransport	✓	✓
Prolin-Inserts	Spike-Stabilisierung	✓	✓
Stopp-Codons	Produktionssteigerung	2	1
3'-UTR	Produktionssteigerung	294	73
polyA	Produktionssteigerung	100 ¹	63
polyC, Stem Loop	Produktionssteigerung	–	63

¹ polyA-Region unterbrochen von Linker-Sequenz

Im Weiteren gehen wir auf alle Punkte ein, aber auf den letzten ausführlich, weil mehrere Publikationen nahelegen, dass die von BioNTech (und auch von Moderna) gewählte Modifikation für RNA-Impfstoffe sehr nützlich sein dürfte. Denn bereits um 2000 herum haben Katalin Karikó und Drew Weissman von der Pennsylvania University experimentell belegt, dass mRNA, die nur aus den vier üblichen Basen besteht (unmodifizierte RNA), zu einer nur schwachen Proteinproduktion

Programmierter Zelltod

2013 haben Olivia Andries und Kollegen von der belgischen Universität Gent demonstriert, dass unmodifizierte mRNA in Lungenzellen unter anderem den programmierten Zelltod auslöst: 72 Stunden nach Aufnahme unmodifizierter mRNA waren nur noch 10 Prozent der Zellen lebensfähig.



mRNAs in einer Zelle vorliegen, desto höher die Proteinproduktion und desto besser die Immunantwort.

Zu den Optimierungen gehören Basenmodifikationen zum Schutz vor dem angeborenen Abwehrsystem, Code-Elemente, die das Anheften an Ribosomen und das Abtrennen verbessern oder auch Elemente, die den Abbau hinauszögern. Denn mRNAs sind kurzlebige Datenträger, die Zellen im Rahmen von Haushaltstätigkeiten laufend zerlegen. Das ist die Voraussetzung, um die Protein Zusammensetzung dynamisch an wechselnde Erfordernisse anzupassen, etwa an

bei gleichzeitig starken Nebenwirkungen führt.

RNA-Hacker

Das klingt widersprüchlich, denn unmodifizierte RNA setzt man intuitiv mit „natürlich“ gleich und erwartet von ihr keine Nebenwirkungen wie Fieber oder Schüttelfrost. Doch es ist gerade umgekehrt: Viele Organismen modifizieren ihre RNA-Basen; die Fachliteratur führt über 100 Spielarten auf. Dabei werden die Gestalt und die Ladung der Basen verändert und man kann sie sich wie zusätzliche Legosteine im Baukasten der Zelle vorstellen. Manche Veröffentlichung meidet daher den Begriff „Modifikation“ und bezeichnet solche Bausteine neutral als „seltene Nukleinsäuren“. Für Impfstoffe ist entscheidend, dass Teile des angeborenen Abwehrsystems (Toll-like Receptors, TLR) stärker auf fremde RNA anschlagen, wenn sie unmodifiziert ist (auch auf fremde DNA). Das haben Karikó und Weissman 2005 beschrieben (siehe ct.de/yfdw).

Auch fanden sie mehrere seltene Basen, die helfen, fremde mRNA einzuschleusen und zur Proteinproduktion zu nutzen (zum Beispiel 5-Methyl-Cytidin, 5-Methyl-Uridin oder N6-Methyl-Adenosin). Dabei half Pseudouridin (Ψ , griechisch Psi) auffällig gut; Ausgangsstoff dafür ist das Uridin (U). Unter den seltenen Basen kommt Ψ in RNAs am häufigsten vor.

Die Universität von Pennsylvania patentierte die Methode im Jahr 2012 und vergab eine Hauptlizenz an die US-Firma CellScript. Im Sommer 2017 haben Moderna und BioNTech Sublizenzen erworben (siehe ct.de/yfdw). Karikó arbeitet inzwischen für BioNTech. Moderna hält ein eigenes Patent zur Basenmodifikation in RNAs.

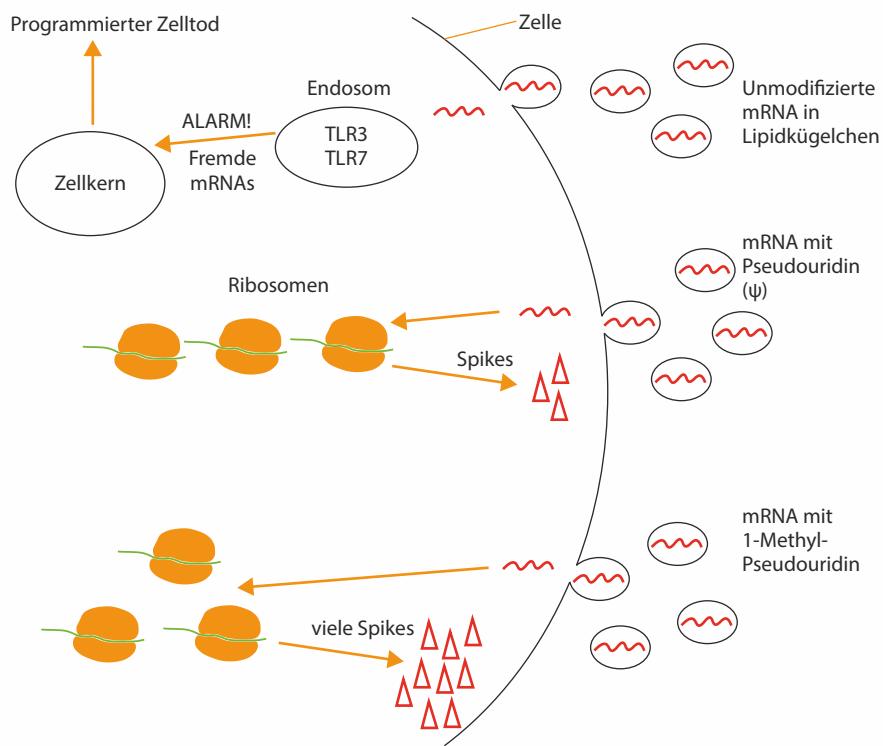
X für ein U

Allerdings verwenden weder Moderna noch BioNTech Pseudouridin, sondern wie geschildert 1-Methylpseudouridin (m1 Ψ), einen synthetischen Baustein. Lebewesen stellen ihn zwar nicht her, Ribosomen lesen m1 Ψ aber in einer mRNA so als wäre es ein U.

2015 haben Arbeitsgruppen aus Gent und Massachusetts beschrieben, dass mit m1 Ψ bestückte RNA das Abwehrsystem deutlich weniger aktiviert als mit Ψ besetzte RNA. Und m1 Ψ steigerte die Proteinproduktion gegenüber Ψ 13fach. Später haben das Ergebnis weitere Arbeitsgruppen bestätigt, darunter auch Mitarbeiter

mRNAs und Modifikationen

Eine Forschungsgruppe hat die Wirkung von drei mRNAs auf Zellen verglichen: Die oberste besteht aus Standardbasen, die mittlere enthält Pseudouridin anstatt Uridin, die untere 1-Methyl-Pseudouridin anstatt Uridin. Die Standard-mRNA versetzt das Abwehrsystem in Alarm, das dann oft den programmierten Zelltod einleitet. Pseudouridin verhindert das; die mRNA wird zur Proteinbiosynthese verwendet. 1-Methyl-Pseudouridin sticht Pseudouridin aus und liefert eine 13fach höhere Proteinsynthese.



von Moderna. Deren Ergebnis erschien im Juni 2017 nur Wochen vor der Lizenznahme von CellScript.

Eigentlich erscheint damit die Wirkung von m1 Ψ hinreichend dokumentiert. Ein spezieller Beleg könnte aber erklären, weshalb CureVac seinen Wirkstoff, der nur Standardbasen enthält, so niedrig dosiert: 2013, also weit vor der Coronavirus-Pandemie, haben wiederum Oliwia Andries und Kollegen gezeigt, dass unmodifizierte mRNA in Experimenten mit Zelllinien den programmierten Zelltod auslöst: 72 Stunden nach Aufnahme unmodifizierter mRNA waren nur noch 10 Prozent der Zellen lebensfähig. Außerdem haben sie belegt, dass das angeborene Immunsystem unmodifizierte mRNAs angreift und zerlegt, was die Proteinproduktion senkt.

Es ist leicht vorstellbar, dass CureVac wegen der Reaktion des angeborenen Immunsystems CVnCov nur niedrig dosiert hat (12 Mikrogramm versus 30 beziehungsweise 100 Mikrogramm bei BNT162b2 und mRNA-1273). Zwar hat CureVac auch mit

bis zu 20 Mikrogramm experimentiert, aber laut dem Fachblatt Nature klagten die Teilnehmer der klinischen Tests bei „höheren Dosen“ über zu heftige Nebenwirkungen.

Zwischenfazit

Einiges deutet darauf hin, dass die Wirksamkeit von CVnCov mit Ψ - oder m1 Ψ -Bausteinen höher hätte ausfallen können. Manche Fachleute glauben nun, dass die modifizierte RNA das Rennen gewonnen hat. Andere halten es immerhin für möglich, dass unmodifizierte RNA vielleicht noch in anderen Zusammenhängen therapeutisch nützlich sein könnte. Auf unsere Anfrage, weshalb CureVac keine Modifikationen verwendet, hat die Firma ausführlich geantwortet (siehe Kasten). Zusammengefasst kann man sagen: CureVac glaubt weiterhin daran, dass sich unmodifizierte mRNAs für Impfstoffe eignen, kündigt aber in der Stellungnahme erstmals an, auch modifizierte mRNAs zu testen.

Stellungnahme von CureVac

Anders als BioNTech und Moderna verwendet CureVac in mRNA-Impfstoffen bisher keine modifizierten Bausteine. Mehrere Publikationen legen aber nahe, dass modifizierte mRNAs das angeborene Abwehrsystem besser umgehen und daher produktionssteigernde Wirkung haben (siehe Absatz „RNA-Hacker“). Wir fragten die Firma, weshalb sie auf Modifikationen verzichtet. Hier folgt der vollständige Wortlaut der Stellungnahme:

Modifizierte sowie unmodifizierte mRNA-Technologieansätze führen zu unterschiedlichen Wirkmechanismen, die entsprechend unterschiedliche Immunantworten induzieren. Unser Technologieansatz der Nutzung chemisch nichtmodifizierter mRNA basiert auf jahrelanger Grundlagenforschung, in deren Kontext wir auch modifizierte und unmodifizierte

mRNA-Konstrukte verglichen haben, aber keinen grundlegenden Vorteil bei der Verwendung modifizierter mRNA feststellen konnten.

Wir glauben, dass der solide Schutz gegen Infektionen neben Antikörpern auf der effizienten Induktion von B- und T-Zellen beruht – einem wichtigen Teil der natürlichen Immunabwehr gegen jede Virusinfektion. Es ist bekannt, dass für die Aktivierung von B- und T-Zellen Interferon Typ 1 (IFN Typ 1) wichtig ist – eine Komponente des Immunsystems, die durch chemisch nichtmodifizierte mRNA induziert wird. Unser Ansatz der unmodifizierten mRNA-Technologie folgt daher dem natürlichen Vorbild der viralen Immunabwehr.

Eine zu starke Aktivierung von IFN kann Nebenwirkungen auslösen. Aus diesem Grund ist eine sorgfältige Dosierung

wichtig. Zum Vergleich: Modifizierte mRNA induziert keine oder deutlich niedrigere Ausschüttung von IFN Typ 1. Damit ist ein Ansatz dem anderen nicht überlegen, vielmehr handelt es sich um verschiedene therapeutische Fenster auf Basis unterschiedlicher Wirkmechanismen.

Unser aktueller Lead-Kandidat der zweiten Generation basiert ebenfalls wie der Kandidat der ersten Generation auf chemisch nichtmodifizierter mRNA und zeigte bereits in präklinischen Untersuchungen verbesserte und schnellere Immunantworten. Im Rahmen unserer GSK-Kooperation werden wir jedoch auch modifizierte Konstrukte testen – wir sind offen für diese Technologie, denn letztendlich werden die genutzten Konstrukte auf der Grundlage von erfolgreichen Daten ausgewählt.

Kurz noch zu den übrigen Unterschieden zwischen CVnCov und BNT162b2:

- Nach dem Startbaustein (Cap) der mRNA folgt eine Steuersequenz (untranslatierte Region, 5'-UTR), mittels der sie sich an das Ribosom anheftet. Deren Basenabfolge beeinflusst die Güte der Anheftung. Bei BNT162b2 enthält diese Region 51 Basen; die Region ist vom sehr effizienten UTR-Teil des menschlichen Alpha-Globin-Gens abgeleitet. CureVac setzt in CVnCov ein 5'-UTR von nur 13 Basen Länge ein. Nur drei der Basen haben regulatorische Bedeutung (Kozak-Sequenz), der Rest ist der Konstruktionsmethode dieser Region geschuldet. Hier scheint noch viel Optimierungspotenzial ungenutzt.
- Das Spike-Gen besteht bei beiden Impfstoffen aus optimierten Codons. Generell klebt das Ribosom gegenüber jedem Codon eine bestimmte Aminosäure an die Proteinkette. Im Erbgut können aber mehrere Codons vorkommen, die für dieselbe Aminosäure kodieren – der genetische Code ist unscharf (Wobble). BioNTech und CureVac setzen Codonfolgen ein, die zwar dasselbe Protein ergeben, aber die Synthese beschleunigen. Der Kniff liegt darin, dass die Zelle für manche Codons die zugehörigen Aminosäuren häufiger produziert als für andere – beide zapfen also schnellere Verkehrswege der Zelle an als das ursprüng-

liche Spike-Gen. CVnCov enthält deutlich mehr modifizierte Codons als BNT162b2. Uns ist nicht bekannt, welcher Ansatz zu mehr Spikes beiträgt.

- BioNTech setzt am Ende des Spike-Gens zum Beenden der Synthese zwei Stop-Codons ein, CureVac nur eines. Zwei Stop-Codons stellen die Ablösung der mRNA vom Ribosom besser sicher als eines und tragen so zur höheren Produktion bei (siehe wiederum ct.de/yfdw).
- Nach dem Spike-Gen folgt die nächste untranslatierte Region (3'-UTR). Von ihrer Sequenz hängt die räumliche Stabilität der mRNA und damit wiederum die Produktionsrate ab. Auch diese Region ist bei beiden Impfstoffen unterschiedlich lang. Uns liegen keine Erkenntnisse darüber vor, welche effizienter ist.
- Das Ende der mRNA bildet normalerweise die polyA-Region. Sie wird laufend gekürzt und wenn sie komplett gestutzt ist, wird die mRNA in die Einzelteile zerlegt. Die Länge dieser Region bestimmt also die Halbwertszeit einer mRNA. Die polyA-Region ist bei BNT162b2 länger als bei CVnCov.
- Ungewöhnlicherweise folgen bei CVnCov auf polyA noch eine polyC-Region und eine Region, die sich selbstständig zu einer Haarnadelstruktur faltet (Stem Loop). Beide tragen dazu bei, dass CVnCov langsamer abgebaut wird, verlängern also die Halbwertszeit.

Aussichten

Die erste Etappe im Rennen um den optimalen Impfstoff hat CureVac verloren. Es wäre aber nicht das erste Mal, dass aus einem Fehlschlag ein Erfolg erwächst, weil er wichtige Erkenntnisse gebracht hat. CureVac arbeitet inzwischen an einer verbesserten Variante unter der Bezeichnung CV2Cov. Einer präklinischen Studie zufolge sind die Ergebnisse ermutigend. Bemerkenswert erscheint, dass CV2Cov mehr Optimierungen in der polyA-Region und den UTR-Regionen enthält. Welche das sind, erklärte CureVac bisher nicht.

In ersten Tests schneidet CV2Cov jedenfalls klar besser ab als sein Vorgänger. Damit steigen die Chancen für CV2Cov, die Zulassungsanforderungen zu erfüllen.

Diese Fortschritte zu beobachten wird sicher mindestens so spannend sein, wie CureVacs Start in die Impfstoffentwicklung mit modifizierter mRNA. Auch dafür dürfte sich der Aufwand lohnen, denn ein Ende der Pandemie ist nicht absehbar und leicht zu lagernde und zu verteilende Impfstoffe wie sie CureVac plant, könnten helfen, sie eher zu beenden.

(dz@ct.de) ct

Impfstoff-Codes, Forschungsliteratur:
ct.de/yfdw

Digitalisierung leicht gemacht!

Wenn Ihre Bücherregale gerade überquellen, bieten wir Ihnen die ideale Lösung. Das gesammelte Know-how Ihrer Fachmagazine kompakt auf Archiv-Discs und -Sticks gespeichert jederzeit zum Abruf bereit. Ideal auch für jene, die an den kompletten Fachinformationen aus den Zeitschriften-Jahrgängen interessiert sind.



Bessere Aussichten mit dem Blick zurück:

Fakten, Meinungen, Tests und Hintergrundwissen – das Jahresarchiv 2020 mit allen Beiträgen aus 26 c't-Heften

auf DVD **24,90 €**
auf 32 GByte USB 3.0-Stick **34,90 €**

c't-Know-how XXL:

Alle Artikel von 1983 bis 2020

auf Blu-ray Disc **99,90 €**
auf 64 GByte USB 3.0-Stick **139,90 €**

shop.heise.de/ct-archiv20



iX-Know-how für IT-Experten:

Nachlesen, vergleichen, absichern – alle iX-Inhalte kompakt.

auf DVD **24,90 €**
auf 32 GByte USB 3.0-Stick **34,90 €**

iX-Know-how XXL:

Alle Beiträge von 1988 bis 2020

auf 64 GByte USB 3.0-Stick **109,90 €**

shop.heise.de/ix-archiv20



Neues baut auf Altem auf:

Ihr Blick in wichtige Fakten und Hintergrundinfos des Archives 2020 von Deutschlands einzigem Innovationsmagazin.

auf DVD **24,90 €**

Technology Review-Know-how XL:

Alle Artikel von 2003 bis 2020

auf DVD **59,90 €**

shop.heise.de/tr-archiv20

heise Shop

shop.heise.de/archive20

Bestellen Sie ganz einfach online im heise shop oder per E-Mail: service@shop.heise.de

© Copyright by Heise Medien.





Bild: Thorsten Hübler

Globale Lieferdienste

Content Delivery Networks: Das unbekannte Rückgrat vieler Websites

CDNs geraten nur auf das Radar der Öffentlichkeit, wenn sie ausfallen. Denn obwohl man sie kaum sieht, sind sie für viele Websites essenziell. Ohne Content Delivery Networks wären sie lahmer, unsicherer und unzuverlässiger. Ein Überblick.

Von Monika Ermert

Am 8. Juni ging bei vielen großen Webdiensten für mehrere Stunden nichts mehr, darunter die Community-Site Reddit, der Streaminganbieter Spotify und der Kurznachrichtendienst Twitter. Das Code-Repository GitHub war ebenso von Ausfällen betroffen wie die Homepages der New York Times, des Guardian, der Nachrichtenagentur Bloomberg und sogar die Website von Amazon. Was war geschehen? Die Dienste des Unternehmens Fastly waren ausgefallen. Ein Software-Update hatte einen globalen Crash nach sich gezogen.

Von Fastly dürften bis dahin wohl die wenigsten Anwender gehört haben. Dabei beziehen viele Surfer regelmäßig Inhalte von diesem Anbieter. Das Unternehmen

ist nämlich einer der weltweit größten Betreiber eines sogenannten Content Delivery Networks, kurz CDN. Solche Dienste sollen eigentlich die Performance und Verfügbarkeit von Webseiten verbessern. Dazu betreiben sie über die gesamte Welt verteilte Rechenzentren mit Proxy-Servern, die Inhalte näher an die Nutzer heranbringen. Website-Betreiber lagern zum Beispiel datenintensive Inhalte wie Video(-streams) oder Bilder auf CDNs aus. Nicht selten liefern CDNs aber auch komplett Websites aus.

In den letzten 10 Jahren sind, von den Surfern unbemerkt, viele Web-Präsenzen auf die Nutzung von CDNs umgebaut worden. „Von der Prä-CDN-Welt ist nicht viel übrig geblieben“, sagt Geoff Huston der

c't. Er muss es wissen. Als Chefwissenschaftler beim Asia Pacific Network Information Centre, der Internet Registry für die Region Asien und den Pazifik, ist er einer der eifrigsten Vermesser von Netzverkehren.

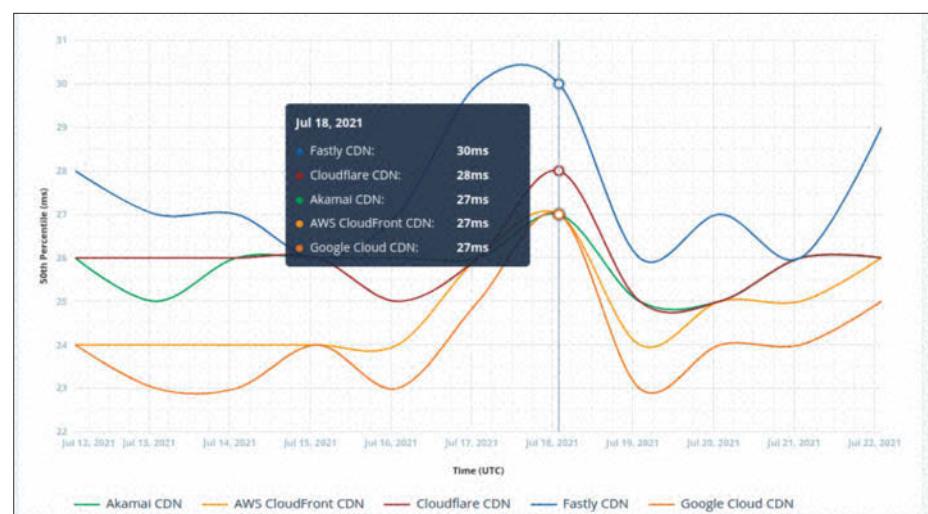
Am Beispiel von Australien kann er den Wandel gut belegen. Im ersten Jahrzehnt des Jahrtausends sind 70 Prozent des Datenverkehrs, den Australiens Breitbandanbieter Telstra an australische Internetnutzer auslieferte, aus den USA oder Europa gekommen, so Huston: „Die Daten sind 12.000 Kilometer durch die Netze gereist“. Heute dagegen kommen 90 Prozent des Datenverkehrs, CDNs sei dank, aus Rechenzentren auf dem Kontinent.

Laut Zahlen des Netzwerkausstatters Cisco machte 2020 der über CDNs laufende Datenverkehr rund 70 Prozent des gesamten weltweiten Datenverkehrs im Internet aus. Oftmals nutzen Website-Betreiber nicht nur ein CDN, sondern mehrere. Mit dem CDN Finder von CDN Planet können Sie für jede Website herausfinden, welche CDNs sie benutzt (siehe ct.de/yane).

Replizierte Daten

Bei einem CDN kopiert ein Distributionsystem die Inhalte eines Ursprungsservers auf eine große Zahl an Replika-Servern, wo sie „gecached“, also eine Weile vorgehalten werden. Ein Replika-Server kann dann viele Anfragen direkt beantworten, ohne den Ursprungsserver kontaktieren zu müssen. Die Replikas stehen an vielen Orten weltweit. Große CDNs unterhalten hunderte Rechenzentren mit zehntausenden Servern. Der Anbieter Cloudflare zum Beispiel gibt an, über Rechenzentren, sogenannte Points of Presence (PoP), in 200 Städten in 100 Ländern zu verfügen. Die Tabelle rechts listet für eine Reihe weiterer großer Anbieter die Anzahl ihrer PoPs sowie die Zahl der Websites auf, die den jeweiligen Dienst verwenden.

Neben der räumlichen Verteilung der Points of Presence ist es auch entscheidend, dass sie möglichst breitbandig an das Internet angeschlossen sind. Dazu betreiben die CDNs an den großen öffentlichen Internet-Knoten (Internet Exchange Points), an denen ihr Netzwerk angeschlossen ist, sowie in bestimmten Datenzentren sogenanntes Peering. Sie tauschen dort also, vertraglich geregelt, mit anderen Internet-Netzbetreibern



Geschwindigkeit ist sehr wichtig: Der Dienst cdnperf.com misst permanent, wie lange es dauert, eine 500 Byte große Datei bei diversen CDNs zu laden.

Daten aus. Akamai etwa betreibt nach eigenen Angaben Points of Presents in mehr als 1400 Netzen.

Manche CDN-Betreiber unterhalten eigene Backbones, verbinden ihre PoPs also untereinander mit eigenen Leitungen. Cloudflare beispielsweise verbindet seine Standorte mit privaten Glasfaserleitungen und nennt dieses Netzwerk Global Private Backbone. Das Unternehmen Level 3 ist von Haus aus der Betreiber eines sogenannten Tier-1-Internet-Backbones, der zusätzlich ein CDN anbietet, das diesen Backbone nutzt.

Verteiltes Echo

Sendet ein Client eine Anfrage an ein CDN, dann leitet ein sogenanntes Request-Routing-System die Anfrage an einen geeigneten Replika-Server weiter. Dabei bezieht das CDN Kennzahlen über die aktuelle Auslastung der Server (CPU-Auslastung, Anzahl der aktiven Verbindungen, Wartungsintervalle) und über die Netzwerkverbindung zwischen Client und Server mit ein. Dazu zählen zum Beispiel die Entfernung, die Latenz sowie die Übertragungsrate.

Statt Daten von einem zentralen Server irgendwo in der Welt laden zu müssen, erhält der Browser sie bei einem CDN also aus dem für ihn optimalen Rechenzentrum. Wegen der in der Regel kürzeren Entfernung zum Server und der guten Anbindung der CDNs landen die Daten so wesentlich schneller bei den Empfängern. Dieses Konzept senkt zudem die Last für internationale Datenleitungen und kommt somit jedermann zugute, da eben nicht

jede Anfrage die weite Reise auf einen anderen Kontinent auf sich nehmen muss und die großen Internet-Datenleitungen verstopft, sondern einen wesentlich kürzeren Weg aus dem näher gelegenen CDN zurücklegt.

CDNs helfen auch, Leistungsspitzen abzufangen. Betreibt ein Unternehmen seine Server-Infrastruktur ohne CDN, so müssen die eigenen Server jede einzelne Endnutzeranfrage verarbeiten und beantworten. Bei zu vielen Anfragen besteht so die Gefahr, dass die Server in die Knie gehen. CDNs betreiben eine riesige weltweit verteilte Server-Infrastruktur, die die Kapazitäten einzelner Websites deutlich übersteigt. Damit stellen Nachfrage-Peaks für sie ein viel geringeres Problem dar.

Reichhaltiges Angebot

Viele CDN-Anbieter bieten über das Caching hinausgehende Funktionen an. Die Bildoptimierung zum Beispiel gehört bei etlichen Diensten zum Standard-

Beispiele für CDNs

Name	Anzahl Points of Presence ^{1,2}	Anzahl Websites ²
Akamai Edge	4.207	110.817
Cloudflare	200	2.934.000
Verizon	175	6.436
Limelight	137	5.893
Amazon Cloudfront	114	369.623
Google	96	432.144
Fastly	37	219.668
MS Azure	13	353.247

¹ Betreiberangaben

² Quelle: similartech.com

repertoire: Je nach Zielgerät und Verbindungsqualität liefern die CDNs Bilder in einer angepassten Pixel- und Dateigröße aus. So vermeiden sie, zu große Dateien zu übertragen, die das Empfänger-Gerät sowieso nicht darstellen kann, und helfen Bandbreite zu sparen – bei sich, im gesamten Netz und beim Empfänger.

Ein anderer wichtiger Dienst, den viele Anbieter im Portfolio haben, ist die Abwehr von sogenannten Distributed-Denial-of-Service-Angriffen (DDoS). Bei DDoS-Attacken versuchen Angreifer eine Website mit Millionen von gleichzeitigen Anfragen von tausenden Sites aus (deshalb distributed) in die Knie zu zwingen. Die Masse der Anfragen soll den Server überfordern, wodurch er nicht mehr erreichbar wäre. Die Angreifer nehmen solche Attacken zum Beispiel als Druckmittel, um Lösegeld zu erpressen.

CDNs überwachen den Datenverkehr des Kunden auf Unregelmäßigkeiten bei den eingehenden Datenpaketen. Sobald vordefinierte Parameter überschritten werden, leiten sie den Netzwerkverkehr in ein sogenanntes Scrubbing-Center um. Diese Server trennen den erwünschten Datenverkehr vom Datenmüll, der zum Angriff gehört. Letzterer wandert einfach in den Orkus.

Manche Firmen bieten zusätzlich alle denkbaren Dienste rund ums DNS an.

DNS-Server übersetzen die Web-Adressen wie „www.heise.de“ in IP-Adressen. Mit einem sogenannten autoritativen DNS-Dienst kann ein Website-Betreiber seine öffentlichen Domain-Namen selbst verwalten. DNS-Dienste sind gewissermaßen eine natürliche Erweiterung des Angebots eines CDN, weil DNS daran mitwirkt, den Traffic auf die Rechenzentren zu verteilen. DNS-Server sind mitunter ebenfalls DDoS-Attacken ausgesetzt und können vom Schutz durch ein CDN profitieren.

Weg vom eigenen Server

Einige CDN-Betreiber, zum Beispiel Microsoft und OVH, sind eher klassische Hoster, die ein CDN mit anbieten. Auf diese Weise erhält der Website-Betreiber das gesamte Leistungsspektrum, das er für den Betrieb seiner Website benötigt, aus einer Hand.

Andere Anbieter wie Amazon CloudFront, Fastly oder Cloudflare verfolgen zwei aktuelle Strömungen bei der Entwicklung und dem Betrieb von Software, bei denen der eigene (Web-)Server eine immer unbedeutendere Rolle spielt – das sogenannte Serverless Computing und das Edge-Computing.

Serverless Computing abstrahiert das Computing von den Details der Serverumgebung. Entwickler können Anwen-

dungen oder Services in einer Cloud beziehungsweise einem CDN ausführen, ohne sich selbst um Bereitstellung, Skalierung und Management der Server kümmern zu müssen. Beim Edge-Computing wiederum geht es darum, möglichst viel der Datenverarbeitung an der Edge, am Rande des CDNs anzusiedeln, also möglichst nahe beim Kunden.

Der betreffende Amazon-Dienst zum Beispiel nennt sich Lambda@Edge. Er ist eine Erweiterung des Serverless-Dienstes AWS Lambda, mit dem Entwickler Node.js- oder Python-Funktionen in einem Amazon-Rechenzentrum ausführen lassen können, ohne sich um die Details der Serverumgebung kümmern zu müssen. Lambda@Edge stellt sicher, dass der Code an einem Standort von Amazons CDN CloudFront in der Nähe des Nutzers ausgeführt wird.

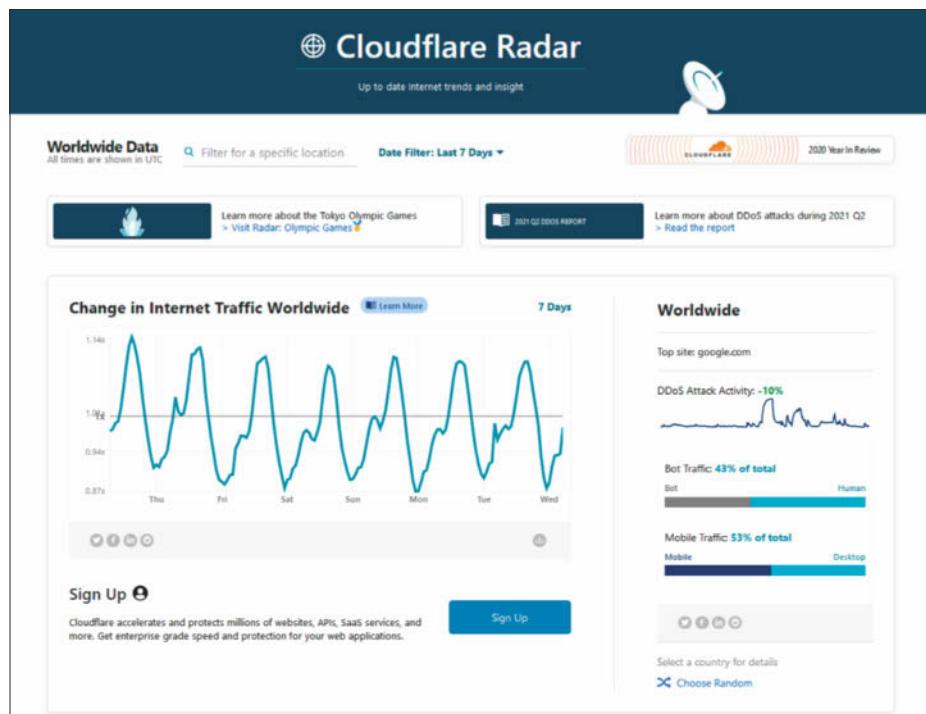
Auch Fastly und Cloudflare bieten weitgehende Edge-Computing-Funktionen. Fastly nennt als Anwendungsbeispiele für sein Compute@Edge die Benutzerauthentifizierung, das Prefetching von Videointhalten sowie A/B-Tests. Mit Cloudflare Pages können Frontend-Entwickler quasi direkt in Cloudflares CDN entwickeln.

CDNs werden typischerweise in verschiedenen Preisstufen angeboten. Viele Betreiber stellen dabei ein oft gar nicht mal so schmal bemessenes Basispaket kostenlos bereit. Web-Entwickler, die sich für die Nutzung eines CDNs interessieren, finden bei CDN Planet eine Übersicht von mehr als zwei Dutzend Anbietern (ct.de/yane) und können dort Feature für Feature vergleichen.

Private CDNs

Neben diesen Anbietern, die CDNs für Dritte betreiben, gibt es auch eine Reihe von Unternehmen, die ihre eigenen CDNs unterhalten. Dazu zählen Google/YouTube, Facebook und nicht zuletzt der Streaming-Anbieter Netflix. Schon vor mehr als zehn Jahren hat sich das Unternehmen entschieden, ein eigenes CDN zu bauen: Open Connect.

Seither peert es an Dutzenden großen Internet-Knoten mit jedem Netzwerk, das mit Netflix Daten austauschen möchte. Zudem bringt es in Form sogenannter Open Connect Appliances seine Inhalte direkt in den Datenzentren der Internet-Provider unter, zum Beispiel bei der Telekom. Der Vorteil für die Provider und deren Kunden liegt auf der Hand: Das



Cloudflare ist so groß, dass der Dienst mit seinem Radar auch einen allgemeinen Statusbericht des Webs liefern kann.

CDN ermöglicht ruckelfreien Streaming-Genuss. Für Netflix liegt der Vorteil von Open Connect darin, dass das Unternehmen die Zuspielung der eigenen Inhalte gezielt optimieren kann.

Miniweb mit CDN

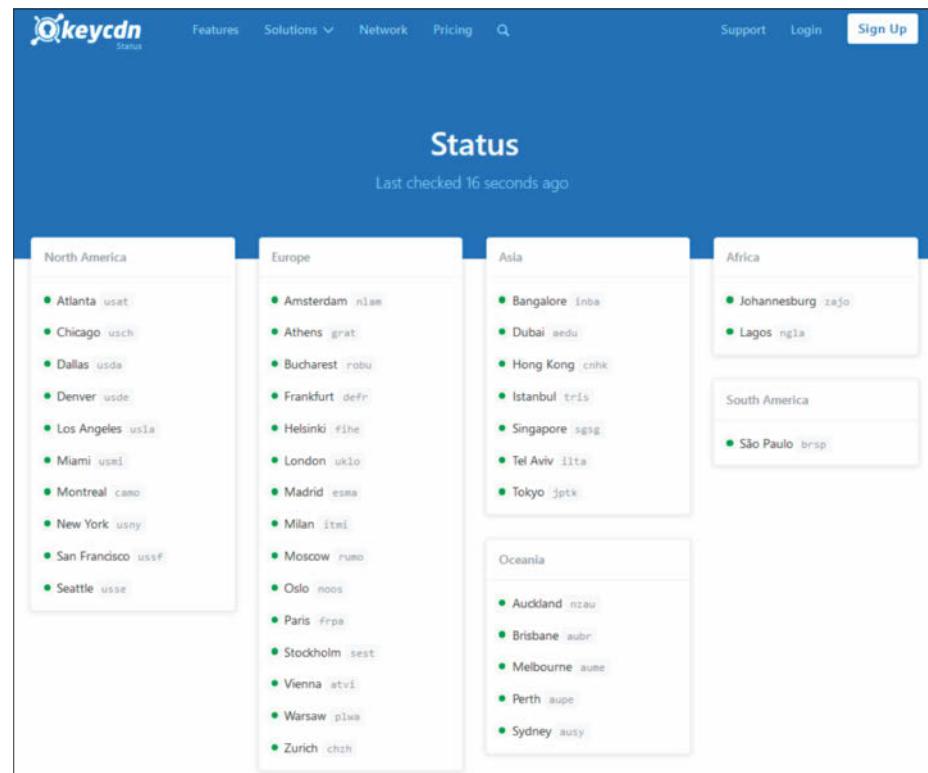
Schon seit längerem kann man sich ein flottes Web nicht mehr ohne CDN vorstellen. 2015 stellte Google einen neuen Standard für abgespeckte Websites vor: Accelerated Mobile Pages, kurz AMP. Damals dauerte das Laden vieler Seiten insbesondere auf Mobilgeräten zu lange. Um viel Schnickschnack beschneidete Webseiten sollten dieses Problem beheben.

Bei AMP-Seiten kommt ein sehr schlanker HTML-Code und ein stark limitiertes CSS zum Einsatz. Zudem nutzen Accelerated Mobile Pages asynchrone JavaScript: Inhalte können sofort geladen werden, ohne dass externe Skripte das Laden blockieren. Außerdem sieht der Standard zwingend vor, dass AMP-Seiten aus einem CDN ausgeliefert werden müssen. Anfangs gab es nur den von Google selbst betriebenen AMP Cache. Mittlerweile können AMP-Seiten auch in anderen CDNs gehostet werden. AMP ist heute vor allem bei Medien-Sites weit verbreitet.

Vorreiter mit Risiken

CDN-Betreiber sind oft die ersten, die technisches Neuland betreten, unter anderem, weil Verbesserungen in ihren riesigen Netzwerken große Effekte entfalten können. Daraus können sich auch für die Allgemeinheit positive Auswirkungen ergeben, etwa bei der Durchsetzung sinnvoller neuer Standards. Unter den Diensten, die beispielsweise die aktuelle Version des Verschlüsselungsprotokolls TLS 1.3 als erste umgesetzt hatten, befanden sich diverse CDNs. TLS 1.3 schafft zahlreiche Schwächen der Vorgänger mit den Versionsnummern 1.0 bis 1.2 ab und macht sowohl den Neuaufbau als auch die Wiederaufnahme einer Verbindung zwischen Client und Server schneller.

Bei der Sicherheit zeigen sich aber auch die Risiken von CDNs, denn sie untergraben das Prinzip der Ende-zu-Ende-Verschlüsselung zwischen Browser und Server. An die Stelle des Ursprungsservers, der ja eigentlich das eine Ende der verschlüsselten Verbindung sein sollte, tritt bei CDNs die Armee der in der ganzen Welt verteilten Replika-Server – die ja die Verkehre mitlesen können müssen, um



CDN-Betreiber wie keycdn überwachen ständig ihre Server. Gibt es mit einem Standort Probleme, wird er temporär vom Netz genommen und der Traffic zu anderen geleitet.

ihrer Dienste anbieten zu können. In der Praxis übergeben heute viele CDN-Kunden den geheimen Schlüssel ihres Zertifikats, das an die Domain des Ursprungsservers gebunden ist, an den CDN-Provider, sodass dieser als Endpunkt agieren kann.

In einigen Branchen widerspricht externes Schlüsselmanagement oder die Weitergabe von Schlüsseln den Sicherheitsvorstellungen, etwa bei Finanzdienstleistern oder Banken. Daher bedienen sich die CDNs unterschiedlicher Tricks, um nicht auf Originalschlüssel der Kundschaft angewiesen zu sein. Eine Möglichkeit ist die Verwendung von Kurzzeitschlüsseln, die vom CDN-Kunden abgesegnet werden. Der Vorteil: bei Kompromittierung verfallen die betroffenen Schlüssel relativ schnell und zumindest der private Hauptschlüssel bleibt unangetastet. Die für die Standardisierung von Internet-Techniken verantwortliche Internet Engineering Task Force (IETF) arbeitet an einer entsprechenden Spezifikation.

Unverzichtbare Schwachpunkte

Über solche technischen Maßnahmen hinaus ergeben sich bei CDNs Risiken einfach schon dadurch, dass sie einen Single

Point of Failure für gleich Hunderte oder Tausende Websites darstellen. CDN-Betreiber reagieren in der Regel rasch auf neue Attacken, und auch wenn ein paar der CDN-PoPs ausfallen, ist das kein Problem: Dann routen sie den Verkehr halt schnell in andere Rechenzentren um.

Das hilft aber nichts, wenn es ein grundsätzliches Problem bei einem CDN-Anbieter gibt. Einige Wochen nach dem eingangs erwähnten Fastly-Ausfall hatte der Anbieter Akamai Probleme mit einem DNS-Service, der dazu führte, dass die Seiten des Apartment-Vermittlers Airbnb, der Logistikunternehmen FedEx und UPS sowie von Banken und Fluglinien für bis zu einer Stunde nicht erreichbar waren. In Deutschland konnten die Seiten der Medien RTL, Bild und Focus nicht aufgerufen werden.

Trotz solcher grundsätzlicher Risiken und gelegentlicher Aussetzer: CDNs halten das Web am Laufen. Ein Netz ohne diese globalen Lieferdienste wäre wesentlich ineffizienter – für die Website-Betreiber, vor allem aber für die Surfer.

(jo@ct.de) ct

Im Text erwähnte Webdienste:
ct.de/yane



Bild: Thorsten Hübner

Sehr aktives Verzeichnis

Das Active Directory macht Windows-Netzwerke beherrschbar

Wer mehr als nur ein paar Computer pflegen muss, wünscht sich eine zentrale Verwaltung, anstatt von Rechner zu Rechner zu eilen. In Windows-Netzwerken setzen Administratoren seit zwei Jahrzehnten auf das Active Directory. Microsofts Computer- und Benutzerverwaltung lohnt sich nicht nur für große Unternehmen.

Von Jan Mahn

Ein Arbeitsplatzrechner in einem Büro hilft seinem Nutzer nicht nur bei der täglichen Arbeit, er verursacht nebenbei auch neue Arbeit – und zwar beim Administrator, der sich um die Verwaltung des PCs kümmern muss: Updates ausführen, Einstellungen anpassen, Programme installieren und aktuell halten. Sobald man vor der Aufgabe steht, in einer größeren Umgebung – etwa in Unternehmen, Behörden, Schulen oder Universitäten – zahlreiche Arbeitsplätze zu verwalten, wünscht man sich einen Weg, über den man Einstellungen auf vielen Geräten gleichzeitig platzieren kann. Eine zentrale Verwaltung muss her.

Für Windows-Admins gibt es das Active Directory (AD), das tief in die Desktop- und Serverausgaben von Windows integriert ist. Dieser Artikel liefert einen Einstieg in diese Grundlagentechnik, die maßgeblich zum Erfolg von Windows in großen Netzwerken beigetragen hat.

Eine der Kernfunktionen des Active Directory sind Gruppenrichtlinien. Solche erstellen Admins an zentraler Stelle und legen damit Einstellungen fest, die sie sonst zum Beispiel in der Systemsteuerung finden. Die Gruppenrichtlinien wenden sie dann mit wenigen Klicks auf Gruppen von Computern an. Wenn zum Beispiel alle Mitarbeiter das Firmen-Intranet als Start-

seite im Browser bekommen sollen, ist das schnell eingerichtet. Spätestens nach einem Neustart der Clients sind die Einstellungen angekommen. Mit einer solchen Infrastruktur ist es dem Admin egal, ob er 10 oder 10.000 Computer konfigurieren muss. Vor Ort besuchen muss man einen im Active Directory verwalteten PC bestenfalls nur noch, wenn Kabel lose oder Batterien in der Funktastatur leer sind.

Universalverzeichnis

Kern des AD ist eine Datenbank, die Objekte in einer hierarchischen Struktur verwaltet (anders als etwa eine SQL-Datenbank). Objekte können alles Mögliche sein – zum Beispiel Computer, Benutzer und Gruppen. Die Hierarchie kann man sich wie eine Baum- oder Ordnerstruktur vorstellen. Das Wurzel-Objekt, das alle weiteren Objekte enthält, heißt Domäne. Die trägt einen Namen in Form eines DNS-Namens. Das kann, muss aber nicht derselbe Domainname sein, den die Organisation auch im Internet benutzt, zum Beispiel example.org.

Als Benutzer ohne Administrationsauftrag sind Sie vielleicht schon einmal über den Begriff der Domäne gestolpert, weil Ihnen ein Dialog in Windows oder einer anderen Software die Option „statt dessen an einer Domäne anmelden“ vorgeschlagen hat. Gemeint ist dann die Domäne eines Active Directory.

In einer Domäne werden die Objekte in sogenannten Organisationseinheiten (Organisational Units, OU) sortiert. Darin können weitere Organisationseinheiten oder die Objekte selbst liegen – vergleichbar mit Ordnern und Dateien in einem Dateisystem. Jedes Objekt bekommt in der Hierarchie eine eindeutige Adresse, den sogenannten „distinguishedName“. Der beginnt mit dem „commonName“ (CN=), bei Personen ist das zum Beispiel der Vor- und Nachname, dann folgt eine Aufzählung der Hierarchie der Organisationseinheiten (OU=) und schließlich die Komponenten des Domänenamens (DC=). Ein distinguishedName kann zum Beispiel wie folgt aussehen:

```
CN=Kalle Knacker,OU=Admins,OU=Benutzer,DC=test,DC=local
```

Der Nutzer im Beispiel heißt Kalle Knacker, ist in der Organisationseinheit Admins. Diese ist ein Kinder-Element der OU mit dem Namen Benutzer. Die wiederum liegt auf oberster Ebene in der Domäne

test.local. Wie Sie Ihr Active Directory strukturieren, ist Ihnen weitestgehend selbst überlassen – mit der Ordnerstruktur bilden Sie möglichst die Struktur Ihrer Organisation ab. Sinnvoll kann eine Sortierung nach Standorten, Unternehmensbereichen oder Abteilungen sein.

Ähnlich wie in einem Dateisystem dürfen in einer OU nicht zwei Objekte mit demselben Namen liegen – sonst wäre der distinguishedName nicht eindeutig. Wenn also zwei Mitarbeiter mit exakt demselben Namen in einer Organisationseinheit liegen, müssen Sie sich bei der Benennung etwas einfallen lassen.

Theoretisch könnte man beliebige Objekte aus der realen Welt im Active Directory verwalten. Wenn es Ihnen nützlich erscheint, könnten Sie zum Beispiel die Autos des Unternehmensfuhrparks hier ablegen (das ist kein Praxis-Tipp, sondern nur ein theoretisches Beispiel; meist gibt es einfachere Alternativen). Jedes Objekt

trägt Attribute, also Felder, in denen man Daten speichern kann.

Objektschablonen

Welche Objekte existieren und welche Attribute diese tragen, legen Schablonen fest, sogenannte Schemata. Microsoft liefert ein Active Directory schon mit vorgefertigten Schemata aus, Sie müssen also nicht bei null anfangen und zuerst die Attribute eines Nutzers definieren. Computer, Gruppen und Benutzer sind bereits angelegt und meist kommen Sie lange ohne Schema-Erweiterungen durchs Admin-Leben. Solche Erweiterungen brauchen Sie erst dann, wenn Sie eine Software nutzen, die eng mit einem Active Directory verzahnt arbeitet. Microsofts Mailserver Exchange ist ein Beispiel für eine Anwendung, die eine Schema-Erweiterung bei der Installation durchführt und das Schema für das Nutzerobjekt mit weiteren Attributen ausstattet.

Das Active Directory: Microsofts Zugpferd

Seit Windows 8, spätestens aber seit Windows 10, steht Windows für seine Datenschutz-Fehlritte in der Kritik: Telemetrie kann man nur noch in der Enterprise-Edition abklemmen, Cortana wurde angeboten wie Sauerbier, die Suche in der Startleiste und der Store sprechen fleißig mit Microsoft-Servern und ein frisch installiertes Windows Pro ist schon voll mit Spiele-Apps, die im Unternehmensnetz nichts verloren haben. Alles Gründe, die Admins dazu bringen könnten, sich nach Alternativen etwa in der Linux-Welt umzusehen.

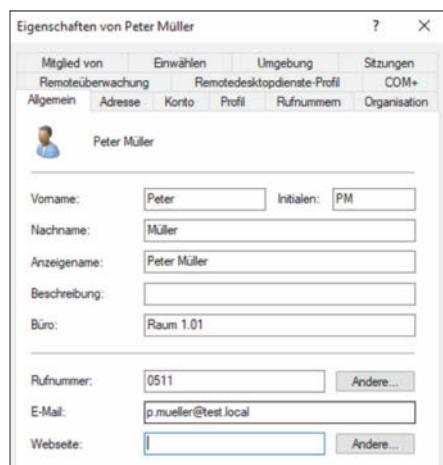
Doch von einer massenhaften Abwanderung ist nichts zu sehen. Dass Windows in Organisationen noch immer so populär ist, liegt nicht an Bequemlichkeit oder Microsoft-Hörigkeit, wie es Open-Source-Vertreter gerade Behörden gern vorwerfen. Maßgeblich verantwortlich für die Bedeutung von Windows ist das Active Directory – bis heute ein sehr komfortabler und flexibler Werkzeugkasten für homogene Windows-Netze und solche mit hohem Windows-Anteil.

Viele Teilprobleme kann man durchaus auch mit Linux als Desktop- und Server-Betriebssystem lösen (zum Beispiel mit der Open-Source-AD-Alternative Samba), die Integration von weiteren

Diensten (Fileserver, Druckserver, Deployment per WDS, Updates per WSUS, Zertifikatsdienste) und das Zusammenspiel aller Komponenten in einem Windows-Netzwerk mit Active Directory sind aber einfach, funktional und über Jahrzehnte erprobt. Und: Viele dieser Dienste, etwa WSUS, gibt es eben nur als Dienst auf einem Windows-Server.

Dass das Active Directory noch immer die Basis des Erfolgs von Windows ist, hält Microsoft nicht davon ab, sein eigenes Produkt mit Missachtung zu strafen. Seit Windows Server 2012 gab es am Active Directory und seinen Verwaltungswerkzeugen keine nennenswerten Neuerungen. Bei den großen Keynotes von Microsoft-Chef Satya Nadella wird dieser Geschäftszweig einfach totgeschwiegen.

Stattdessen versucht der Konzern immer wieder, Anbindungen an seine Azure-Cloud zu verkaufen: Das lokale Active Directory kann man etwa mit dem Azure Active Directory synchronisieren. Nutzer können sich dann mit ihren AD-Benutzerdaten online bei Microsoft anmelden. Diese Synchronisierung des lokalen ADs mit der Cloud ist Voraussetzung, um Dienste wie Office 365 und Microsoft Teams im Unternehmen einzuführen.



Das Active Directory dient nicht nur als zentraler Anmeldedienst, es kann auch ein Organisations-Telefonbuch bereitstellen.

Auch Schemata sind hierarchisch sortiert und haben einen distinguishedName. Das mitgelieferte Schema für Benutzer heißt mit vollem Namen

```
CN=Person,CN=Schema,CN=Configuration,  
CDC=test,DC=local
```

Solche Benutzer-Objekte tragen neben einem Namen (bestehend aus Vor- und Nachname sowie Initialen) noch weitere Datenfelder, etwa für die Büronummer und Telefonnummern. Wenn Sie diese Werte gewissenhaft im Active Directory pflegen, fallen dabei nützliche Nebenprodukte wie ein firmeninternes Telefonbuch ab. Viele Telefonanlagen und IP-Telefone können das Active Directory befragen und durchsuchen und Sie sparen sich eine doppelte Datenhaltung mit einer weiteren Datenbank. Software, die auf das Verzeichnis des Active Directory zugreifen soll, muss über das „Lightweight Directory Access Protocol“ (LDAP) kommunizieren.

Die eingebauten Standard-Objekte dienen nicht nur als Datenspeicher für ein Firmentelefonbuch und ein PC-Inventar, sie sind auch die Grundlage für eine zentrale Authentifizierung (Anmeldung) und eine zentral steuerbare Autorisierung (Berechtigungsprüfung). Alle Benutzer im Active Directory haben einen Benutzernamen und ein Kennwort. Computer können Mitglied der Domäne werden und bekommen intern ein Computerkonto. Domänen-Nutzer dürfen sich an ihnen mit ihren Zugangsdaten anmelden, sofern sie dafür freigeschaltet sind. Der Vorteil eines zentralen Benutzermanagements liegt auf der Hand: Niemand muss lokale Benutzerkonten auf

allen Rechnern anlegen und man kann zum Beispiel zentral festlegen, dass sich alle Mitarbeiter der Buchhaltung mit ihren Anmeldedaten an anderen PCs derselben Abteilung anmelden dürfen (so, dass sie keine fremden Daten sehen können).

Während die Organisationseinheiten für Ordnung sorgen, können Sie Computer und Nutzer in Gruppen zusammenfassen, unter anderem, um Berechtigungen zu vergeben. Weil alles hierarchisch organisiert ist, dürfen Gruppen auch ineinander verschachtelt werden. So kann man jeden Mitarbeiter zum Beispiel in eine Gruppe für seine Abteilung stecken und alle Abteilungsgruppen in die Gruppe Mitarbeiter.

Schaltzentrale Domaincontroller

Eine Windows-Domäne wird von sogenannten Domaincontrollern bereitgestellt. Das sind (virtuelle) Maschinen, auf denen Windows Server (ab Windows Server 2000) installiert ist. Microsoft empfiehlt dringend, auf dieser Server-Instanz nebenbei keine weiteren Dienste zu betreiben – wenn etwas den Domaincontroller blockiert, steht die Arbeit im Netzwerk still. Nur in sehr kleinen Umgebungen kann man von dieser Regel auch mal abweichen.

Mit diesem Grundwissen über den Aufbau von Domäne und Verzeichnis ausgestattet, können Sie ein Active Directory zum Ausprobieren selbst einrichten. Alles, was Sie dafür brauchen, ist eine Virtualisierungsplattform Ihres Vertrauens (wie Hyper-V oder VMware) und die ISO-Datei mit einem aktuellen Windows Server

(2016 oder 2019). Den Link zur Evaluation-Version von Server 2019 finden Sie über ct.de/yp5s.

Die dürfen Sie 180 Tage lang für Experimente benutzen – Microsoft hat aber eine Tücke eingebaut: Nachdem Sie einen Server in der Evaluation-Version zum Domaincontroller ernannt haben, können Sie Windows Server nicht mehr durchs Eingeben eines Lizenzschlüssels zu einer Vollversion umwandeln.

Richten Sie eine virtuelle Maschine mit einem aktuellen Windows Server mit grafischer Oberfläche (Standard, nicht Datacenter) ein, geben Sie ihr einen Computernamen wie „dc01“ und am besten eine statische IP-Adresse (man kann einen Domaincontroller technisch durchaus per DHCP betreiben, das ist aber definitiv nicht empfohlen). Wenn Sie später auch das Zusammenspiel der Domäne mit einem Desktop-Windows testen wollen, installieren Sie eine zweite VM mit Windows 10 Professional, Enterprise oder Education und geben auch ihr einen sprechenden Namen wie „PC-Test-01“. Aktivieren müssen Sie weder den Server noch das Desktop-Windows. Stecken Sie beide VMs in ein gemeinsames virtuelles Netzwerk, das auch Kontakt zum Internet hat – wenn die Maschinen sich gegenseitig per Ping erreichen, ist Ihre Testumgebung startklar.

Ein Windows-Server wird zum Domaincontroller, indem man eine Rolle installiert. Mit dem Aktivieren von Rollen bestimmt man, welche Aufgaben ein Windows-Server übernimmt. Öffnen Sie dazu den Server-Manager und klicken oben

Glaubensfrage Domänenbenennung

Die Frage nach dem „richtigen“ Namen für eine AD-Domäne ist eine wahre Glaubensfrage. Einige plädieren dafür, den Namen der schon existierenden Internetdomain zu nutzen. Das macht es einfacher, zum Beispiel Zertifikate für Dienste zu beschaffen, die von externen Clients akzeptiert werden. Vieles spricht aber gegen diese Strategie – allen voran das Argument, dass die Domäne möglichst einige Jahrzehnte halten sollte, wohingen sich Unternehmensnamen durchaus ändern können. Dann sind die Mitarbeiter generiert, wenn weiterhin der alte Name verwendet wird. Eine Umbenennung einer Domäne ist kein Vergnügen! Gut

fährt man mit einem kurzen Domänenamen, der vergleichsweise unabhängig vom Unternehmensnamen ist, zum Beispiel eine Abkürzung. Am besten sucht man eine Adresse, die im Internet noch nicht vergeben ist und bucht sie direkt. Das Unternehmen Example Inc. könnte statt example.org seine Active-Directory-Domäne etwa exi.de nennen und diese zur Sicherheit gleich bei einem Domain-Hoster mieten.

Von der Top-Level-Domain .local, die man früher gern eingesetzt hat, wird für produktive Domänen heute abgeraten. Für Testumgebungen kann man sie aber gut einsetzen.

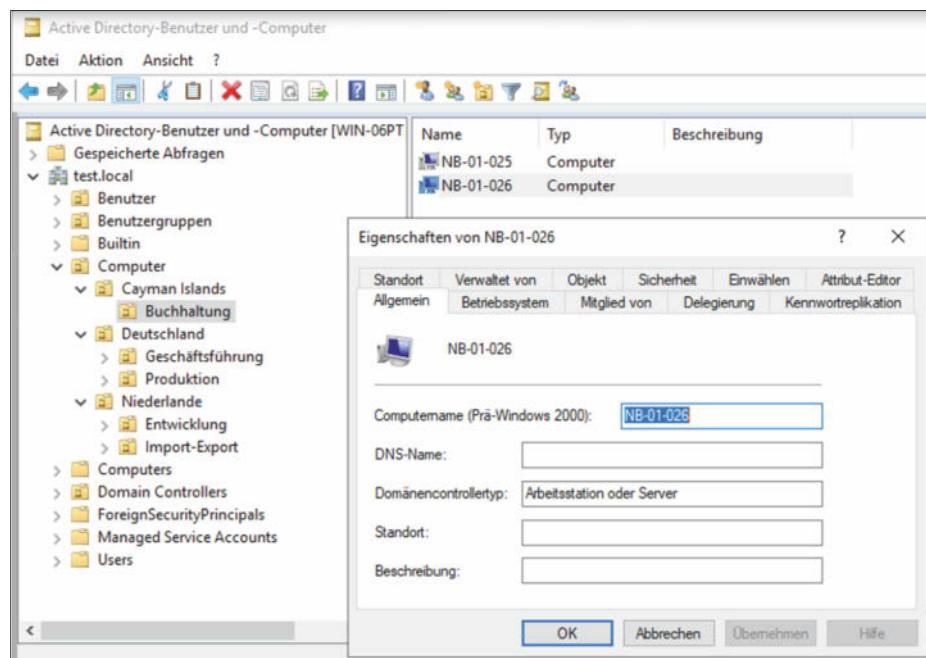
rechts auf „Verwalten/Rollen und Features hinzufügen“. Klicken Sie sich durch den Assistanten, bis Sie neue Rollen auswählen können. Setzen Sie dort den Haken bei „Active Directory-Domäendienste“ (nicht zu verwechseln mit den „Active Directory Lightweight Directory Services“, das ist nur ein nackter LDAP-Server) und setzen den Assistanten fort. Windows wird Ihnen automatisch ein paar Features vorschlagen, die Sie mit installieren sollen. Lassen Sie diese Vorschläge unverändert. Es handelt sich um die Werkzeuge mit grafischen Oberflächen.

Beginn einer Ära

Ist die Rollen-Installation erledigt, ist der Server bereit, um zum Domaincontroller hochgestuft zu werden. Früher startete man den Vorgang feierlich mit dem Befehl `dcpromo` auf der Kommandozeile. Ein denkwürdiger Moment, der in einer Admin-Karriere nicht allzu oft vorkam – eine Domäne ist eine Einrichtung für die Ewigkeit und kann gut Jahrzehnte überdauern. Mit Server 2012 hat Microsoft `dcpromo` abgeschafft und die Funktion unnötig kompliziert im Server-Manager versteckt. Oben rechts im Server-Manager sollten Sie nach der abgeschlossenen Rolleninstallation ein gelbes Warndreieck sehen, dahinter verbirgt sich der Hinweis, dass die AD-Rolle konfiguriert werden möchte. Klicken Sie dort auf „Server zu einem Domänencontroller heraufstufen“.

Im ersten Schritt des Assistanten werden Sie gefragt, in welche Gesamtstruktur Sie den Domaincontroller integrieren wollen. Eine Domäne ist nämlich nicht die oberste Ebene in einem Active Directory. Ihr übergeordnet ist eine sogenannte Gesamtstruktur. In vielen kleinen und mittleren Unternehmen enthält eine Gesamtstruktur nur genau eine Domäne. Die Gesamtstruktur braucht man erst, wenn die Organisation wirklich groß ist: Internationale Konzerne können sich zum Beispiel dazu entscheiden, für jeden Kontinent eine Domäne anzulegen und alle in einer Gesamtstruktur zusammenzufassen.

Wählen Sie für Ihre erste Domäne „Neue Gesamtstruktur hinzufügen“ und geben ihr einen Namen, zum Beispiel `test.local`. Im zweiten Schritt fragt der Assistant, welche Funktionsebene Domäne und Gesamtstruktur haben sollen. Das ist ein nichtssagender Begriff, den man besser mit „Active-Directory-Generation“ übersetzt hätte. Mit fast jeder Windows-Serwer-Version kamen kleinere Neuerungen



Die Benutzer- und Computerverwaltung für das Active Directory kommt im Windows-2000-Layout daher, ist aber bis heute funktional und schnell verstanden.

zum AD hinzu. Wenn Sie die Struktur auf „Windows Server 2016“ einstellen, bekommen Sie die neuesten Funktionen, können später aber keine Domaincontroller mit älteren Server-Versionen hinzufügen (wohl aber ältere Server und Desktops als Domänenmitglieder). Mit Server 2019 kamen keine neuen Funktionen hinzu, wählen Sie also 2016.

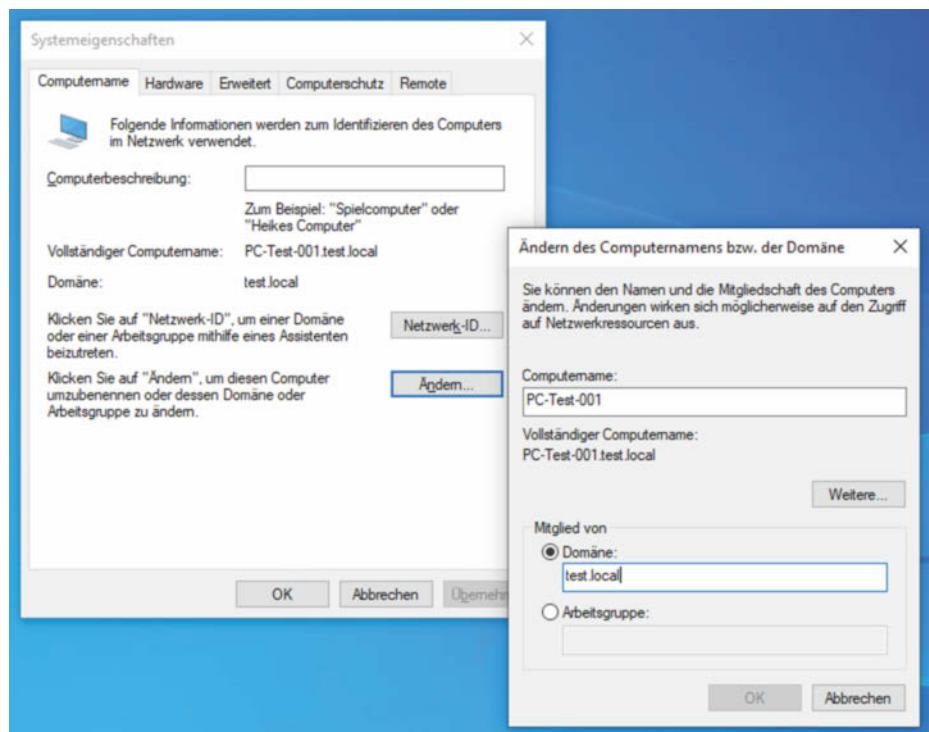
Außerdem verlangt der Assistant ein Wiederherstellungskennwort (DSRM-Kennwort, Directory Services Restore Mode). Das ist der Zugang für absolute Notfälle kurz vor Totalschaden. Für eine Produktivumgebung vergeben Sie ein möglichst langes Kennwort und verwahren es an mindestens einem sehr sicheren Ort, am besten auch außer Haus. Lassen Sie die anderen Optionen unverändert, insbesondere der Haken für den DNS-Server muss aktiv sein. Setzen Sie anschließend den Assistanten fort. Den nächsten Schritt, der nach DNS-Delegierung fragt, können Sie überspringen. Auch dem NetBIOS-Namen Ihrer Domäne müssen Sie keine große Aufmerksamkeit schenken, der Assistant unterbreitet Ihnen einen Vorschlag. Für die Domäne `test.local` nehmen Sie einfach „TEST“. Das ist ein historisches Relikt, das die Nutzer aber noch vergleichsweise oft zu sehen bekommen, zum Beispiel bei der Anmeldung.

Im nächsten Schritt können Sie drei Pfade anpassen: zunächst den Datenbank-

ordner (NTDS, benannt nach dem AD-Vorgänger NT Directory Services). In diesen legt der Server seine hierarchische Datenbank ab. Außerdem brauchen Sie einen Ordner für die Protokolldateien und einen für die Freigabe SYSVOL. In diesem per SMB im Netzwerk freigegebenen Ordner liegen später die Gruppenrichtlinienobjekte mit Einstellungen, die von den Clients eingelesen und verarbeitet werden. Die Best-Practice-Empfehlung lautet, diese drei Ordner auf einen separaten Datenträger zu legen. Für eine Experimental-Domäne belassen Sie es bei den Vorgaben und klicken den Assistanten bis zum Ende durch. Am Ende wird der Server neu gestartet und ist ab diesem Zeitpunkt Domaincontroller.

Willkommen zu Hause

Dieser Wandel ist unverkennbar nach dem Neustart: In der Anmeldemaske wird jetzt zusätzlich der NetBIOS-Name Ihrer Domäne angezeigt und Ihr bisheriger lokaler Administrator-Account auf diesem Server hat den Aufstieg zum Domänen-Account mit dem Namen Administrator hinter sich. Melden Sie sich mit seinem gewohnten Kennwort an. Nach der etwas zähen Erstanmeldung können Sie Ihre neue Domäne in Augenschein nehmen. Die grafische Oberfläche zur Verwaltung finden Sie, wenn Sie „Active Directory-Benutzer und -Computer“ in die Suche eintippen – die-



Mit wenigen Klicks wird ein Windows-10-PC (Pro, Enterprise oder Education) zum Domänenmitglied. Danach können sich Domänen-Nutzer an ihm anmelden und Admins ihn fernverwalten.

ses Werkzeug sollten Sie direkt auf den Desktop legen.

Es zeigt Ihnen links die noch sehr leere Baumstruktur an – diese mit Leben zu füllen, bleibt Ihnen überlassen. Am besten lassen Sie die vordefinierten Benutzerobjekte in ihrer Organisationseinheit Users und legen eine neue OU mit dem Namen „Benutzer“ an. Klicken Sie dafür links auf den Namen Ihrer Domäne und dann oben auf das Symbol, das wie „Neuer Ordner“ aussieht. Damit erstellen Sie eine neue OU. Hier können Sie schon mal Ihren ersten Nutzer platzieren – öffnen Sie die OU und klicken dann oben auf das Nutzer-Symbol. Der kleine Assistent ist selbst erklärend. Ihr Nutzer bekommt Vor- und Nachname sowie ein Kennwort und einen Benutzernamen.

Unterwerfung

Ausgestattet mit Domäne und Benutzer können Sie jetzt Ihren ersten Client-PC zum Mitglied machen. Jeder Windows-Desktop mit einer Pro-, Education- oder Enterprise-Edition (und jeder Windows Server) kann Mitglied einer Domäne werden. Damit das reibungslos klappt, ist noch eine Änderung am Netzwerk fällig: Ihr Domaincontroller arbeitet seit der Installation auch als DNS-Server und löst Anfragen für die Domain test.local auf. Die

AD-DNS-Integration ist einerseits technisch nötig, damit der Domaincontroller gefunden wird, andererseits enorm praktisch, weil jeder PC sofort einen internen Subdomain-Eintrag bekommt. Der Computer mit dem Hostname PC-Test-01 bekommt den Eintrag pc-test-01.test.local. In sehr großen Organisationen kann man Domaincontroller und DNS auch trennen, in kleinen und mittleren Umgebungen ist das aber nicht nötig.

Damit Sie einen Rechner in die Domäne aufnehmen können, muss der als DNS-Server den Domaincontroller verwenden. Vorher, sollten Sie aber sicherstellen, dass Ihr DNS-Server alle Anfragen, die nicht zu test.local gehören, an einen anderen DNS-Server im Internet weiterleitet. Geben Sie auf dem DC in die Suchleiste „DNS“ ein und öffnen Sie den DNS-Manager. Klicken Sie links auf den Namen des Servers, dann auf Weiterleitungen. Wenn hier noch nichts steht, tragen Sie einen öffentlichen DNS-Server Ihres Providers, 1.1.1.1 (von Cloudflare) oder 8.8.8.8 (von Google) ein. Wechseln Sie dann zur Windows-10-Maschine und tragen in den Netzwerkeinstellungen die IP-Adresse Ihres Domaincontrollers als DNS-Server ein. Zum Test können Sie dort anschließend die Auflösung mit nslookup test.local prüfen.

Öffnen Sie jetzt den Dialog zum Ändern des Computernamens. Den hat Microsoft mit Windows 10 in der Einstellungen-App unter System/Info ganz unten hinter dem Link „Diesen PC umbenennen (fortgeschritten)“ versteckt (nicht verwechseln mit „Diesen PC umbenennen“). Zügig kommen Sie zum Dialog über den Befehl sysdm.cpl auf der Kommandozeile. Klicken Sie im Dialog unten auf „Ändern“.

Tragen Sie dort den Namen Ihrer Domäne ein. Zum Ändern der Domänenmitgliedschaft müssen Sie lokaler Administrator auf dem PC sein und werden dann aufgefordert, die Zugangsdaten eines Administrators der Domäne einzugeben. In einem produktiven System sollten Sie unbedingt weitere Admin-Accounts mit beschränkteren Rechten einrichten; für eine Testumgebung ist es vertretbar, den Account „Administrator“ zu nutzen.

Mit diesem Akt unterwirft sich der PC vollständig den Spielregeln der Domäne. Per Richtlinie kann ein Domänen-Admin jetzt zum Beispiel dafür sorgen, dass der bisherige lokale Administrator seine Rechte oder sein Kennwort verliert. Eine Domänenmitgliedschaft ist daher nicht das geeignete Verfahren, um Bring Your Own Device (BYOD) in Unternehmensnetzen umzusetzen: Privatgeräte gehören nicht in die Domäne.

Wenn die Aufnahme in Ihre Domäne geklappt hat, verabschiedet sich der Client zum Neustart. Anschließend dürfen Sie sich mit den Nutzerdaten eines Domänen-Nutzers anmelden. Klicken Sie im Anmeldebildschirm unten links auf „Anderer Benutzer“ und melden sich mit dem Benutzernamen an. Dass es sich um eine Domänen-Anmeldung handelt, ist schon voreingestellt. Um sich mit einem lokalen Konto an einem Domänen-PC anzumelden, setzen Sie ein \ vor den lokalen Benutzernamen.

Der Anfang ist gemacht

Ihre Domäne in einer minimalen Konfiguration ist einsatzbereit. Für den produktiven Einsatz fehlen aber noch einige Einrichtungsschritte. In einer der nächsten Ausgaben erfahren Sie, wie Sie mehrere Domaincontroller redundant im Verbund betreiben und wie Sie Ihre Windows-10-PCs mit Gruppenrichtlinien verwalten.

(jam@ct.de) ct

Dokumentation und Downloads:
ct.de/yp5s



 **heise Academy**

Die Webinar-Serie von Heise

Jira und Confluence in der Cloud

Meistern Sie in 3 Online-Trainings die Cloud-Migration

Lernen Sie in unserer Webinar-Serie, wie Sie die Migration von Jira und Confluence in die Atlassian Cloud meistern. Im abschließenden Webinar zeigen wir Ihnen, wie ein zeitgemäßes Requirements-Management mit Confluence und Jira in der Cloud aussieht.

DIE TERMINE:

15. September 2021

Confluence in der Cloud: Migra-
tion und Umsetzung

21. September 2021

Jira in der Cloud: Migration
und Umsetzung

28. September 2021

Requirements-Management mit
Jira und Confluence



JETZT ANMELDEN

webinare.heise.de/atlassian/

**Exklusiver
Kombi-Preis: 289 €**

Einzelpreis: 139 €

Jetzt über 30 % Kombi-Rabatt sichern!

© Copyright by Heise Medien

Tarnkappe

ECM-Ethernet-Treiber für den Betrieb des Raspi 4 an Windows-Clients

Über den USB-C-Anschluss mit einem PC verbunden, lässt sich der Raspberry Pi 4 etwa als USB-Netzwerkadapter und so als Netzwerk-Appliance nutzen. Für Windows-Rechner benötigte man dafür bislang den RNDIS-Treiber und eine spezielle Raspi-Konfiguration. Durch geschickte Tarnung als Android-Gerät lässt sich der Raspi ohne Anpassungen mit allen Betriebssystemen einsetzen.

Von Mirko Dölle

Die USB-C-Buchse des Raspi 4 ist weit mehr als nur ein Stromanschluss, auch die USB-2.0-Datenpins sind belegt und erlauben es, den Mini-Rechner als USB-Peripheriegerät etwa an PCs zu nutzen. Dabei kann der Raspi von Tastatur über Massenspeicher bis hin zu Netzwerkadapter eine ganze Reihe USB-Geräte emulieren, auch gleichzeitig. Doch die Netzwerkemulation ist tückisch, für den Betrieb an Windows-Rechnern musste man den Raspi bislang eigens als Microsoft-kompatiblen RNDIS-Netzwerkadapter konfigurieren, während man für Linux und macOS die Konfiguration für den betriebssystemabhängigen ECM-Modus (Ethernet Control Model) des USB Implementers Forum (USB-IF) benutzt.

Indem Sie den Raspi als Android-Gerät tarnen und unter Windows einen Android-Treiber von Samsung installieren, können Sie dieselbe USB-Konfiguration für alle Clients verwenden. Das ist besonders für die Entwicklung von Appliances auf Basis des Raspberry Pi interessant, also von Geräten für einen bestimmten Anwendungsfall. Ein Beispiel dafür ist das VPiN-Projekt aus [1], bei dem der Raspberry Pi 4 als kompakter VPN-Router ins

Firmennetz arbeitet. Dort haben wir die in diesem Artikel beschriebene Technik bereits genutzt, ohne sie näher zu erklären.

Damit der USB-C-Port des Raspi 4 überhaupt kommunikativ wird, müssen Sie unter Raspberry Pi OS zunächst das dafür zuständige Device-Tree-Overlay `dwc2` im Abschnitt [`pi4`] am Ende der Datei `/boot/config.txt` eintragen:

```
dtoverlay=dwc2
```

Mit folgendem Eintrag am Ende der Datei `/etc/modules` wird das ebenfalls erforderliche Kernel-Modul künftig bei jedem Start automatisch geladen:

```
libcomposite
```

Handelt es sich um eine Neuinstallation von Raspberry Pi OS, sollten Sie nun noch die Grundkonfiguration mit dem Befehl `sudo raspi-config` im Terminal vornehmen und im Zuge dessen auch die Software aktualisieren lassen.

Anschließend ist ein Neustart erforderlich, vor allem, um das Device-Tree-Overlay zu aktivieren.

Maskerade

Nun können Sie den USB-C-Port über verschiedene Einträge unterhalb des Ver-

zeichnisses `/sys/kernel/config/usb_gadget` konfigurieren. Legen Sie dort zunächst ein Verzeichnis für die Konfigurationsdaten an, etwa `Raspi` – der Name taucht später als Gerätename wieder auf, wenn Sie den Raspi an einen anderen Rechner anschließen:

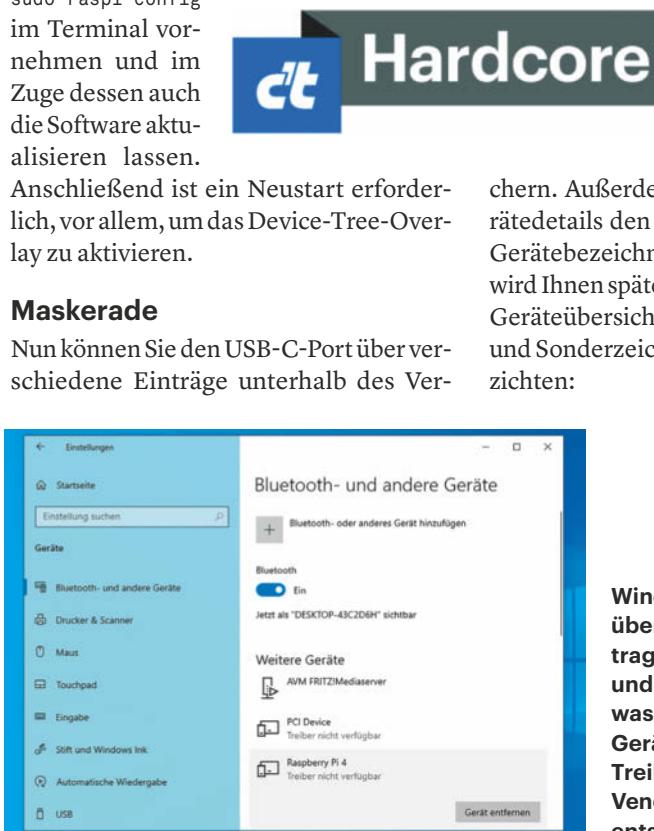
```
cd /sys/kernel/config/usb_gadget
mkdir -p Raspi
cd Raspi
```

In diesem Verzeichnis hinterlegen Sie die Basiskonfiguration des USB-Geräts, allem voran die Vendor- und Product-ID, aber auch die Gerätekasse:

```
echo 0x04e8 > idVendor
echo 0xa50b > idProduct
echo 0x0100 > bcdDevice
echo 0x0200 > bcdUSB
echo 0xEF > bDeviceClass
echo 0x02 > bDeviceSubClass
echo 0x01 > bDeviceProtocol
```

Die Gerätedetails landen im Unterverzeichnis `strings/0x409`, das Sie ebenfalls selbst anlegen müssen. Dazu zählt unter anderem die Geräte-Seriенnummer, wofür Sie mit den folgenden Befehlen idealerweise die Seriennummer des Raspi übernehmen. Anhand der Seriennummer können Rechner verschiedene USB-Geräte auseinanderhalten und etwa bei zwei Druckern des gleichen Modells unterschiedliche Druckerinstellungen speichern.

Außerdem können Sie in den Gerätedetails den Herstellernamen und die Gerätebezeichnung unterbringen, beides wird Ihnen später unter Windows 10 in der Geräteübersicht angezeigt. Auf Umlaute und Sonderzeichen sollten Sie besser verzichten:



Windows zeigt in der Geräteübersicht den zuvor einge tragenen Herstellernamen und Gerätebezeichnung an, was die Unterscheidung der Geräte erleichtert. Für die Treibersuche spielen jedoch Vendor- und Product-ID die entscheidende Rolle.

```
mkdir -p strings/0x409
cat /sys/firmware/devicetree/base/serial-number > strings/0x409/serialnumber
echo "Raspberry Pi Foundation" > strings/0x409/manufacturer
echo "Raspberry Pi 4" > strings/0x409/product
```

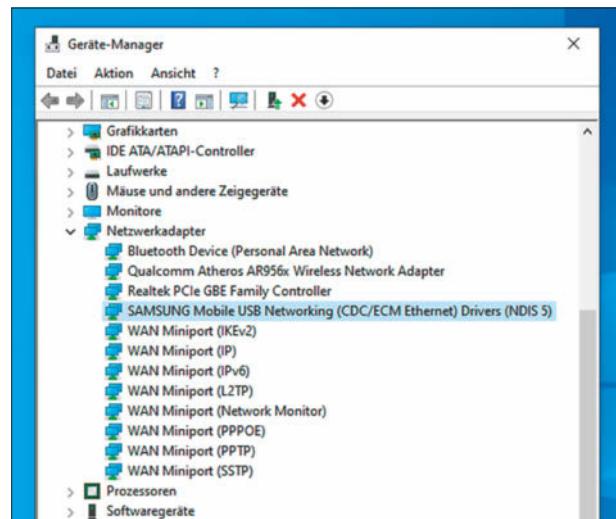
Schließlich fehlen noch gerätespezifische Angaben wie Stromaufnahme sowie die MAC-Adressen der virtuellen USB-Netzwerkschnittstelle. Davon gibt es beim Raspi gleich zwei: Die für andere Rechner nach außen sichtbare Host-Adresse und die MAC-Adresse des internen Netzwerkgeräts `usb0` auf dem Raspi:

```
mkdir -p configs/c.1/strings/0x409
echo 250 > configs/c.1/MaxPower
echo "Config: USB Gadget" > configs/c.1/strings/0x409/configuration
mkdir -p functions/ecm.usb0
MAC=$(cat /sys/class/net/eth0/address)
echo "${MAC:0:1}a${MAC:2}" > functions/ecm.usb0/host_addr
echo "${MAC:0:1}e${MAC:2}" > functions/ecm.usb0/dev_addr
```

Als Basis für die MAC-Adressen der virtuellen USB-Schnittstelle sollten Sie die MAC-Adresse des USB-Ethernet-Adapters des Raspi verwenden: Da diese Adresse einmalig ist, ist sichergestellt, dass es davon abgeleitete private MAC-Adressen ebenfalls nur einmal gibt. Damit ist die Konfiguration des USB-C-Ports des Raspi abgeschlossen und Sie können sie mit den folgenden Befehlen aktivieren:

```
ln -s functions/ecm.usb0 configs/c.1/
udevadm settle -t 5 || :
ls /sys/class/udc > UDC
```

Haben Sie den letzten Befehl ausgeführt, gibt sich der Raspi unmittelbar am angeschlossenen Rechner zu erkennen. Allerdings müssen Sie die Befehle nach jedem Neustart des Raspi erneut ausführen, deshalb haben wir sie im Skript `initusb0` zusammengefasst, das Sie zusammen mit einigen in diesem Artikel erwähnten Konfigurationsdateien als Zip-Archiv über ct.de/y1r2 herunterladen können. Nach dem Auspacken speichern Sie das Skript im Verzeichnis `/usr/local/sbin` und machen es mittels `chmod a+x /usr/local/bin/initusb0` ausführbar; anschließend tragen Sie den Befehl zum Aufruf des Skripts am Ende der Datei `/etc/rc.local` unmittelbar vor dem



Samsungs Treiberpaket für Android-Entwickler enthält den gesuchten USB-ECM-Treiber, damit wird der Raspi als mobiles USB-Netzwerkgerät erkannt.

Befehl `exit 1`, womit es künftig bei jedem Bootvorgang automatisch ausgeführt wird.

Erkennungsdienst

Anhand der Vendor- und Product-ID, die der Raspi über den USB-Port ausgibt, sucht der daran angeschlossene Computer nach einem passenden Treiber. Hier liegt der entscheidende Trick: Die Vendor-ID 04E8 gehört zu Samsung und die Product-ID A50B zur Android Debug Bridge, die in verschiedenen Geräten des Herstellers zum Einsatz kommt. Somit erkennt etwa ein Windows-10-Rechner den Raspberry Pi als Android-Gerät von Samsung und schlägt bei der Treibersuche vor, den generischen Samsung-USB-Treiber Version 2.17.15.0 zu installieren. Doch diesem Treiber fehlt die USB-ECM-Unterstützung, weshalb die virtuelle Netzwerkschnittstelle des Raspi anschließend immer noch nicht erkannt wird.

Statt des vorgeschlagenen generischen Treibers benötigen Sie den Treiber für Android-Entwickler, den wir auf ct.de/y1r2 verlinkt haben – bei Veröffentlichung war die Treiber-Version 1.7.43 die aktuellste. Haben Sie diesen installiert, erkennt Windows den Raspi 4 als mobiles USB-Netzwerkgerät von Samsung.

Gut vernetzt

Der Raspberry Pi und der PC bilden ein Miniatur-Netzwerk mit nur zwei Teilnehmern, einen DHCP-Server oder Router für die automatische IP-Adressvergabe gibt es hier nicht. Genau für solche Ad-hoc-Netzwerke sind Zeroconf (APIPA) oder auch Bonjour gedacht, wofür unter Linux der Avahi-Daemon zuständig ist. Bei Zeroconf wählt jedes Gerät von sich aus eine IP-Adresse aus dem Subnetz 169.254.0.0/16 und

annonciert per mDNS (Multicast DNS) seinen Gerätenamen sowie etwaige Dienste wie einen Webserver an alle anderen Netzwerkteilnehmer. Ausgerechnet diese Namensauflösung beherrscht Windows 10 aber standardmäßig nicht.

Die praktische Lösung ist, die USB-Ethernet-Schnittstelle des Raspi mit einer festen IP-Adresse aus dem reservierten Bereich des Zeroconf-Subnets zu konfigurieren, indem Sie die Datei `/etc/network/interfaces.d/usb0` mit folgendem Inhalt anlegen:

```
allow-hotplug usb0
iface usb0 inet static
    address 169.254.0.1
    netmask 255.255.0.0
```

So können Sie den Raspi über die IP-Adresse 169.254.0.1 ansprechen. Das ist nicht standardkonform und könnte theoretisch zu Problemen führen, wenn es ein zweites Zeroconf-Netzwerk gibt und dort ebenfalls ein Gerät mit dieser IP-Adresse sitzt.

Wollen Sie den Raspi ohnehin als Netzwerk-Appliance mit Routing-Funktion nutzen, sollten Sie besser einen DHCP-Server installieren und wie beim VPIN-Projekt in [1] gezeigt auf der virtuellen Netzwerkschnittstelle aktivieren. Dann erhält der angeschlossene Rechner automatisch eine IP-Adresse und Sie können den Raspi sogar über seinen Host-Namen ansprechen, anstatt umständlich die IP-Adresse eingeben zu müssen.

(mid@ct.de)

Literatur

- [1] Mirko Dölle, Fertigtunnel, Raspi 4 als Fertig-VPN-Dongle, c't 9/2021, S. 24

USB-Init-Skript und Treiber: ct.de/y1r2

Zweite Abwehrreihe

Logins mit Authenticator zusätzlich absichern

Um Zugänge bei Internetdiensten per Zwei-Faktor-Authentifizierung zu schützen, gibt es kostenlose Authenticator-Apps und erschwingliche Hardware. Mit geringem Aufwand verbessern Sie damit das Sicherheitsniveau ganz erheblich, ohne sich bei Geräteverlust für immer auszusperren.

Von Markus Montz

Auch das beste Passwort hat einen entscheidenden Nachteil: Errät oder erbeutet es ein Mensch mit sinistren Absichten, kann er sensible Daten ausspähen oder seinen Opfern direkt schaden, zum Beispiel finanziell oder sozial. Mit einer Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA) machen Sie Cyberkriminellen solche Einbrüche deutlich schwerer, denn zusätzlich zum Passwort müssen diese Zugang zu einem zweiten Kanal bekommen.

Ein einfacher und preisgünstiger Weg ist ein dynamisch erzeugtes, zeitlich begrenzt gültiges Einmalpasswort – ein sogenanntes TOTP (Time-based One-Time Password). Idealerweise wird dieses auf einem getrennten Kanal generiert, etwa durch eine Software, die auf einem zweiten, vom ersten unabhängigen Gerät arbeitet. Doch selbst wenn beide Kanäle auf dem gleichen Gerät liegen, beispielsweise einem Smartphone, kann ein Angreifer zumindest nicht ohne Zugriff auf dieses Gerät zum Ziel kommen. Das bekannteste Beispiel für diesen Ansatz ist die TAN (Transaktionsnummer) im Onlinebanking: Mithilfe einer Smartphone-App oder eines dedizierten Gerätes, manchmal auch noch in Verbindung mit einer Chipkarte, müssen Sie Überweisungen oder Logins durch die zusätzliche Eingabe eines Zahlencodes absichern.

Nach dem gleichen Prinzip können Sie Mailkonten, Cloudzugänge, soziale Me-

dien, einige Onlinehändler und etliche weitere Dienste besser vor unbefugtem Zugriff schützen. Gerade bei Ihren Mailkonten lohnt sich das: Wer die knackt, kann im schlimmsten Fall Ihre Passwörter bei Onlineshops, Messengern oder sozialen Medien zurücksetzen, Sie aussperren und reichlich Schindluder treiben.

Um eine TOTP-basierte 2FA einzurichten, bieten sich sogenannte Authenticator an. Diese gibt es ebenfalls als App für das Smartphone oder als dedizierte Hardware. Zwar ist auch die mitunter angebotene SMS als TOTP-Kanal besser als gar keine 2FA. Allerdings ist ihr Schutzniveau mangels Verschlüsselung und dem für Kriminelle relativ leichtem Zugang zu Zweit-SIM-Karten (SIM-Swapping) niedriger. Alternativ können Sie auch Krypto-Sticks wie die Yubikeys zum Generieren der TOTP-Codes nutzen [1]. Das hat den Vorteil, dass die genutzten Geheimnisse auf einem geschützten Chip gespeichert werden. Dort sind sie nicht auslesbar und somit auch nicht duplizierbar.

Einrichten und nutzen

Ein softwarebasiertes TOTP wird aus zwei Teilen erzeugt. Bei der Einrichtung der 2FA erhält die App oder Hardware zunächst vom Server des Dienstes ein Geheimnis (Shared Secret Key), das nur diese beiden Parteien kennen. Um daraus das TOTP zu generieren, fließt zusätzlich die aktuelle Unix-Zeit ein, also die seit 1. Januar 1970 um 0 Uhr UTC verstrichene Zeit in Sekunden. Daraus berechnen beide Seiten einen 30 Sekunden lang gültigen kryptografischen Hashwert, aus dem das TOTP destilliert wird. Das ist meist ein sechsstelliger Zahlencode [2].

Es gibt diverse kostenlose Authenticator-Apps, die allesamt diese Aufgabe erfüllen. Welche Sie nehmen, ist eine Frage des persönlichen Geschmacks. Am bekanntesten sind die Apps von Google und Microsoft sowie Authy von Twilio. Es gibt Open-Source Lösungen wie andOTP und Free OTP; KeePass-Nutzer können das darin enthaltene TOTP-Modul verwenden

(Links unter ct.de/yd2q). Wichtig ist, dass sich Ihr Smartphone nur durch PIN, Passwort oder biometrisch entsperren lässt, sollte das Gerät einmal in die falschen Hände geraten – auch wenn manche Apps zusätzlich einen eigenen PIN- und Biometrieschutz bieten. Dies gilt insbesondere, wenn es sich um einen Passwort-Manager auf dem Smartphone handelt, der Passwörter *und* die dazu passenden TOTP-Codes ausspuckt.

Alternativ gibt es Hardware wie den Reiner SCT Authenticator (ab 32 Euro) [3]. Auch hier ist die Auswahl nicht auf einen Hersteller beschränkt. Der Vorteil der autarken Hardware ist, dass sie anders als ein Smartphone nicht aus dem Internet erreichbar und somit nicht angreifbar ist. Achten Sie darauf, das Gerät mit einer PIN zu schützen.

Eine 2FA per TOTP können Sie beispielsweise bei Google, Samsung und Microsoft, Maildiensten wie Posteo und GMX, sozialen Netzwerken wie Twitter und Facebook, Bezahlstellen und Shops wie PayPal und Amazon, diversen Webhostern sowie vielen Kryptobörsen einrichten.



Alternativ zu einer Smartphone-App können Sie auch einen Hardware-Authenticator nutzen. Das Angebot an solchen Gadgets ist bisher aber überschaubar.

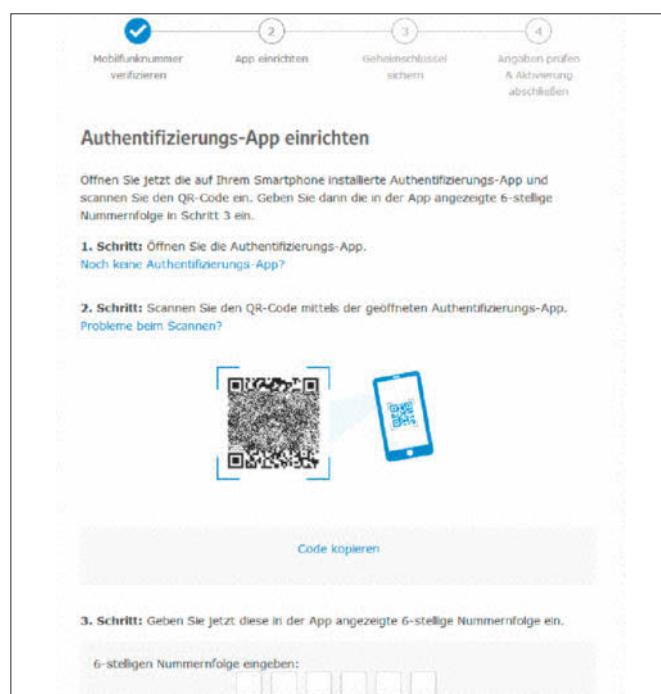
Einen gut sortierten Überblick finden Sie auf der englischsprachigen Seite 2FA Directory (siehe ct.de/yd2q); ein Haken bei „Software Token“ steht dort für Authenticator-Unterstützung. Die Einrichtung der 2FA bei den verschiedenen Diensten ist simpel und läuft relativ ähnlich ab. Oft finden Sie diese in den Einstellungen unter „Sicherheit“, „Login“ oder „Passwort“. Im Aktivierungsprozess zeigt Ihnen der Dienst dann einen QR-Code oder eine Zeichenkette für den Schlüsseltausch. In der App oder auf dem Gerät klicken Sie auf „Hinzufügen“ und können den QR-Code nun einscannen oder die Zeichenkette eintippen. Anschließend geben Sie zur Kontrolle erstmals das TOTP ein – fertig.

Fortan wird Ihnen das TOTP als sechsstelliger Zahlencode in der Liste der App oder des Gadgets angezeigt. Dieser wechselt alle 30 Sekunden, wobei er meist noch einige Sekunden länger gültig ist. Wollen Sie sich nun in den jeweiligen Dienst einloggen, müssen Sie ab sofort zusätzlich zum Passwort den gerade gültigen Code eingeben.

Wiederherstellung

Normalerweise können Sie nur ein Gerät pro Dienst für das TOTP nutzen. Ist dies ein Smartphone, sind Sie auf eine App beschränkt. Das bedeutet auch: Wird das Gerät gestohlen, geht verloren oder lässt sich die App nicht mehr starten, ist der zweite Faktor weg und Sie können Ihren Zugang oft nur noch mühselig wiederherstellen. Wie das geht, erklärt der Dienst meistens während des 2FA-Aktivierungsprozesses; schreiben Sie am besten mit und bringen Sie hinterlegte Daten wie Telefonnummern, Post- und Mailadressen zur Reaktivierung auf den aktuellen Stand.

Sie können sich allerdings viel Zeit und Mühe ersparen, wenn Sie bei der Einrichtung den QR-Code gleich mit mehreren Geräten scannen oder den Startwert sichern, den sogenannten Seed. Das ist das Geheimnis, das sich Authenticator und Server des Dienstes teilen. Der Seed steckt im QR-Code für die 2FA-Einrichtung. Viele (aber nicht alle) Dienste zeigen ihn aber auch als „Backup-Code“, „Secret“ und dergleichen genannte Zeichenkette an. Den Seed sollten Sie sich ganz altmödisch abschreiben oder ausdrucken und sicher verwahren. Wir raten davon ab, ihn auf dem Rechner oder in der Cloud zu speichern, weil dort im Fall der Fälle auch ein Hacker darauf zugreifen kann.



Um die Zwei-Faktor-Authentifizierung eines Dienstes im Authenticator zu aktivieren, müssen Sie meist einen QR-Code einscannen und anschließend zur Bestätigung das erste Einmalpasswort eingeben.

Komfort-Kompromisse

Wenn Sie bereit sind, zwischen maximaler Sicherheit und etwas mehr Komfort abzuwählen, können Sie sich das Leben erleichtern – und haben immer noch ein höheres Schutzniveau als mit einem Passwort allein. Die meisten Apps bieten Funktionen, um den Authenticator samt Seeds der hinterlegten Dienste auf ein neues Gerät umzuziehen oder auf ein weiteres Gerät zu übertragen. Authy enthält eigens zu diesem Zweck eine Synchronisationsfunktion, der Google Authenticator erzeugt zur Weitergabe einen QR-Code, den Sie mit der gleichen App auf einem anderen Gerät abscannen können. Nutzen Sie diese Funktionen aber mit Bedacht. Je mehr Geräte Sie für die 2FA aktivieren, desto mehr potenzielle Ziele haben auch Angreifer.

Auch bei der Eingabe des TOTP können Sie oftmals den Komfort erhöhen: Nach einmaliger 2FA lassen sich dort das beim Login verwendete Gerät und darauf befindliche Apps und Browser von der 2FA ausnehmen. Dazu wird ein vertrauenswürdiges Token hinterlegt. Meist können Sie diese Option in der Login-Maske auswählen. Trotz Ihres Komfortgewinns muss ein Angreifer, der über ein fremdes Gerät auf eines Ihrer Nutzerkonten zugreifen will, weiterhin eine 2FA durchführen. Geräte, auf denen Sie solch eine Komfortfunktion aktivieren, sollten Sie aber gut vor unbefugtem Zugriff schützen. Am besten aktivieren Sie auch etwaige Alarmfunktionen für Zugriffsversuche von un-

bekannten Geräten. Dann bekommen Sie beispielsweise eine Warnmail auf Ihr Zweit-Mailkonto bei einem anderen Dienst. Das geht unter anderem bei Google und GMX.

Sie können Ihre Nutzerkonten außerdem einfach auf zwei oder mehr Authenticator aufteilen. So lassen sich beispielsweise beruflich und privat genutzte Konten trennen oder besonders sensible Zugänge kompromisslos schützen, während Sie bei anderen gewisse Zugeständnisse an den Komfort machen.

Fazit

Wie stark Ihre Passwörter auch sind: Jede 2FA bietet prinzipiell mehr Schutz als ein Passwort allein. App-basierte Authenticator-Lösungen sind sogar kostenlos und einfach für viele Onlinedienste umzusetzen. Auch der Komfort muss darunter nicht signifikant leiden, wenn Sie kleinere Kompromisse in Sachen Sicherheit eingehen können und gut auf die beteiligten Geräte aufpassen. (mon@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Jan Mahn, Zweifach abgesichert, FIDO2-Hardware einrichten und ausreizen, c't 25/2019, S. 74
- [2] Jürgen Schmidt, Doppelt genäht, Zwei-Faktor-Authentifizierung schmerzfrei einsetzen, c't 24/2018, S. 178
- [3] Ronald Eikenberg, Reiner Schutz, 2FA-Generator Reiner SCT Authenticator, c't 8/2021, S. 82

Apps und Liste von Diensten mit 2FA-Option: ct.de/yd2q

```
~ > gh help
Work seamlessly with GitHub from the command line.                                12:11:55

gh <command> <subcommand> [flags]

browse:    Open the repository in the browser
gist:      Manage gists
issue:     Manage issues
pr:        Manage pull requests
release:   Manage GitHub releases
repo:      Create, clone, fork, and view repositories

actions:   Learn about working with GitHub actions
run:       View details about workflow runs
workflow:  View details about GitHub Actions workflows

alias:     Create command shortcuts
api:       Make an authenticated GitHub API request
auth:      Login, logout, and refresh your authentication
completion: Generate shell completion scripts
config:    Manage configuration for gh
help:     Help about any command
secret:   Manage GitHub secrets
ssh-key:  Manage SSH keys

--help     Show help for command
--version  Show gh version
```

arbeit erstellt man hier Pull Requests. Automatische Tests und Bauprozesse (Continuous Integration und Continuous Deployment, CI/CD) übernehmen GitHub Actions, und Probleme meldet man per Issue. Diese Funktionen gehören nicht zum Kern der Versionsverwaltung Git, sondern wurden von GitHub selbst angebaut.

Für Entwickler, die die meiste Zeit eine Kommandozeile offen haben, ist das beschwerlich: Um eine Action bei der Arbeit zu beobachten oder ein Issue zu lesen, müssen sie zur Maus greifen und zum Browser wechseln. Anfang 2020 hat sich GitHub des Problems angenommen und das Kommandozeilenwerkzeug GitHub CLI mit dem Befehl `gh` vorgestellt.

Installieren ...

GitHub CLI wird wenig überraschend als Open-Source-Projekt bei GitHub (github.com/cli/cli) entwickelt. Unter „Releases“ stehen die Binärdateien direkt für verschiedene Betriebssysteme zum Download bereit. Damit man die regelmäßigen Updates bekommt, die oft viele neue Funktionen enthalten, sollte man das Tool aber mit einem Paketmanager installieren, der Software auf dem neuesten Stand hält. Sonst besteht die Gefahr, nützliche Neuerungen zu verpassen.

Unter macOS kommt man am schnellsten mit dem Paketmanager Homebrew [1] zum Ziel (siehe ct.de/yq7e):

```
brew install gh
```

Ein Update erledigt dann `brew upgrade gh`.

Linux-Nutzer finden in der Dokumentation (siehe ct.de/yq7e) kurze Anleitungen, wie sie die Paketquelle für ihre Paketmanager `apt`, `dnf` oder `zypper` einrichten, GitHub CLI installieren und später upgraden.

In der Windows-Welt hat sich bisher kein Paketmanager richtig durchsetzen können [2]. Windows-Nutzer, die einen der Paketmanager WinGet oder Chocolatey im Einsatz haben, kommen mit `winget install gh` oder `choco install gh` zu einer schnellen Installation. Alle anderen finden einen MSI-Installer zum Download über ct.de/yq7e und müssen sich selbst um die Updates kümmern. Der MSI-Installer ist recht komfortabel und legt `gh` direkt in den Pfad für ausführbare Dateien.

... und anmelden

Öffnen Sie nach der Installation eine neue Kommandozeilensitzung. Bevor Sie loslegen können, müssen Sie sich bei GitHub

Kommandozeilen-zentrale

GitHub auf der Kommandozeile bedienen

GitHub ist der meistgenutzte Hoster für Git-Repositories. Komandozeilennutzer interagieren meist per Git-Befehl mit ihm, müssen dann aber für einige Funktionen zur Weboberfläche wechseln. GitHub CLI für die Kommandozeile macht solche Sprünge überflüssig.

Von Jan Mahn

Kommandos wie `git clone` oder `git checkout -b new-branch` gehören zum Entwickleralltag, wenn man mit der Versionsverwaltung Git arbeitet. Das ursprünglich von Linus Torvalds entwickelte Kommandozeilenwerkzeug `git` steuert alle Komponenten der Versionsverwaltung wie Repositories, Branches und Submodules. Viele Git-Repos lagern bei einem Git-Hoster wie GitHub. Dort kann man sie per Browser ansehen, mit anderen teilen, herunterladen und auf dem eigenen Computer wieder mit `git` arbeiten.

GitHub kann aber noch mehr, als Repositories zu verwahren und im Web darzustellen: Für die geordnete Zusammen-

anmelden. Führen Sie dafür `gh auth login` aus. Der interaktive Assistent, den Sie per Pfeiltasten bedienen, fragt zunächst, wo Sie sich anmelden möchten. Meist ist das „GitHub.com“. Hat Ihr Unternehmen eine eigene GitHub-Instanz, können Sie hier den Enterprise-Server wählen und dessen Adresse angeben. Beantworten Sie die nächste Frage nach dem Verbindungsverfahren mit „HTTPS“, das ist der übliche Weg und macht auch hinter Unternehmensfirewalls keine Probleme. Im dritten Schritt werden Sie gefragt, ob auch Git mit den GitHub-Zugangsdaten authentifiziert werden soll. Das ist durchaus sinnvoll – antworten Sie mit Y. Damit das funktioniert, müssen Sie Git vorher separat installieren. Linux-Distributionen bringen es meist ohnehin mit, für Windows finden Sie einen Git-Installer über ct.de/yq7e.

Jetzt gibt es zwei Optionen, um sich bei GitHub anzumelden: Wenn Sie auf einer grafischen Oberfläche mit Browser arbeiten, wählen Sie die Option für den Browser-Login. Auf der Kommandozeile wird ein achtstelliger Code angezeigt und der Standardbrowser öffnet sich. Dort melden Sie sich ganz regulär an und tippen dann den achtstelligen Code ein. Anschließend bestätigen Sie, dass die CLI-Anwendung auf Ihren Account zugreifen darf.

Haben Sie keine grafische Oberfläche, weil Sie GitHub CLI zum Beispiel per SSH auf einem entfernten Server einrichten, wählen Sie die Token-Anmeldung. Ein solches Token erstellen Sie (auf einem anderen Gerät mit GUI und Browser) über GitHubs Weboberfläche: github.com/settings/tokens. Geben Sie dem Token volle Lese- und Schreibrechte auf Ihre Repos, Gists und Packages. Fügen Sie das Token dann auf der Maschine ein, auf der Sie GitHub CLI gerade einrichten.

Erste Schritte

Jetzt sind Sie bereit, ein eigenes Repository zu klonen und damit zu arbeiten. Das könnten Sie weiter wie gewohnt per `git clone` erledigen, müssten dann aber den vollständigen Pfad zum Repo inklusive <https://github.com/> eintippen. Schneller geht es mit:

```
gh repo clone <user>/<repo>
```

Wenn Sie gerade nicht wissen, welche Repos Sie angelegt haben, lassen Sie sich eine Übersicht über eigene Projekte ausgeben:

```
gh repo list
```

Wechseln Sie nach dem Klonen in den Ordner mit dem Repo, der gerade angelegt wurde. `gh` zeigt Informationen immer im Kontext des Repositories an, in dem Sie sich gerade befinden. Das Readme lesen Sie zum Beispiel mit:

```
gh repo view
```

Offene Issues zeigt `gh issue list`. In der Liste sehen Sie am Anfang in Grün eine Nummer. Um etwa Issue #2 zu lesen, reicht

```
gh issue view 2
```

Wenn die Kommandozeilenansicht einmal nicht befriedigend ist, kann man die Ansicht übrigens einfach im Browser öffnen, und zwar am Beispiel der Issues mit

```
gh issue view 2 --web
```

Mit den Unterkommandos `close`, `comment`, `delete`, `edit` und `reopen` können Sie Issues auch bearbeiten.

In Aktion

Wenn Sie mit GitHubs CI/CD-Anwendung Actions arbeiten, sind Sie möglicherweise schon auf einen zuverlässigen Produktivitätskiller gestoßen: Angenommen, Sie haben in Ihrer IDE programmiert, die Änderungen per Commit zu GitHub geschickt und warten dann auf die Automation in GitHub Actions, die den Code testet, kompiliert oder paketiert. Um zu sehen, wann der Actions-Prozess fertig ist, öffnen Sie den Browser und schauen GitHub Actions bei der Arbeit zu. Dauert das länger, hat man unversehens einen weiteren Tab geöffnet und schnell andere Dinge recherchiert. Vorbei ist es mit der Konzentration.

Mit GitHub CLI können Sie sich diesen Ausflug sparen, weil Sie auch GitHub Actions direkt auf der Kommandozeile überwachen können. Mit `gh workflow list` sehen Sie die konfigurierten Workflows für das aktuelle Repo, `gh run list` zeigt vergangene Durchläufe an. Wenn Sie einen gerade laufenden Durchlauf bis zum Ende verfolgen wollen, müssen Sie diesen Befehl nicht immer wieder ausführen. Beobachten Sie ihn lieber live mit `gh run watch`.

Automatisieren und skripten

Mit dem CLI wird GitHub nicht nur zugänglich für mausfreie Kommandozeilen-

arbeit, sondern nebenbei auch noch für Skripte – ganz ohne direkte Fummeli mit dem API im Hintergrund und Studium der API-Doku. Viele Ergebnisse gibt `gh` auch als JSON aus, sodass man sie in Skripten weiterverarbeiten kann. Man muss nur die Felder angeben, die ins JSON geschrieben werden sollen. Eine Liste über offene Issues bekommt man etwa mit

```
gh issue list --json id,author,state
```

Beim Zusammenbau von Befehlen hilft es übrigens, sich stückweise zu nähern, nur Teile des Befehls einzutippen und sich von der eingebauten Hilfe beraten zu lassen. Die ist fast so ausführlich wie die Online-Doku (siehe ct.de/yq7e).

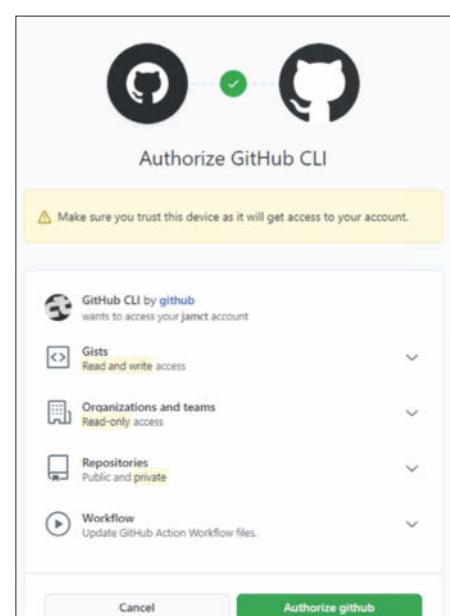
Falls Sie die Automatisierungen auf die Spitze treiben wollen, können Sie `gh` auch innerhalb von GitHub Actions einsetzen – es ist dort bereits vorinstalliert. Denkbar ist zum Beispiel ein Action-Workflow, der Pull Requests prüft und ablehnt, wenn vorher kein zugehöriges Issue angelegt wurde.

(jam@ct.de) ct

Literatur

- [1] Immo Junghärtchen, App Store fürs Terminal, Die Paketverwaltung Homebrew unter macOS einrichten und nutzen, c't 12/2020, S. 122
- [2] Hajo Schulz, Software-Zustellung, Das können Paketmanager für Windows, c't 15/2021, S. 134

Dokumentation und Software: ct.de/yq7e



Folgt man dem Assistenten, ist GitHub CLI schnell eingerichtet und mit dem Account verknüpft.



Iris-Lüfter

3D-Drucker-Abluft mit Servo selber bauen

Ein Lüfter, ein Servo, ein paar 3D-gedruckte Teile, Schrauben und ein Arduino – mit diesen Teilen bauen Sie eine Abluftregelung für das Gehäuse Ihres 3D-Druckers mit einem Durchlass, der sich wie eine Irisblende öffnet.

Von Pina Merkert

Ein Gehäuse schützt die Innereien eines 3D-Druckers vor Staub, dämmt Schall und schirmt jeden Windzug ab, der frisch gedruckte Teile verformen kann. Hat der Drucker ein beheiztes Druckbett, kann sich im Gehäuse allerdings die Wärme stauen. Wärme, die beim Drucken von ABS und Polycarbonat nützlich ist, weil sie Warping (Verformungen des Drucks durch thermische Spannungen) reduziert, ist für das beliebteste Druckmaterial PLA aber kontraproduktiv.

Man kann beim Drucken von PLA die Tür vom Gehäuse offen stehen lassen, um die Warmluft abzulassen. Oder aber man sägt ein 12 Zentimeter großes Loch in die Seitenwand und installiert dort einen gegebenen Lüfter. Die Regelung übernimmt ein W1209-Modul. Das ist eine nicht einmal 5 Euro teure Platine mit Thermometer, drei Tastern und 7-Segment-Anzeige zum Einstellen der Temperatur, die ein Relais durchschaltet.

Die Lüfter-Lösung regelt zuverlässig automatisch, durch sie entweicht aber Warmluft, wenn der Lüfter nicht dreht, die Regelung also gerade die Wärme drin halten will. Um die Löcher zu stopfen, haben wir eine besonders hübsche Lösung gefunden: Ein Designer namens „Inert-pyro“ hat auf der 3D-Teileplattform Thingiverse einen Verschluss für den Luftauslass eines 12-Zentimeter-Lüfters veröffentlicht, der fünf Lamellen wie eine Irisblende öffnen und schließen kann. „AcE_Krystal“ hat das Design so weiterentwickelt, dass er den Mechanismus mit einem Servo antreiben konnte. Links zu den Designs finden Sie über ct.de/yy23. Wir haben das Design weiter angepasst, damit es mit einem Modellbauservo des gebräuchlichen Typs „Tower Pro“ funktioniert und wir für den Servo kein zusätzliches Loch in unsere Gehäusewand schneiden mussten. In unserem Git-Repository finden Sie außerdem das Programm für den Arduino Nano, der Lüfter und Servo regelt. Zusammen ist das eine sehr ästhetische Abluftregelung, die sich schnell und einfach nachbauen lässt.

Gedruckte Teile

Für die Lüfterblende müssen Sie mehrere Teile drucken, die einen großen Teil des Druckbetts Ihres 3D-Druckers belegen. Starten Sie das Projekt also, indem Sie den ersten Druck in Auftrag geben und danach in Ruhe den Rest der Teile besorgen. Sie finden unser modifiziertes Design im browserbasierten CAD-Programm Onshape, wo Sie es auch bei Bedarf anpassen können. Für einen besonders schnellen Start haben wir aber auch alle Druckteile als STL-Dateien exportiert und im Ordner STLs im Git-Repository platziert. Die Links zum CAD-Design und zum Repository finden Sie über ct.de/yy23. Sie brauchen die Basis und die zwei Zahnräder jeweils einmal, von den Lamellen brauchen Sie fünf.

Die Teile werden nie besonders hohen Temperaturen oder exzessiven

mechanischen Belastungen ausgesetzt, weshalb Sie alle problemlos aus PLA drucken können. Die Zahnräder haben vergleichsweise kleine Zähne, die gut auf dem Bett haften sollten. Wenn sie sich bei Ihnen lösen und nach oben biegen, können Sie im Slicer einen Brim (Plastikrand ums Objekt für bessere Haftung) einstellen. Den Brim aus allen Zahnzwischenräumen wegzuschneiden, macht aber leider eine Menge Arbeit. Die Teile sollten größtenteils ohne Stützstrukturen auskommen, bei der Basisplatte gibt es aber einen Überhang an der Servobefestigung, der sauberer aus dem Drucker kommt, wenn Sie eine kleine Stützstruktur ergänzen. Im PrusaSlicer können Sie das beispielsweise sehr schnell mit dem Werkzeug zum Aufmalen von Stützen erreichen.

Beschaffung

Außer den Druckteilen brauchen Sie einen Arduino Nano, eine W1209-Platine, einen Tower Pro Modellbauservo, einen Step-down-Wandler („DC-DC-Converter“) von 12 Volt auf 5 Volt und einen 4-Pin-Lüfter mit 12 Zentimetern. Im Baumarkt bekommen Sie die benötigten Schrauben und Muttern: zwei Zylinder- oder Linsenkopfschrauben M4×15mm, zwei M4×30mm, vier M4-Muttern, neun M3-Muttern, fünf M3×10mm Linsenkopfschrauben und vier M3-Linsenkopfschrauben zum Festschrauben am Lüfter (meist reichen M3×12mm). Dazu kommen fünf Unterlegscheiben, die etwas größer als für M3 üblich sind. Da „Karosseriescheiben“ für M3 schwer zu kriegen sind, reichen aber auch ganz normale Unterlegscheiben für M4. Beim Servo sind normalerweise 2 Millimeter dicke Blechschrauben dabei, um das Antriebszahnrad am Servo-Horn festzuschrauben.

Die Bauteile können Sie besonders günstig, aber mit langer Versandzeit direkt in China bestellen, beispielsweise über Aliexpress oder entsprechende eBay-Händler. Manche Teile lagern auch schon in europäischen Amazon-Lagern oder bei Importeuren, die innerhalb weniger Tage liefern. Als Anhaltspunkt für die Beschaffung finden Sie einige Links zu Angeboten, die wir bestellt haben, unter ct.de/yy23. Die sollten Sie im schnelllebigen Elektronikmarkt aber immer mit aktuellen Angeboten verschiedener Händler vergleichen, weil Sie sonst unnötig viel bezahlen oder unnötig lang auf die Lieferung warten müssen.

Gehäuse-Umbau

In der Seitenwand des Gehäuses brauchen Sie ein 12 Zentimeter großes Loch, über dem Sie den Lüfter befestigen. Wenn Sie das Acrylglass per Lasercutter zuschneiden oder fertigen lassen, gelingt das mit perfekten Kanten. Sie können es auch aussägen. Allerdings kann das Acrylglass bei einem zu groben Sägeblatt splittern. Bei jedem Sägeblatt besteht die Gefahr des Schmierens, wenn es wegen Reibung zu warm wird; Abhilfe schafft Wasser als Kühlmittel.

Die vier Befestigungslöcher vom Lüfter zeichnen Sie am besten mit dem Lüfter als Schablone an. Falls bei Ihrem Lüfter entkoppelnde Gummi-Befestigungen dabei waren, können Sie den Lüfter danach schon mit denen an der Scheibe befestigen. Normale Schrauben halten sogar noch besser, übertragen aber Vibrationen vom Lüfter direkt an den Resonanzkörper aus Acryl.

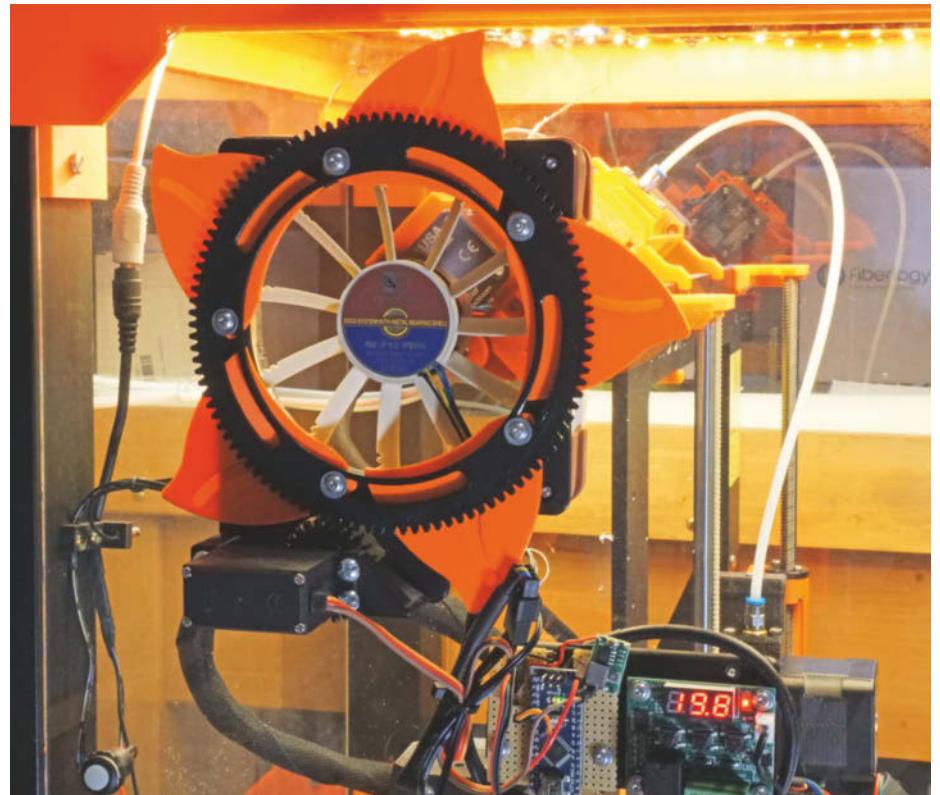
Unter oder neben dem Lüfter brauchen Sie noch ein Loch für die Stromversorgung und den Temperatursensor. Wir haben das mit einem Stufenbohrer bis 12 Millimeter aufgeweitet. Stufenbohrer sind nicht gewendelt, Acryl reißt damit weniger aus. Bohren Sie auf langsamer Geschwin-

digkeit und mit Wasser zur Kühlung. Falls Wasser auf für Rost anfällige Stahlflächen kommt, vertreiben Sie es mit WD40 und reiben Öl und Wasser gründlich mit einem Tuch ab.

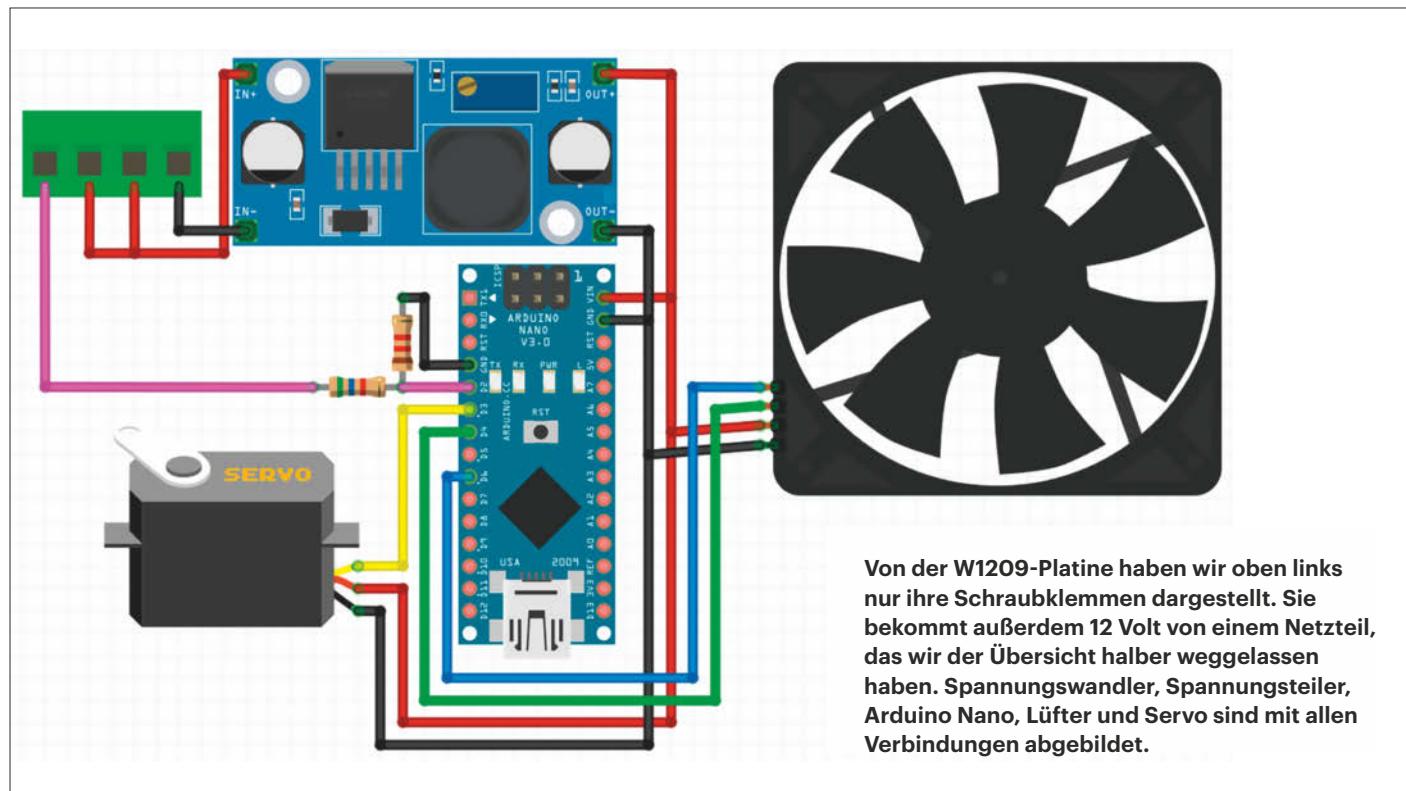
Die W1209-Platine und der Lüfter erwarten eine Versorgungsspannung von 12 Volt. Wir haben bei unserem Gehäuse einfach zwei Kabel am Netzteil für die LED-Beleuchtung abgezweigt. Für den Lüfter, den Arduino und das Servo reichen etwa 500 Milliampere. Wenn Sie allerdings eine aktive Heizung und helle LEDs vorsehen, sollte das Netzteil wesentlich großzügiger dimensioniert sein.

Verdrahtung

Die ersten beiden Pins des 4-Pin-Lüfters verbinden Sie mit +12V und GND. Außerdem schrauben Sie eine Verbindung zur Spannungsversorgung in den linken beiden Klemmen der W1209-Platine fest. Um den Arduino mit Strom zu versorgen, brauchen Sie allerdings einen Step-down-Wandler mit 12 Volt am Eingang und 5 Volt am Ausgang. Die kleinen Platinen gibt es in verschiedensten Baugrößen, die alle gleich gut geeignet sind. Wir haben einen recht kleinen Vertreter seiner Gattung einfach leicht schräg auf eine Streifenraster-



Sind die Lamellen geöffnet, kann der Lüfter die warme Luft aus dem Gehäuse befördern.



platine gelötet, sodass die Ausgänge direkt mit GND und VIN am Arduino Nano verbunden waren.

An 5 Volt und Masse löten Sie auch die Spannungsversorgung vom Servo (rote Litze an 5 V und braune oder schwarze Litze an GND). Falls Sie den üblicherweise mitgelieferten Stecker nutzen wollen,

belegen Sie eine kleine Pinleiste auf der Platine. Den Pin der Steuerleitung (gelbe Litze) verbinden Sie mit GPIO D3 am Arduino.

Die ersten beiden Pins des 4-Pin-Lüfters verbinden Sie einfach direkt mit den 12 V der Spannungsversorgung. Für die Steuerung genügt dem 12-V-Lüfter ein PWM-Signal mit 5 V. Deswegen reicht es, den vierten Pin mit GPIO D6 zu verbinden. Die Analog-Pins vom Arduino sind für das Steuersignal ungeeignet. Wenn Sie prüfen wollen, wie schnell der Lüfter tatsächlich dreht, verbinden Sie außerdem das Tacho-Signal an Pin 3 vom Lüfter mit D4 am Arduino.

Wir haben die Schaltung mit Fritzing gezeichnet, damit Sie leicht nachverfolgen können, welcher PIN wohin verbunden sein muss. Die Fritzing-Zeichnung enthält gewissermaßen Draufsichten auf die Bauteile. Wenn Ihnen ein Schaltplan lieber ist, finden Sie den im Git-Repository. Dort liegt auch die Originaldatei, mit der Sie nicht nur den Schaltplan nach Ihrer bevorzugten Norm anpassen, sondern sogar mit etwas Herumschieben ein Platinenlayout exportieren können.

Programmierung

Das Programm auf dem Arduino besteht aus lediglich 34 Zeilen C in src/main.cpp. Sie finden es zusammen mit der Konfig-

rationsdatei für PlatformIO (ein Plug-in für Visual Studio Code, das die Arduino-IDE ersetzt) im Git-Repository und können es im Normalfall ohne Änderung einfach mit dem blauen Pfeil unten in der blauen Leiste von PlatformIO auf den Arduino Nano übertragen.

Fürs Verständnis hier eine kurze Erklärung des Codes: Die Firmware speichert die aktuelle Position des Servos und die aktuell gewünschte Zielposition als globale Variablen. Sie nutzt die offizielle Servo-Bibliothek und deren Servo-Klasse, um ein Objekt namens doorServo zu erzeugen. In setup() setzt sie lediglich GPIO 2, 4 und 6 auf INPUT, INPUT_PULLUP und OUTPUT und verbindet das Servo mit GPIO 3 mit seinem Objekt mit der Zeile doorServo.attach(3).

In loop() liest das Programm zunächst GPIO 2 mit digitalRead(2) aus. Ist der Pin auf hohem Potenzial, soll das Servo aufgehen (targetPos = 155) und der Lüfter mit moderater Geschwindigkeit loslaufen (analogWrite(6, 100)). Ändern Sie den Wert 100 auf bis zu 255, wenn Ihnen der Lüfter zu langsam dreht. Im Idealfall dreht er jedoch so langsam, dass die Temperatur im Gehäuse nur langsam fällt, während er an ist. Luftströmungen können Verformungen im Druck auslösen.

Wenn GPIO 2 auf GND gezogen wird, liest digitalRead(2) eine 0 und das Pro-

Teileliste

Anzahl	Teil	Preis (circa)
1	W1209 Temperaturregler-Platine	8 €
1	Arduino Nano	2 €
1	4-Pin-Lüfter (12 Volt wie im PC)	18 €
1	Modellbauservo Tower Pro	5 €
1	DC-DC-Converter (12 V zu 5 V)	1 €
5	Schraube M3x12	0,50 €
11	Schraube M3x10	1,10 €
17	M3 Mutter	0,85 €
5	M3 Karrosseriescheibe oder M4 Unterlegscheibe	1 €
2	Schraube M4x15	0,40 €
2	Schraube M4x30	0,60 €
4	M4 Mutter	0,20 €
4	2-mm-Blechschaube (falls nicht beim Servo dabei)	0,40 €
1	spur_gear_107th_125mo_145at	selbst gedruckt
1	gear26teeth	selbst gedruckt
1	baseplate-v2	selbst gedruckt
5	door blade final	selbst gedruckt
1	Electronics_Plate	selbst gedruckt
1	Cable_Manager-Thermistor_Holder	selbst gedruckt
Summe		40 €

gramm setzt die Servo-Position und die Lüftergeschwindigkeit auf 0:

```
targetPos = 0;
analogWrite(6, 0);
```

Danach geht es daran, die tatsächliche Servoposition an die gewünschte Servoposition anzunähern. Dafür erhöht `loop()` die Variable `pos` um 1 pro Durchlauf, wenn `pos < targetPos` und verringert sie ansonsten mit `pos--`. Der Befehl an den Servo sieht in beiden Fällen gleich aus:

```
doorServo.write(pos);
```

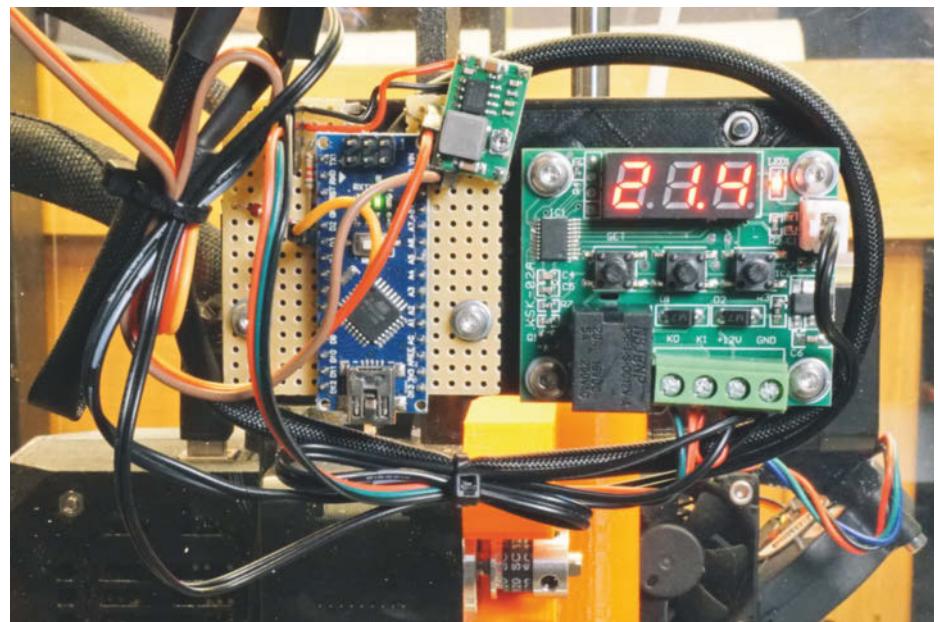
Da die `loop()`-Funktion aber verdammt schnell ausgeführt wird, würde das immer noch zu ziemlich abrupten Bewegungen des Servos führen. Abhilfe schafft ein `delay(10)` in der letzten Zeile der Funktion. Diese 10 Millisekunden Wartezeit verlangsamen die Geschwindigkeit, mit der sich `pos` an `targetPos` annähert so stark, dass die Lamellen etwas mehr als eine Sekunde brauchen, um sich zu öffnen oder zu schließen.

Zusammenbau

Stecken Sie zuerst das Horn auf das Servo und schrauben es dann mit den M4-Schrauben fest. Die M4-Muttern passen dafür in sechseckige Öffnungen an der Unterseite. Sollten die klemmen, können Sie sie zuerst ohne Servo mit einer Schraube in die Öffnung hineinziehen, danach die Schraube wieder herausdrehen und zuletzt den Servo festschrauben.

Schmieren Sie dann die Lamellen mit etwas Gleitlagerfett in der gebogenen Rille und am Drehzapfen. Stecken Sie dann die Lamellen mit ihrer Öffnung über die fünf Zapfen aus der Basisplatte und fädeln Sie das große Zahnrad mit den Stiften von oben ein. Die Langlöcher gehen über die Zapfen, die aus dem Zahnrad herausstehenden Zylinder auf der Unterseite müssen in die Rillen der Lamellen einrasten. Wenn alles richtig sitzt, schließt das große Zahnrad bündig mit der Oberkante der Zapfen ab. Bewegen Sie nun das große Zahnrad mit der Hand. Sollte es noch schwergängig sein oder klemmen, schmieren Sie punktuell nach, bis sich alles mit wenig Reibung bewegen lässt.

Statten Sie nun die fünf sechseckigen Aussparungen auf der Unterseite mit M3-Muttern aus. Danach drehen Sie die Basis wieder um, platzieren mittig die Unterlegscheiben und schrauben das

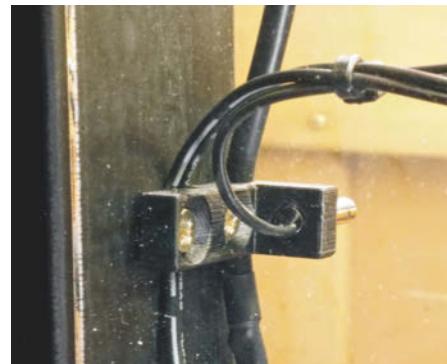


Für die sehr einfache Verdrahtung reicht eine kleine Streifenrasterplatine. Um die zu befestigen, stellen wir ein Plastikteil zum Ausdrucken zum Download bereit.

große Zahnrad mit M3×10-Schrauben fest. Es muss sich danach weiterhin leicht bewegen lassen, die Unterlegscheiben dienen nur als Führung, damit nichts herausfallen kann.

Schrauben Sie nun mit den 2 Millimeter dicken Blechschräuben das kleine Zahnrad aufs Horn. Beachten Sie, dass der Servo in beide Richtungen blockieren kann. Drehen Sie den Servo also zunächst in die 0-Position und schließen Sie die Blende mit dem großen Zahnrad. Schrauben Sie nun das kleine Zahnrad in dieser Position an, da der Servo nur so die volle Bewegung ausführen kann.

Schrauben Sie zuletzt die Basisplatte über den Lüfter, die Elektronik auf die Elektronikplatte und diese außen an die



Ein kleiner gedruckter Halter positioniert den Temperaturfühler in der Mitte des Gehäuses und ordnet nebenbei die Stromkabel.

Seitenwand. Zuletzt bringen Sie den Kabelsalat in Ordnung: Schrauben Sie dafür den Kabelhalter etwa in der Mitte an das Gehäuse des Druckers. Der Halter klemmt das Stromkabel vom Netzteil ordentlich ein. Schieben Sie nun den Thermistor durch die Öffnung im Halter, damit er sich nicht im Drucker verfangen kann. Überschüssige Kabel befestigen Sie mit Kabelbindern einfach in Schlaufen außerhalb der Seitenwand.

Wenn alles zusammengebaut ist, können Sie die Steuerung testen, indem Sie die Regeltemperatur auf der W1209-Platine mal höher und mal niedriger als die Umgebungstemperatur einstellen. Die Blende muss sich wie von Geisterhand öffnen und schließen und der Lüfter sollte nur bei offener Blüte laufen. Nach dem Test sollten Sie eine sinnvolle Regeltemperatur einstellen. Uns sind mit 30 °C (die Einstellung sorgt für eine Maximaltemperatur von 32 °C) schöne Drucke aus PLA gelungen.

(pmk@ct.de) ct

Literatur

- [1] Pina Merkert, 3D-Druckserver, Ein Raspberry Pi mit Octoprint macht jeden 3D-Drucker mit USB-Anschluss netzwerkfähig, c't 17/2021, S. 32
- [2] Pina Merkert, Browser Aided Design, Einstieg in Onshape: 3D-Designs im Brower, c't 24/2020, S. 150

Git-Repository mit Code und Druckvorlagen, CAD-Designs, Gehäuse-Bauanleitungen, Bestell-Links: ct.de/yy23

WLAN-Durchreiche

OpenWrt als WLAN-Repeater konfigurieren

Das quelloffene Router-Betriebssystem OpenWrt ist nicht nur etwas für Individualisierung und Sonderfunktionen, auch der einfache Repeater-Betrieb klappt. So werden Sie dubious Software unbekannter Hersteller auf günstigen Routern und Repeatern los und bekommen regelmäßig Updates.

Von Andrijan Möcker

Wenn die Familie ständig nölt, dass das WLAN lahmt, überstürzen Sie bloß nichts, indem Sie einen billigen No-Name-Repeater beim Discounter kaufen [1]. Zunächst sollten Sie überprüfen, ob es bereits fertige Repeater gibt, die mit Ihrem Router ein Mesh aufbauen können. Meistens werden Sie bei dem Hersteller Ihres Routers fündig. Das spart Zeit und gegebenenfalls auch Kosten.

Falls Sie nun doch mit einem No-Name-Teil dastehen, müssen Sie Folgendes bedenken: Selbst wenn das vermeintliche Schnäppchen aktuelle WLAN-Hardware mitbringt, muss das nicht bedeuten, dass der Repeater problemlos läuft und etwa in puncto Sicherheitslücken auf dem aktuellen Stand ist – und Updates darf man bei einem wenig bekannten Hersteller sowieso nicht erwarten. Das quelloffene Router-Betriebssystem OpenWrt schafft unter Umständen Abhilfe, denn einen Repeater-Modus kann man problemlos nachbauen [2].

Ob OpenWrt Ihr Gerät unterstützt, verrät die offizielle Hardware-Tabelle (verlinkt unter ct.de/yfu7). Ist Ihr Modell dort

gelistet, haben Sie es meist leicht: OpenWrt bietet das passende Speicherabbild direkt zum Download, und Installationsanweisungen sind in der Regel auf der jeweiligen Wiki-Seite oder im Git-Commit (siehe Link unter „Supported since commit“) beschrieben – wenn auch nur auf Englisch. Die Installationsanweisungen unterscheiden sich und können deshalb nicht übergreifend in diesem Artikel zusammengefasst werden; die Methoden variieren vom direkten Upload im Hersteller-Webinterface über Bootloader-TFTP-Upload bis hin zu Kommandos über die serielle Schnittstelle.

Gelegentlich verkaufen auch mehrere Anbieter baugleiche Geräte eines Zulieferers unter verschiedenen Marken – gerade diese landen nicht selten im zeitlich beschränkten Angebot eines Discounters. Wenn die Suche in der OpenWrt-Hardware-Tabelle erfolglos verläuft, suchen Sie im Netz die Modellbezeichnung in Ver-

bindung mit „OpenWrt“. Eventuell finden Sie auf anderen Websites oder in Foren Informationen zu Ihrem Gerät und der OpenWrt-Installation.

Vorbereitung

Den Repeater-Modus richten Sie größtenteils im OpenWrt-Webinterface LuCI ein; er benötigt jedoch eine Internetverbindung, da Sie für den IPv4-Repeatermodus ein Zusatzpaket herunterladen müssen. Um den Repeater zu konfigurieren, müssen Sie Ihr Notebook oder Ihren Rechner zunächst per Netzwerkkabel mit dem Repeater verbinden; gibt es mehrere Ethernet-Ports, nehmen Sie den mit „LAN“ beschrifteten. Anschließend rufen Sie das Webinterface unter <http://192.168.1.1> im Browser auf. Ein Passwort ist nicht voreingestellt, klicken Sie einfach auf „Login“ und konfigurieren Sie anschließend eines unter „System/Administration“.

Die OpenWrt-Erweiterung relayd reicht IPv4-Verkehr und Broadcasts zwischen den gebrückten Schnittstellen durch.

Die WLAN-Internetverbindung über Ihren Router stellen Sie in wenigen Schritten her: Klicken Sie unter „Network/Wireless“ bei dem gewünschten Interface (acn = 5 GHz, bgn = 2,4 GHz) auf Scan, um eine WLAN-Suche zu starten. In der Ergebnisliste klicken Sie bei Ihrem Heimnetz auf „Join Network“. Geben Sie Ihren Schlüssel im folgenden Fenster bei „WPA passphrase“ ein und achten Sie darauf, dass das Netz der LAN-Firewall-Zone zugewiesen ist; dann bestätigen Sie mit „Submit“.

OpenWrt zeigt anschließend die Netzkonfiguration für das neue WLAN-Profil „WWAN“; hier setzen Sie den „Channel“ (WLAN-Kanal) auf „auto“ und in „Advanced settings“ den „Country Code“ je nach Ihrem Standort auf „DE - [...]“, „AT - [...]“ oder „CH - [...]“. So hält der Repeater die örtlichen Sendeleistungsgrenzen ein und kann den Kanal Ihres Heimnetzes automatisch ermitteln. Bestätigen Sie mit „Save“ und löschen (Remove) Sie im „Wireless Overview“ die Beispielkonfiguration „OpenWrt“, bevor Sie mit „Save & Apply“ die neue Konfiguration aktivieren. Kurz danach taucht Ihr Heimnetz unter „Associated Stations“ auf, sofern es in Reichweite ist. In „Network/Interfaces“ können Sie erkennen, dass das WWAN-Interface eine IPv4-Adresse aus Ihrem Heimnetz bezogen hat.

Um das für den Repeaterbetrieb notwendige Paket zu installieren, wechseln Sie in „System/Software“ und klicken auf „Update lists“, damit OpenWrt die verfügbaren Pakete vom Server abfragt. Anschließend filtern Sie nach „luci-proto-relay“ und laden das Paket herunter. Die Abhängigkeit „relayd“ installiert OpenWrt automatisch mit. Starten Sie den Repeater danach neu (System/Reboot).

IPv4

Das Paket „relayd“ leitet den IPv4-Datenverkehr transparent durch den Repeater. Das schließt Broadcast-Datenverkehr ein, sodass auch DHCP funktioniert und die Clients am Repeater eine Adresse aus dem

Um im DHCPv6-Modus an die DHCP-Servereinstellungen zu kommen, muss man etwas tricksen und das WWAN6-Interface ohne zu bestätigen auf „Static Address“ ändern. Anschließend aktiviert man in den Einstellungen den Relay-Modus und versetzt das Interface wieder in den DHCPv6-Client-Modus.

Subnetz Ihres Heimnetzes erhalten. Da OpenWrt jedoch standardmäßig selbst Adressen vergibt, müssen Sie den IPv4-DHCP-Server für das LAN-Interface deaktivieren. Gehen Sie dazu unter „Network/Interfaces“ bei „LAN (br-lan)“ auf „Edit“. In der Registerkarte „DHCP Server“ setzen Sie im Untermenü „General Setup“ den Haken bei „Ignore Interface“ und bestätigen die Einstellungen mit „Save“.

Um die Brücke mit relayd zu erstellen, klicken Sie auf „Add new interface“, vergeben einen beliebigen Namen für das Interface und setzen das Protokoll auf „Relay bridge“. „Create Interface“ legt den Eintrag an und öffnet die Einstellungen. Wechseln Sie in die „Firewall settings“ und weisen Sie das Interface der LAN-Zone zu. In den „General Settings“ setzen Sie bei „Relay between networks“ dann die Haken bei „lan“ und „wwan“. Die „Local IPv4 address“ ist die Adresse, die Ihr Router dem Repeater-WWAN-Interface zugewiesen hat. Sie müssen sie eintragen, damit Ihr Repeater später noch auf diese Adresse reagiert.

Beachten Sie dabei, dass sich die per DHCP zugewiesene IPv4-Adresse eventuell ändert, wenn das Lease in Ihrem Router abläuft. Das lösen Sie, indem Sie dort eine DHCP-Reservierung für den Repeater anlegen. Wie das geht, steht in der Regel in der Anleitung Ihres Routers.

Unterstützt Ihr Router keine statischen Leases, geben Sie dem Repeater eine feste IP-Adresse; dazu gleich mehr. In beiden Fällen bestätigen Sie die Einstellungen mit „Save“.

Sollten Sie danach keine Verbindung mehr zum Webinterface des Repeaters bekommen, geben Sie dem Netzwerkinterface Ihres Rechners eine statische IPv4-Adresse aus dem ursprünglichen Bereich von OpenWrt, beispielsweise 192.168.1.5 (Subnetzmaske: 255.255.255.0).

Um dem WWAN-Interface eine statische Adresse zuzuteilen, wenn Ihr Router keine statischen Leases unterstützt, öffnen Sie in der Netzwerkübersicht dessen Interface-Einstellungen (Edit). Unter „Protocol“ wählen Sie „Static address“ aus und bestätigen die Änderung mit „Switch protocol“. Wählen Sie eine „IPv4 address“, die nicht im DHCP-Bereich Ihres Routers liegt – wie groß der Bereich ist, finden Sie in dessen Einstellungen. Nun ergänzen Sie die fehlenden Angaben: Die „IPv4 netmask“ ist in Heimnetzen meist 255.255.255.0; das Gateway sowie der DNS-Server die IPv4-Adresse Ihres Routers, und die Broadcast-Adresse ist die letzte IPv4-Adresse des Subnetzes, beispielsweise 192.168.2.255. Bestätigen Sie die Einstellungen und passen Sie die IPv4-Adresse in der Konfiguration des Relay-Interfaces an. Dann ist der Repeater für IPv4 einsatzbereit.

Die fertige WLAN-Konfiguration besteht aus einem Client-Profil, um die Verbindung zum Heimnetz herzustellen, und jeweils einem Master-Profil (Access Point) pro Interface, damit sich Geräte verbinden können.

Verbinden Sie Ihren Rechner nun wieder mit Ihrem Heimnetz und achten Sie dabei darauf, statische Adressen aus anderen Bereichen wieder zu entfernen. Nun rufen Sie die OpenWrt-Konfigurationsoberfläche über die eben konfigurierte beziehungsweise die per DHCP zugewiesene IPv4-Adresse des Repeaters auf.

IPv6

Die für den IPv6-Repeaterbetrieb notwendigen Dienste sind bei OpenWrt bereits an Bord. Da alle Adressvergabeverfahren auch einen „Relay Mode“ besitzen, flutscht jeglicher IPv6-Verkehr nach der Konfiguration ungehindert durch den Repeater.

Aktivieren Sie zuerst den Relay-Modus für das LAN-Interface (br-lan), indem Sie dessen Einstellungen öffnen und unter „DHCP Server/IPv6 settings“ bei allen Diensten „relay mode“ im Ausklappmenü wählen. Bestätigen Sie die Einstellungen und fügen Sie danach ein neues Interface namens „WWAN6“ hinzu; es wird das IPv6-Brücken-Interface auf der WAN-Seite. Machen Sie es zum DHCPv6-Client (protocol), wählen Sie im Interface-Ausklappmenü das Clientinterface für Ihr Heimnetz aus (beispielsweise „Wireless Network: Client „CT-WLAN“) und bestätigen Sie mit „Create Interface“.

Im folgenden Menü muss man nun etwas tricksen, um an die DHCP-Servereinstellungen zu kommen, da OpenWrt diese im DHCP-Client-Modus nicht anzeigt: Sie wählen unter „Protocol“ „Static address“ aus, klicken jedoch nicht auf „Save“ oder „Switch Protocol“. Oberhalb erscheint auch ohne Bestätigung die Registerkarte „DHCP Server“. In den „General settings“ setzen Sie den Haken bei „Ignore Interface“, damit OpenWrt keine IPv4-Adressen vergibt; in den IPv6-Einstellungen setzen Sie alle Dienste in den „relay mode“ und markieren das Interface als „Master“. Anschließend setzen Sie die Firewall-Zone auf „LAN“, wechseln wieder in die Einstellungen des Interfaces, stellen den Modus zurück auf DHCPv6-Client, deaktivieren die IPv6-Prefix-Anfrage und bestätigen erst jetzt die Einstellungen.

Sofern Ihr Anbieter und Ihr Router IPv6-Adressen vergeben, sollte Ihr Rechner wenige Sekunden nach der Bestätigung eine IPv6-Adresse erhalten. Dass IPv6 funktioniert, können Sie beispielsweise über <https://ipv6-test.com> verifizieren.

Interface	Protocol	Uptime	MAC	RX	TX	IPV4	IPV6
LAN br-lan	Static address	0h 6m 54s	80:3F:5D:BC:9C:F7	0 B (0 Pkts.)	58.41 KB (520 Pkts.)	192.168.1.1/24	fd5b:73bd:9119:1/60
WAN eth0.2	DHCP client	0h 3F:5D:BC:9C:F8	80:3F:5D:BC:9C:F8	0 B (0 Pkts.)	49.87 KB (159 Pkts.)		
WANG eth0.2	DHCPv6 client	0h 3F:5D:BC:9C:F8	80:3F:5D:BC:9C:F8	0 B (0 Pkts.)	49.87 KB (159 Pkts.)		
WWAN wlan0	DHCP client	0h 6m 48s	80:3F:5D:BC:9C:F9	320.45 KB (2053 Pkts.)	822.35 KB (1651 Pkts.)	192.168.7.43/24	
REPEATER_BRIDGE repeater_bridge	Relay bridge	0h 6m 54s	80:3F:5D:BC:9C:F7	320.45 KB (2053 Pkts.)	880.76 KB (2171 Pkts.)		
WWAN6 wlan0	DHCPv6 client	0h 0m 21s	80:3F:5D:BC:9C:F9	320.45 KB (2053 Pkts.)	822.35 KB (1651 Pkts.)		823f:5dff:febc:9cf9:64

Die abgeschlossene Interface-Konfiguration beinhaltet zwei Interfaces: Eines mit relay für IPv4-Bridging und ein weiteres, das die integrierten IPv6-Services im Relais-Modus ausführt. Die vorhandenen WAN-Interfaces liegen brach, müssen aber nicht gelöscht werden.

WLAN-Konfiguration

Damit Ihr Repeater auch ein WLAN abstrahlt, müssen Sie noch eine Access-Point-Konfiguration anlegen. Besitzt Ihr Repeater zwei WLAN-Interfaces, müssen Sie für jedes eine erstellen. Klicken Sie in „Network/Wireless“ auf „Add“, um die Konfiguration für ein neues Netz auf dem jeweiligen Interface zu öffnen.

Auf dem Interface, das die Client-Verbindung zu Ihrem Heimnetz herstellt, belassen Sie die Kanaleinstellung auf Automatik; das Interface kann nicht auf zwei Kanälen gleichzeitig arbeiten und verliert die Verbindung, wenn Sie einen Kanal fest einstellen, der von dem Ihres Routers abweicht.

Die ESSID (WLAN-Name) können Sie prinzipiell frei wählen. Sollen Clients jedoch frei zwischen Ihrem Router und dem Repeater roamen, muss sie der Ihres Routers gleichen. Das gilt auch für die Verschlüsselung (Wireless Security): Ist Ihr Router fest auf WPA2-PSK eingestellt,

sollten Sie auch diesen Cipher erzwingen (Force CCMP). Die Management Frame Protection (PMF) bleibt besser auf „optional“, da nicht alle Geräte dies beherrschen. Auch mit Maßnahmen gegen die KRACK-Lücke – sie erlaubt Manipulation des WPA2-Handshakes – kann es Kompatibilitätsprobleme geben; testen Sie im Zweifelsfall, ob die von Ihnen verwendeten Geräte damit ein Problem haben.

Auf dem zweiten Interface gehen Sie gleichermaßen vor, mit dem Unterschied, dass Sie den Kanal frei wählen können, wenn es sich nicht um das Client-Interface handelt. Damit ist die Konfiguration abgeschlossen und Ihr Repeater einsatzbereit.

(amo@ct.de)

Literatur

- [1] Ernst Ahlers, Billig-Repeater, c't 14/2020, S. 66
- [2] Andrian Möcker, Freigekauft, Router für OpenWrt: Von Komplettspaket bis Spartipp, c't 5/2021, S. 104



Herbstcampus

Wissen, Inspiration und Praxisrelevanz

15. September 2021 – Online



**Jetzt
Tickets
sichern!**

**Die gewohnt kommunikative Konferenz
für Unternehmensentwickler mit:**

- ✓ mehr als 20 Vorträgen
- ✓ Themenclustern aus drei Vorträgen und interaktiven Diskussionen
- ✓ Themen: Softwarearchitektur, Containerisierung, Java, APIs, Infrastructure as Code, Teamwork & Weiterentwicklung
- ✓ Diskussionsrunden per Chat und Video
- ✓ virtuellem Get-together am Abend

www.herbstcampus.de

Silber-Sponsoren

e.solutions 

infoteam
software

© Copyright by Heise Medien.

Veranstalter



heise Developer

dpunkt.verlag



Bild: Timo Lenzen

Wo ist sie, und wenn ja, wie oft?

Windows RE und die Recovery-Partition

Damit bei Bedarf eine Werkzeugkiste zum Lösen von Windows-Bootproblemen bereitsteht, installiert das Setup-Programm parallel zur eigentlichen Windows-Installation in einer separaten Partition ein kleines Rettungs-Windows namens RE. Diese separate Partition liegt mal vor und mal hinter der Windows-Partition, mal fehlt sie und mal gibt es sie sogar mehrfach. Doch warum eigentlich?

Von Axel Vahldiek

Wenn Sie das Setup-Programm anweisen, Windows auf einem unpartitionierten Datenträger zu installieren, wird es diesen zuerst aufteilen. Es erzeugt eine Partition für den Bootloader, eine für die Installation selbst sowie eine für die Wiederherstellungsumgebung „Windows RE“. Die beiden Buchstaben RE stehen für „Recovery Environment“, also Wiederherstellungsumgebung. Dabei handelt es sich um ein eigenständiges kleines Betriebssystem für Notfälle. Der Bootloader startet es beispielsweise, wenn das Hochfahren der eigentlichen Windows-Installation mehrfach scheitert. Die Wiederherstellungswerzeuge können von Hand aufrufen: Halten Sie dazu die Umschalttaste gedrückt, wenn Sie bei laufendem Windows im Startmenü auf „Neu starten“ klicken.

In diesem Beitrag soll es aber gar nicht darum gehen, was Sie mit RE alles anfangen können, denn das haben wir bereits in [1] detailliert beschrieben. In [2] lesen Sie zudem, was zu tun ist, wenn Windows RE auf dem internen Datenträger fehlt oder beschädigt ist. In diesem Beitrag geht es um die Partition, in der RE

liegt. Denn die sorgt gern mal für Verwirrung, weil sich ihre Lage und Größe von PC zu PC unterscheidet. Zudem ist sie manchmal mehrfach und manchmal gar nicht vorhanden.

Zuerst kurz zu einigen Begriffen, die dieser Beitrag verwendet. Die Windows-Installation selbst, also das, was auf Laufwerk C: liegt, bezeichnen wir nachfolgend schlicht als „Windows“. Das Rettungssystem Windows RE trägt die Bezeichnung „RE“. Entsprechend benennen



wir die Partitionen „Boot-Partition“, „RE-Partition“ und „Windows-Partition“.

Windows RE

Standardmäßig enthält die RE-Partition zwar ein separates Betriebssystem, aber nicht in Form installierter Dateien, Ordner und so weiter. Stattdessen steckt RE komplett in einer einzigen WIM-Datei namens Winre.wim. Diese Datei können Sie sich ähnlich wie ein ZIP-Archiv vorstellen. Nur enthält sie außer Dateien und Ordnern auch diverse Metadaten wie Zugriffsrechte und Attribute. RE bootet aus dieser WIM-Datei heraus, ihr Inhalt wird dazu in den Arbeitsspeicher geladen. Die Abkürzung WIM steht für „Windows Image“. Eine FAQ zu diesem Dateiformat finden Sie in [3].

Microsoft entwickelt RE genau wie Windows selbst stetig weiter, und wie dieses wächst auch RE immer weiter. Das liegt nicht nur am Funktions-, sondern auch am Treiberumfang. RE muss als eigenständiges Betriebssystem alle nötigen Treiber selbst mitbringen, also auch für die seit der letzten Version neu erschienene Hardware.

Als Windows 10 im Jahr 2015 erschien (Version 1507), war die Datei Winre.wim 311 MByte groß. Bei Version 21H1 ist sie auf 444 MByte gewachsen. Beide Größenangaben beziehen sich dabei auf eine jeweils frische 64-Bit-Neuinstallation. Wenn Sie vor einem PC mit vorinstalliertem Windows sitzen, kann die Winre.wim darauf deutlich größer ausfallen, denn PC-Hersteller können das Rettungssystem um eigene Wiederherstellungsmechanismen ergänzen.

Warum separate RE-Partition?

RE liegt zwar standardmäßig in einer separaten Partition, kann rein technisch aber auch auf der Windows-Partition liegen. Es gibt jedoch einen guten Grund dagegen: die Windows-eigene Laufwerksverschlüsselung BitLocker. Denn wenn es ein Problem mit der Verschlüsselung von C: gibt, wäre in diesem Moment auch RE verschlüsselt. Sie könnten es folglich nicht zum Lösen des Problems verwenden. Eine FAQ zu BitLocker finden Sie in [4].

Obwohl RE also vor allem wegen BitLocker in einer separaten Partition liegt, ist das auch bei den nicht-BitLocker-fähigen Home-Editionen der Fall. Diese lassen sich aber – eine passende Lizenz vorausgesetzt – in BitLocker-fähige Pro-Editioen umwandeln [5].

Überblick verschaffen

RE-Partitionen sind im Explorer standardmäßig nicht zu sehen, weil Windows keine Laufwerksbuchstaben dafür vergibt. Es gibt zwar PCs, auf denen trotzdem ein Laufwerk etwa namens „Wiederherstellung“ oder „Recovery“ im Explorer auftaucht, doch das ist üblicherweise keine RE-Partition – dazu später mehr.

Um sich einen Überblick zu verschaffen, greifen Sie zu einem der zwei bordeigenen Partitionierungswerzeuge: Die Datenträgerverwaltung besitzt eine grafische Bedienoberfläche, ist im kleinen Systemmenü zu finden, welches sich durch Drücken von Windows+X öffnet, und deutlich einfacher zu bedienen als das Kommandozeilenpendant Diskpart. Das ist dafür erheblich mächtiger. Einführungen zu beiden Werkzeugen finden Sie in [6] und [7].

In der Datenträgerverwaltung erkennen Sie korrekt eingerichtete RE-Partitionen daran, dass sie hinter der Angabe „Fehlerfrei“ in Klammern den Hinweis „Wiederherstellungspartition“ tragen. Falls bei Ihnen die Angabe fehlt, greifen Sie doch zu Diskpart: Listen Sie damit aber nicht die Volumes auf, sondern mit dem Befehl List Partition die Partitionen. Sie erkennen die RE-Partition am Typ „Wiederherstellung“.

Standardmäßig finden Sie genau eine RE-Partition mit einer Größe von aktuell etwas über 500 MByte. Das Nachfolgende erläutert, warum es mitunter anders ist.

Zwei RE-Partitionen

Zuerst zu den Ursachen für das Vorhandensein von zwei RE-Partitionen. Die Kombination aus einem stetig wachsenden RE und der Notwendigkeit einer separaten Partition führt dazu, dass die RE-Partition ebenfalls wachsen muss. Dazu muss freier Platz vorhanden sein,

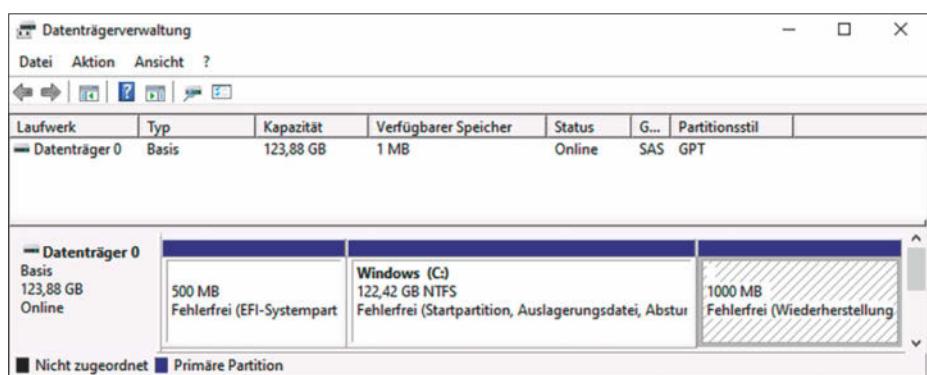
den die Partition zusätzlich belegen kann, doch das ist standardmäßig nicht der Fall.

Hinzu kommt: Von Windows 10 veröffentlichte Microsoft bislang zwölf Versionen, und der Umstieg auf die nächste Windows-10-Version erfolgt üblicherweise nicht per Neu-, sondern per Upgrade-Installation. Dabei bleibt die bisherige Partitionierung erhalten. Um die RE-Partition trotzdem an eine gewachsene Winre.wim anzupassen, muss das Setup-Programm während des Upgrades also den Datenträger umpartitionieren. Dazu ist es zwar durchaus in der Lage, jedoch nur in eingeschränktem Maße.

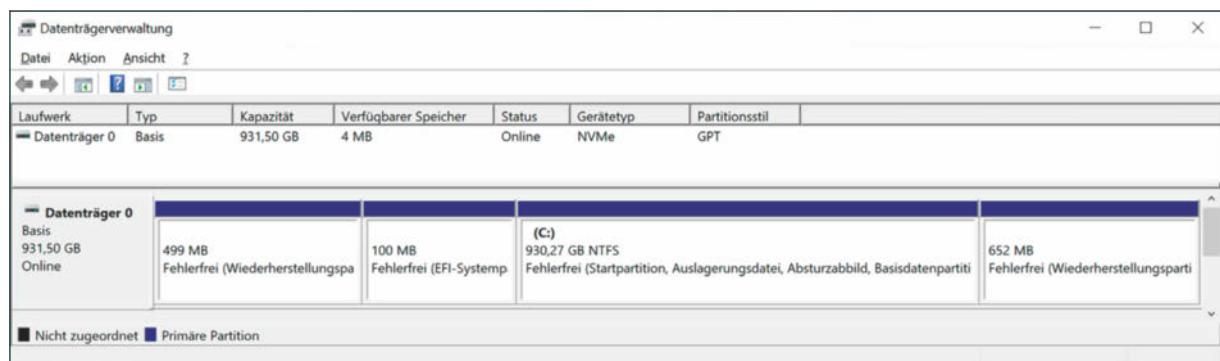
Das Setup-Programm kann genau wie Windows selbst Partitionen vergrößern, indem es dahinterliegenden freien Platz hinzufügt. Es kann Partitionen verkleinern, allerdings ebenfalls nur am Ende und sofern der Platz dort nicht durch Daten belegt ist. Die Fähigkeit, eine Partition zu verschieben oder vorne etwas von ihr abzuschneiden, beherrscht Windows hingegen nicht.

Ein Partitions-Layout mit einer flexibel vergrößerbaren RE-Partition sieht daher so aus: erst die Boot-Partition, dann die Windows- und dahinter die RE-Partition. Das Setup-Programm kann dann bei einer zu großen Winre.wim die RE-Partition löschen, von der Windows-Partition am Ende etwas abschneiden und im so entstandenen unpartitionierten Platz eine größere RE-Partition erstellen.

Das Setup-Programm hat allerdings vor Erscheinen von Windows 10 Version 2004 die RE-Partition stets vor statt hinter der Windows-Partition erstellt. Auch viele PC-Hersteller haben so partitioniert. Da der hinter der RE-Partition liegende Platz in diesem Fall von der Windows-Partition belegt ist, kann das Setup-Programm die RE-Partition nicht vergrößern. Was also



In der Datenträgerverwaltung erkennen Sie eine RE-Partition an der Bezeichnung „Fehlerfrei (Wiederherstellung)“.



tut es stattdessen? Es ignoriert die vorhandene RE-Partition und erzeugt hinter der Windows-Partition eine weitere, die dann künftig mitwachsen kann. In diesem Fall haben Sie daher zwei RE-Partitionen auf dem Datenträger.

Wiederherstellungspartitionen

Auf PCs aus der Vor-Windows-10-Zeit, auf denen die Hersteller ursprünglich Windows 7 oder 8.1 installierten, findet sich mitunter eine zusätzliche Partition, die ebenfalls als Wiederherstellungspartition bezeichnet ist. Sie taucht mitunter sogar im Explorer als separates Laufwerk auf. Was genau sie enthält, hängt vom Hersteller ab. Beispiele sind Treiber, Installationspakete der vorinstallierten Software sowie komplette Images, mit denen sich das Gerät in den Auslieferungszustand zurückversetzen lässt.

Solche Partitionen tragen zwar oft das gleiche Laufwerks-Label wie echte RE-Partitionen, unterscheiden sich aber durch den in der Partitionstabelle hinterlegten Partitionstyp. Bei MBR-partitionierten Datenträgern beispielsweise hat die RE-Partition den Typ 0x27, während Windows- und Datenpartitionen den Typ 0x07 haben. Am leichtesten erkennbar sind OEM-Wiederherstellungspartitionen aber nicht am Typ, sondern vor allem an der Größe. Sie belegen eine zweistellige Anzahl an GBytes: Installationspakete und vor allem Images sind halt deutlich größer als Windows RE.

Es gibt aber auch echte RE-Partitionen, die größer sind als gewohnt. Wie erwähnt haben die PC-Hersteller die Möglichkeit, RE um zusätzliche Funktionen zu ergänzen. Dann stehen unter RE zusätzliche Menüpunkte zur Auswahl, es bedeutet aber auch, dass der Platzbedarf von RE steigt. Die RE-Partition ist auf vorinstallierten PCs daher oft etwas größer als bei einer sauberen Neuinstallation.

Null RE-Partitionen

Falls auf Ihrem PC überhaupt keine RE-Partition zu finden ist, kann das gleich mehrere Ursachen haben. So halten sich manche PC-Hersteller schlicht nicht an Microsofts Vorgaben und erstellen keine. Seit Windows 10 Version 2004 legt das Setup-Programm dann beim Upgrade auf die nächste Version selbst eine an.

Bis Windows 10 Version 1909 konnte es passieren, dass während einer handischen Windows-Installation keine RE-Partition eingerichtet wurde. Schuld war dann nicht das Setup-Programm, sondern die Person vor der Tastatur. Denn das Setup-Programm partitioniert zwar leere Datenträger selbst, doch wenn schon Partitionen vorhanden sind, belässt es diese. Wurde also bereits vor der Installation von Hand partitioniert, etwa zur Vorbereitung einer Parallelinstallation, fand das Setup-Programm keinen freien Platz mehr und RE landete auf C:.

Ab Windows 10 Version 2004 passiert das üblicherweise nicht mehr, denn seit-

dem legt das Setup-Programm die RE-Partition wie erwähnt hinter der Windows-Partition an und schneidet dazu bei Bedarf Platz von ihr ab. Mit „üblicherweise“ ist gemeint, dass es hier zwei Haken gibt, die dann doch wieder zum Fehlen der RE-Partition führen können.

Haken Nummer 1: Es muss nicht nur Platz für die RE-Partition geschaffen werden können, sondern das Partitionsschema muss auch noch das Anlegen einer weiteren Partition erlauben. Bei GPT-partitionierten Laufwerken ist das quasi nie ein Problem, weil sie mindestens 128 Partitionen aufnehmen können. Das MBR-Partitionsschema ist hingegen auf vier „primäre“ Partitionen begrenzt. Zwar lässt sich eine primäre durch eine „erweiterte“ ersetzen, die dann beliebig viele „logische“ Partitionen enthalten kann, doch das hilft hier nicht: Eine RE-Partition muss eine primäre sein. Und wenn es von denen schon vier gibt, kann Windows keine weitere erstellen.

Haken Nummer 2 ist noch vertrackter zu verstehen, weil er mit den verschiedenen Phasen einer Windows-Installation zu tun hat. Die Details haben wir in [8] erzählt, hier die Kurzform: Das Setup-Programm partitioniert den internen Datenträger, kopiert anschließend ein Image einer frischen Installation auf die Windows-Partition, erzeugt in der Boot-Partition den passenden Bootloader und startet den PC neu. Anschließend startet bereits die frische Windows-Installation. Erst die (und nicht etwa das Setup-Programm) stellt Ihnen die üblichen Fragen zu Kontonamen, Datenschutz und so weiter. In Microsoft-Sprech ist das der OOBE-Prozess (Out Of Box Experience).

Die Änderung seit Version 2004: Die RE-Partition wird nicht mehr vor dem ersten Neustart durch das Setup-Programm, sondern erst später durch den OOBE-Prozess erstellt. Bei einer sauberen Neuinstallation bekommen Sie von dieser Änderung nichts mit. Anders kann es allerdings aussehen,

```
C:\Windows\System32\diskpart.exe
DISKPART> Select Disk 0
Datenträger 0 ist jetzt der gewählte Datenträger.

DISKPART> List Partition
  Partition ### Typ      Größe   Offset
  Partition 1 System    100 MB  1024 KB
  Partition 2 Reserviert 16 MB   101 MB
  Partition 3 Primär    231 GB  117 MB
  Partition 4 Wiederherstellun 1000 MB  231 GB

DISKPART>
```

Der Diskpart-Befehl „List Partition“ zeigt, wie viele RE-Partitionen an welcher Stelle liegen. Die zusätzliche „Reserviert“-Partition bekommen Sie zwar in Diskpart, aber nicht in der Datenträgerverwaltung zu sehen, weil sie nicht formatiert ist.

wenn Sie kein von Microsoft stammendes Installations-Image verwenden, sondern ein an Ihre Bedürfnisse angepasstes. Sofern Sie nur das Image bearbeiten (Tipps dazu in [9]), macht das ebenfalls nichts.

Problematisch kann es aber werden, wenn Sie ein selbst zusammengestelltes Setup-Medium verwenden, mit dem sich verschiedene Windows-Versionen installieren lassen. So eines können Sie mit dem bordeigenen Programm DISM erstellen [10]. Damit können Sie vom selben Medium sowohl aktuelle Windows-10-Versionen ab 2004 installieren als auch ältere wie Windows 8.1 oder Windows 10 LTSB 2015, LTSB 2016 oder LTSC 2019. Auch Server-Installationspakete lassen sich integrieren. Die Installation all dieser Betriebssysteme vom selben Medium klappt an sich reibungslos, aber eine RE-Partition erhalten Sie nur, wenn der OOBE-Prozess davon weiß, dass er sich darum kümmern soll. Und das weiß er eben erst ab Windows 10 Version 2004, nicht aber bei allen älteren Versionen.

Null RE-Partitionen: c't-WIMage

Und in noch einem Fall kann es zu einem Problem werden, dass Microsoft den Zeitpunkts des Erstellens der RE-Partition während des Setups verschoben hat: wenn Sie ein Setup-Medium erzeugen, auf dem sich ein Image einer zuvor von Ihnen eingerichteten Musterinstallation befindet, um sie auf einen anderen Rechner übertragen zu können. Das haben Sie womöglich selbst schon einmal gemacht, und zwar mit unserem Sicherungsskript c't-WIMage: Es verfrachtet Ihre Windows-Installation so auf einen Setup-USB-Datenträger, dass Sie sie auf quasi beliebiger Hardware wiederherstellen können. Im Zuge dessen deaktiviert das Skript RE und verschiebt es auf C:, damit es mit in der Sicherung landet. Es hinterlegt in der Installation zudem vor dem Sichern einen einmaligen Aufruf zum Reaktivieren von RE, der die Wiederherstellungsumgebung auf eine vorhandene RE-Partition verschiebt. Ausgeführt wird er nicht nur direkt nach dem Sichern, sondern auch beim ersten Hochfahren nach dem Zurückspielen der Sicherung.

Bei Bedarf spielt das Windows-Setup-Programm das Backup zurück. Weil aber das zurückgespielte Image nicht erneut den OOBE-Prozess durchläuft, wird auch keine neue RE-Partition erzeugt. Der Aufruf zum Reaktivieren von RE wird trotzdem ausgeführt. Sofern in diesem

```
Ausführen Administrator: Eingabeaufforderung
C:\Windows\system32>dism /get-imageinfo /imagefile:f:\sources\install.wim
Tool zur Imageverwaltung für die Bereitstellung
Version: 10.0.19041.844

Details für Image: "f:\sources\install.wim"

Index: "1"
Name: "Windows 10 Enterprise 2015 LTSB"
Beschreibung: "Windows 10 Enterprise 2015 LTSB"
Größe: 12.288.640.128 Bytes

Index: "2"
Name: "Windows 10 Enterprise 2016 LTSB"
Beschreibung: "Windows 10 Enterprise 2016 LTSB"
Größe: 12.303.700.144 Bytes

Index: "3"
Name: "Windows 10 Enterprise LTSC"
Beschreibung: "Windows 10 Enterprise LTSC"
Größe: 13.168.069.361 Bytes

Index: "4"
Name: "Windows 10 Enterprise"
Beschreibung: "Windows 10 Enterprise"
Größe: 15.176.389.138 Bytes

Der Vorgang wurde erfolgreich beendet.

C:\Windows\system32>
```

Mit einem selbst erstellten Setup-Medium lassen sich verschiedene Windows-Versionen installieren. Ob bei einer Installation eine RE-Partition entsteht, hängt dann vom Alter der Windows-Version ab.

Moment noch eine alte RE-Partition vorhanden ist, verschiebt der Aufruf RE dorthin. Wurde der Datenträger komplett neu partitioniert, fehlt die RE-Partition jedoch. Der Aufruf belässt RE dann auf Laufwerk C:, wo es dennoch funktioniert, wie es soll – es sei denn, BitLocker ist aktiviert. Dann scheitert das Reaktivieren von Windows RE. Weil das noch vor der Anmeldung an Ihr Nutzerkonto passiert, bekommen Sie davon aber nichts mit.

Sie bemerken es womöglich erst, wenn Sie von c't-WIMage die wiederhergestellte Installation ein weiteres Mal sichern lassen und dabei RE erneut vorübergehend deaktiviert wird. Denn nach dem Sichern versucht c't-WIMage, RE zu reaktivieren, doch das klappt dann wegen BitLocker wieder nicht. Das vom Skript zum Reaktivieren verwendete bordeigene Programm Reagents.exe produziert daher eine Fehlermeldung. Die weist zwar auf ein Problem mit BitLocker hin, doch in Wirklichkeit ist das Fehlen der RE-Partition die Ursache.

Die Abhilfe wäre, in der Sicherung den OOBE-Prozess zu reaktivieren, damit sich dieser beim Zurückspielen um das Erstellen der RE-Partition kümmert. Doch das würde dazu führen, dass Sie auch alle sonst bei einer frischen Installation auftauchenden Fragen gestellt bekommen – inklusive der Einrichtung eines weiteren Nutzerkontos. Daher verzichtet c't-WIMage darauf.

RE-Partition nachrüsten

Falls die RE-Partition fehlt, können Sie sie von Hand ergänzen (sofern das Partitionschema das zulässt, siehe oben). Das er-

fordert jedoch einige Diskpart-Befehle, ist also nicht ganz ohne. Los geht es aber in der Datenträgerverwaltung: Suchen Sie Laufwerk C: in der unteren Übersicht. Via Kontextmenü können Sie es verkleinern. Wählen Sie bei „Zu verkleinernder Speicherplatz“ mindestens 1000 MByte, um auf der sicheren Seite zu sein. Merken Sie sich zudem, welche Nummer ganz links neben Laufwerk C: hinter „Datenträger“ steht. Enthält Ihr Rechner nur ein Laufwerk, ist es „Datenträger 0“; diese Ziffer verwenden wir hier als Beispiel.

Klicken Sie im Menü der Datenträgerverwaltung auf „Ansicht“ und stellen Sie die „Anzeige oben“ um auf „Datenträgerliste“. Lesen Sie in der Spalte „Partitionsstil“ für Datenträger 0 ab, ob das Partitionsschema „MBR“ oder „GPT“ ist. Obacht: Wenn mehrere Datenträger im PC stecken, ist es wichtig, das wirklich abzulesen, und zwar auch dann, wenn Sie wissen, ob Ihr PC per Legacy BIOS oder UEFI bootet. Denn die immer wieder kolportierten Zwangsverbindungen, dass Windows per Legacy BIOS nur von einem MBR- und per UEFI nur von einem GPT-Datenträger bootet, ist an sich zwar korrekt, gilt aber ausdrücklich nur für die Boot-Partition. Sofern die Windows-Partition sich auf einem separaten internen Datenträger befindet, darf dieser unabhängig vom Bootverfahren wahlweise MBR- oder GPT-partitioniert sein.

Nun geht es mit Diskpart weiter. Hinweis: Wenn Sie keine Lust haben, die nachfolgend genannten Befehle mühsam abzutippen, finden Sie via ct.de/ysfw eine kleine Textdatei, aus der Sie sie herauskopieren können.

Drücken Sie Windows-Taste und tippen Sie Diskpart ein, um es zu starten. Wählen Sie den Datenträger mit der Windows-Partition aus durch Eingabe von

Select Disk 0

Ersetzen sie die „0“ durch die Zahl, die Sie in der Datenträgerverwaltung abgelesen haben. Dann erzeugen Sie im freien Platz eine zusätzliche primäre Partition:

Create Partition Primary

Wollen Sie die maximale Größe der neuen Partition begrenzen, ergänzen Sie den letzten Befehl durch size=1000 für eine 1000-MByte-Partition. Versehen Sie die frische Partition mit dem Dateisystem NTFS:

Format Quick FS=NTFS Label="Recovery"

Damit Windows die neue Partition als RE-Partition erkennt, passen Sie den Partitionstyp an. Sofern Datenträger 0 MBR-partitioniert ist, tippen Sie dazu Folgendes ein:

Set ID=27

Ist er stattdessen GPT-partitioniert:

```
Set ID=2
&de94bba4-06d1-4d40-a16a-bfd50179d6ac
GPT Attributes=0x8000000000000001
```

Diese beiden Befehle setzen zuerst den passenden Partitionstyp und weisen der Partition dann die korrekten Attribute zu. Wenn bei Ihnen die RE-Partition in der

Datenträgerverwaltung nicht mit der Angabe „Wiederherstellungspartition“ auftaucht, hilft das Setzen der korrekten Attribute mithilfe des GPT-Befehls übrigens ebenfalls.

Das war es mit Diskpart. Starten Sie nun via Windows+X-Menü eine PowerShell oder eine Eingabeaufforderung mit Administratorrechten. Tippen Sie darin nacheinander diese beiden Befehle ein:

```
Reagentc /Disable
Reagentc /Enable
```

Der erste deaktiviert RE, sofern es das nicht ohnehin schon ist, dann erscheint nur ein entsprechender Hinweis (sollte der Befehl sich stattdessen über ein fehlendes RE beschweren, sei erneut auf [2] verwiesen). Der zweite aktiviert RE wieder – und bei dieser Gelegenheit verschiebt Windows die Datei Winre.wim automatisch auf die neue RE-Partition. Nachprüfen können Sie das mit Reagentc /info.

Überflüssige RE-Partition loswerden

Wenn auf Ihrem PC zwei RE-Partitionen vorhanden sind, können Sie zwar die vordere mit Diskpart löschen (nach der Auswahl mit Select Partition x geht das mit Delete Partition Override), doch das bringt Ihnen nichts. Weil der dann freie Platz vor der Windows-Partition liegt, können Sie ihn nicht der hinteren RE-Partition zuweisen. Wir empfehlen daher, die zusätzliche Partition einfach zu ignorieren – ein interner Datenträger, auf dem ein halbes GByte Platz eine nennenswerte Rolle spielt, ist ohnehin reif für den Tausch gegen einen größeren.

Sie wollen den Platz trotzdem nutzbar machen? Dann ein Wort zur Warnung: Es gibt zwar Programme, die das Verschieben von Partitionen anbieten (und das wäre hier nötig), doch raten wir von so einer Aktion ab. Das Risiko, dass dabei etwas schiefgeht, ist relativ hoch: Ein simpler Stromausfall währenddessen oder ein von Kleinkind oder Katze gezogener Stromstecker können die Windows-Installation komplett demolieren. Als Vorsorge ist daher ein Backup Ihrer Windows-Installation unerlässlich, etwa mit unserem Sicherungsskript c't-WIMage (siehe ct.de/wimage). Obacht: Wie bei jedem Backup ist ein Wiederherstellungstest erforderlich. Doch wenn Sie erst mal ein Image angefertigt und getestet haben, ist der Rest schneller erledigt, wenn Sie nicht zeitraubend die Windows-Partition nach vorn verschieben, sondern sie einfach löschen und die mit c't-WIMage erstellte Sicherung im dann freien Platz wiederherstellen.

Für Profis

Zum Abschluss noch ein Hinweis für jene, die Windows ohnehin nicht per Setup-Programm installieren, sondern per Skript mit Diskpart, DISM und BCDboot: Microsoft hat seit einiger Zeit aktualisierte Diskpart-Skripte zur Verfügung gestellt, die die RE-Partition hinter statt vor der Windows-Partition erzeugen. Sie finden die Skripte via ct.de/ysfw. (axv@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Axel Vahldiek, Aufstehshelfer, Wie Windows Startprobleme selber löst, c't 5/2018, S. 74
- [2] Axel Vahldiek, Hilfe für den Helfer, Windows RE prüfen und reparieren, c't 5/2018, S. 80
- [3] Axel Vahldiek, FAQ: Windows Image-Format WIM, c't 18/2018, S. 176, auch vollständig online unter ct.de/-4133050
- [4] Jan Schüßler, FAQ: Bitlocker, c't 17/2018, S. 173, auch vollständig online unter ct.de/-4122147
- [5] Axel Vahldiek, FAQ: Windows kaufen, c't 22/2020, S. 174, auch vollständig online unter ct.de/-4920043
- [6] Axel Vahldiek, Plattenteiler, Partitionieren mit Windows-Bordmitteln – Teil 1: Datenträgerverwaltung, c't 2/2018, S. 154
- [7] Axel Vahldiek, Tipp-Schnippler, Partitionieren mit Windows-Bordmitteln – Teil 2: Diskpart, c't 3/2018, S. 144
- [8] Axel Vahldiek, Auftragsarbeit, Wie eine Windows-Installation abläuft – und wo Sie eingreifen können, c't 25/2018, S. 154
- [9] Axel Vahldiek, Noch vor dem Startschnappschuss, Windows-Installation im Voraus anpassen, c't 1/2019, S. 164
- [10] Axel Vahldiek, Strippenzieher, Tipps zum Bearbeiten von Windows-Images mit DISM, c't 24/2020, S. 156

Eine fehlende RE-Partition können Sie mit einigen Diskpart-Befehlen nachrüsten – jedenfalls meistens.

Diskpart-Befehle und Skripte von Microsoft: ct.de/ysfw

Jetzt im Handel

NEU!

DECKEN SIE DIE FASZINIERENDEN GEHEIMNISSE DER MEERE!

AUS DER
REDAKTION VON
WISSEN²⁰²¹
 eMedia GmbH

WISSEN²⁰²¹
SPEZIAL

WUNDER DES Ozeans



Blick
ins
Heft

Ab sofort am Kiosk oder online
unter shop.heise.de/wissen-ozean21 bestellen

Copyright by Heise Medien



Seelenjagd

Death's Door: Kleine Krähe, großes Abenteuer

Das Action-Abenteuer Death's Door schickt eine kleine Krähe auf eine fulminante Seelenjagd in das Reich des Todes.

Von Andreas Müller

Es ist ein fieser Job, aber irgendjemand muss ihn ja tun: die Seelenjagd für Gevatter Tod. In der geheimnisvollen Welt von Death's Door übernimmt eine Handvoll Krähen diese anspruchsvolle Aufgabe. Das System ist seit Urzeiten gut eingespielt, doch hin und wieder geht auch mal was schief. Als plötzlich eine Seele verschwindet, schlüpft man in die Rolle einer kleinen Krähe, die sich auf die abenteuerliche Suche danach macht. Recht schnell merkt unsere Heldin allerdings, dass hinter der kleinen Eskapade ein Geheimnis steckt, das ihre Welt ganz schön ins Wanken bringt.

Aus der Vogelperspektive steuert man die Krähe durch die unterschiedlichen Welten und befreit gefangene Seelen oder sucht nach geheimnisvollen Artefakten. Dabei muss sie nicht nur ihre Waffen zücken, um sich den Weg freizukämpfen,

sondern auch aufmerksam die Umgebung nach Hinweisen und Abkürzungen absuchen. Mit wachsamen Augen entdeckt sie Geheimgänge, findet vom Dolch bis zum Großschwert nützliche Waffen und löst ein paar Rätsel. Für jeden getöteten Gegner gibt es Seelen, die sie bei ihrer zuständigen Verwaltungsbehörde gegen Waffen-Updates einlösen kann. Die Höhepunkte sind knifflige Bosskämpfe gegen riesige Frösche oder grimmige alte Damen, die von der kleinen Krähe Taktik und gute Reflexe fordern. Wer will, kann mit skurrilen Nebenfiguren, die auch mal eine Suppenschüssel als Kopf haben, kurze Gespräche über den Sinn des Lebens führen.

Spielerisch wandelt Entwicklerstudio Acid Nerve mit diesem Hack-&-Slay-Abenteuer auf den Spuren von Zelda und den für ihren hohen Schwierigkeitsgrad berüchtigten Soulslike-Spielen: Einerseits gibt es viel zu entdecken, andererseits fordert jeder Kampf hohe Konzentration, um nicht an einem kleinen Gegner zu scheitern. Damit man am Schwierigkeitsgrad nicht verzweifelt, wurden großzügig Speicherpunkte und Abkürzungen verteilt. Sind wichtige Punkte erreicht oder bestimmte Monster erleidigt, kann die Krähe meist problemlos bis zu den Endgegnern stürmen. Das alles ist

nicht neu und ungewöhnlich, beeindruckt aber durch eine präzise Steuerung und liebevolle Animationen.

Abenteuerliche Entdeckungstour

Passend zu den Vorbildern gestalten sich die Spielwelten sehr abwechslungsreich: Die Krähe wandert durch verwunschene Gärten, durch gruselige Geisterhäuser und versunkene Festungen bis zu eisigen Bergspitzen, wo jeder Schritt zu einer Rutschpartie wird. Besonders Ehrgeizige können ihre Erkundungslust ausleben: Oft verbergen sich hinter einer anfangs un durchdringlichen Mauer oder einem Kanaldeckel Geheimnisse, die wiederum auf andere Schätze hindeuten. Durch einen kleinen Trick kann diese Entdeckungstour sogar nach dem eigentlichen Spielende weitergehen.

Bei der Story allerdings fehlen die Überraschungen. Sie bleibt rätselhaft und verlässt sich nur auf das Nötigste: die Suche nach einem Struppenzieher, den Aufmerksame schon nach kurzer Zeit entlarvt haben dürften. Daran können auch die vielen schwarzhumorigen Momente und die hervorragende englische Vertonung wenig ändern. Was bleibt, ist eine in Ansätzen tiefgründige Reflexion über die Vergänglichkeit des Lebens. Dagegen punktet das rund 15-stündige Action-Abenteuer mit Spielwitz und einer der skurrilsten Videospielheldinnen der letzten Jahre.

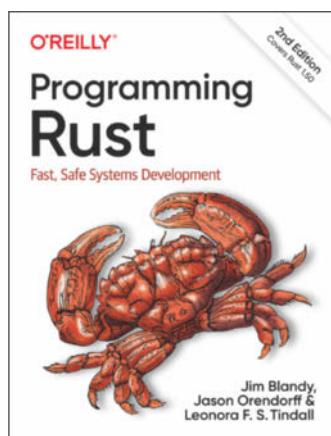
Fazit

Das kleine Indie-Studio Acid Nerve glänzt mit Death's Door durch einen cleveren Mix aus Zelda und Demon's Souls. Es ist weder zu schwer noch zu leicht und verwöhnt mit einer skurrilen Welt, in der es viel zu entdecken gibt. Dank der gelungenen Animationen und einer Portion schwarzen Humors fällt kaum auf, dass die Geschichte wenig Überraschungen bietet. Der Spielwitz und die abwechslungsreichen Level lassen die inhaltlichen Schwächen leicht vergessen: Death's Door ist ein großer Spaß für mutige Abenteurer. (lmd@ct.de) ct

c't-angezockt-Video: ct.de/ym4x

Death's Door

Action-Abenteuer	
Vertrieb, URL	Devolver Digital, Acid Nerve, playdeathsdoor.com
Systeme	Windows, Xbox Series
USK	nicht geprüft
Preis	20 €



Umstiegshilfe für Systemschöpfer

Rust verspricht Systemprogrammierern eine modernere Arbeitsweise und weniger Laufzeitüberraschungen, als sie es von den altgedienten Compilersprachen gewohnt sind. Das Autorenteam tut alles, um die hohe Umstiegschwelle etwa für alte C-Hasen überwindbar zu machen.

Trotz bekannter Unzulänglichkeiten dominieren C und C++ noch immer das Feld der Systemprogrammierung. Das aus der Open-Source-Community heraus entstandene Rust ist als ernst zu nehmender Herausforderer in den Ring gestiegen – es erlaubt ebenso maschinennahes Programmieren wie C, lässt aber kein undefiniertes Verhalten zu. Allein das schließt schon viele Arten gefürchteter Fehler aus. Zudem bringt die Sprache viele weitere Verbesserungen mit. Ihr Nachteil: Sie erfordert von C/C++-Programmierern gründliches Umdenken.

Das Lehrbuch von Blandy, Orendorff und Tindall legt ein hohes Tempo vor. Bereits die Grundlagenkapitel, die alle Datentypen und sämtliche Schlüsselwörter beschreiben, bedienen sich ziemlich komplexer Programmbeispiele.

Schnell wird klar, dass Rust von der Gnade der späten Geburt profitiert: Die Sprache macht vieles besser, aber eben auch ganz anders als die Konkurrenz. Wenn es etwa um Speicherverwaltung, Parallelität oder die Behandlung von Fehlern geht, müssen selbst versierte C/C++-Praktiker sehr genau aufpassen. Das gilt insbesondere für höhere Konstrukte wie Closures und Traits, die immer wieder ihren Pendants in C/C++ oder Java gegenübergestellt werden.

Rust verfügt über eine eigene Arbeitsumgebung samt externer Werkzeuge zur Verwaltung von Abhängigkeiten, zur Durchführung von Tests und zur Dokumentation von Projekten. Für alles gibt es einen Standard; die Autoren beschreiben die dazugehörigen Tools und deren Konfiguration ausführlich.

Einen großen Teil des Buchs widmen sie der umfangreichen Standardbibliothek. Sie stellen die wichtigsten Klassen vor und kopieren dabei nicht einfach die API-Dokumentation, sondern zeigen, wie Entwickler die Bibliotheken sinnvoll in ihre Anwendungen integrieren können.

Die aktuelle zweite Auflage des Lehrbuchs beruht auf der Rust-Version 1.50 von Februar 2021 und setzt außer sicherem technischen Englisch auch gute allgemeine Programmierkenntnisse voraus – am besten in C oder einer ähnlichen Sprache.

(Maik Schmidt /psz@ct.de)

Verständnisvoller Surfbegleiter

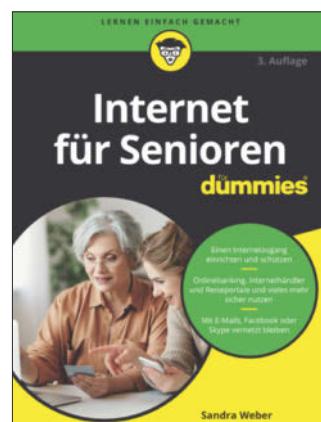
Viele interessierte Senioren haben Schwierigkeiten, in den unüberschaubaren Weiten des Webs die gewünschten Informationen zu finden. Nach dem Motto „Es gibt keine dummen Fragen“ hilft dieser Ratgeber aus der Für-Dummies-Reihe älteren Internet-Novizen bei den ersten Schritten im Web.

Sandra Weber zeigt Senioren in Computerkursen den Weg ins Internet. Die Erfahrungen aus diesen Schulungen sind offenbar in ihr Buch eingeflossen. So scheinen Hintergrundinformationen, etwa zur Entstehung des World Wide Web, zwar überflüssig und Aussprachehilfen – „lock-aut“ für Logout, „päipohl“ für PayPal – wirken betulich. Beides entspricht jedoch dem Bedürfnis älterer Menschen, sich gründlich anzueignen.

Auf die Frage „Wie kann ich im Internet XYZ machen?“ gibt es fast immer unzählige Antworten. Ein Seniorenratgeber tut gut daran, höchstens zwei probate Wege aufzuzeigen, um den Leser nicht zu verwirren. Nicht immer trifft dieser Ratgeber dabei die richtige Wahl: Es ist zwar verständlich, dass das Buch nicht jeden Browser vorstellt, doch außer einigen Seiten zu Firefox ist nur von Microsoft Edge die Rede, Chrome wird mit keinem Wort erwähnt. Beim Thema E-Mail stellt das Buch GMX und Thunderbird vor, fürs Internet-Shopping nennt die Autorin lediglich Amazon und Fleurop und unter der Überschrift Internet-Auktionen finden sich zwölf Seiten über Ebay, gefolgt von einer kurzen Erwähnung von hood.de. Zum Telefonieren übers Web empfiehlt Weber Skype, das bei der Enkelgeneration wenig verbreitet ist. Ohnehin richtet sich der Ratgeber nur an Nutzer von Windows-PCs – macOS mit Safari sowie Linux bleiben außen vor.

Rund um die Themen Phishing, Radio und Fernsehen sowie Reiseplanung überzeugt das Buch mit ausführlichen, gut nachvollziehbaren Anleitungen und Erklärungen. Auch die Annehmlichkeiten und Gefahren rund ums Online-Banking schildert die Autorin gründlich. Sie erklärt diese allerdings anhand eines Sparkassenkontos; für Kunden anderer Banken mit ihren individuellen Portalen sind die Erläuterungen nicht 1:1 übertragbar.

Insgesamt führt das Buch zielgruppengerecht an das Thema Internet heran, bleibt jedoch zu aktuellen Themen wie lokalem Online-Shopping oder Zwei-Faktor-Authentifizierung manches schuldig. Für die dritte Auflage wurde der Inhalt nicht konsequent genug überarbeitet, sodass sich im Detail viele Fehler eingeschlichen haben und manche Tipps inzwischen überholt sind. (dwi@ct.de)



Sandra Weber

Internet für Senioren für Dummies

Wiley-VCH, Weinheim 2021 (3. Aufl.)

ISBN 978-3527718252

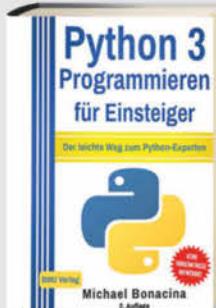
384 Seiten, 20 €

(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 18 €)

Für Wissenshungrige

Ausgewählte Fachliteratur

shop.heise.de/buecher



Michael Bonacina **Python 3: Programmieren für Einsteiger**

Dieses Buch legt besonderen Fokus auf die Objekt-orientierte Programmierung (OOP) und das Erstellen von grafischen Oberflächen. Nach dem Durcharbeiten der Übungsaufgaben des Buches kann der Leser eigene komplexere Python Anwendungen inklusive grafischer Oberfläche programmieren.

ISBN 9783966450072

shop.heise.de/python3-einsteiger 13,90 € >



Christian Solmecke, Sibel Kocatepe **DSGVO für Website-Betreiber**

Ihr Leitfaden für die sichere Umsetzung der EU-Datenschutz-Grundverordnung. Experten erklären Schritt für Schritt, wie Sie Ihren Webauftritt vollständig rechtskonform gestalten – gut verständlich auch für Nichtjuristen.

ISBN 9783836267120

shop.heise.de/dsgvo-websites 39,90 € >

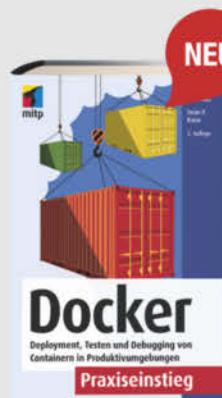


Jörg Frochte **Maschinelles Lernen (2. Aufl.)**

Maschinelles Lernen ist ein interdisziplinäres Fach, das die Bereiche Informatik, Mathematik und das jeweilige Anwendungsgebiet zusammenführt. In diesem Buch werden alle drei Teilgebiete gleichermaßen berücksichtigt.

ISBN 9783446459960

shop.heise.de/maschinelles-lernen 38,00 € >

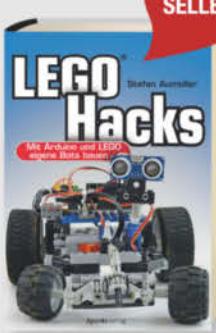


Karl Matthias, Sean P. Kane **Docker Praxiseinstieg (2. Aufl.)**

Lernen Sie, wie Sie Docker-Images Ihrer Anwendungen erstellen, testen und deployen sowie skalieren können, und wie Sie die Container in der Produktivumgebung pflegen und warten. Die Einrichtung und das Testen von Docker-Anwendungen kommen ebenso zur Sprache wie das Debugging eines laufenden Systems.

ISBN 9783958459380

shop.heise.de/docker-praxis2 25,99 € >



Stefan Aumüller **LEGO® Hacks**

Dieses Buch zeigt, wie aus LEGO und dem Arduino faszinierende Modelle werden. Lernen Sie, Sensoren und Aktoren, mit LEGO-Elementen zu verbinden und daraus viele neue spannende Projekte aufzubauen. Auch Grundlagen der Elektronik werden Ihnen vermittelt.

ISBN 9783864906435

shop.heise.de/buch-legohacks 29,90 € >

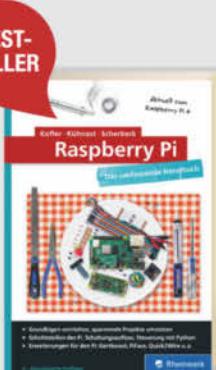


Wolfgang Ertel, Ekkehard Löhmann **Angewandte Kryptographie (6. Aufl.)**

Ziel des Buches ist es, Grundwissen über Algorithmen und Protokolle zu vermitteln und kryptographische Anwendungen aufzuzeigen. Mit so wenig Mathematik wie nötig, aber vielen Beispielen, Übungsaufgaben und Musterlösungen.

ISBN 9783446463134

shop.heise.de/kryptographie6 34,99 € >



Michael Kofler, Charly Kühnast, Christoph Scherbeck **Raspberry Pi (6. Aufl.)**

Das umfassende Handbuch mit über 1.000 Seiten komplettem Raspberry-Wissen, um richtig durchstarten zu können. Randvoll mit Grundlagen und Kniffen zu Linux, Hardware, Elektronik und Programmierung.

Aktuell für alle Versionen, inkl. Raspberry Pi 4!

ISBN 9783836269339

shop.heise.de/raspberry-6 44,90 € >



Simon Monk **Der Maker-Guide für die Zombie-Apokalypse**

Bereiten Sie sich vor: mittels 20 Survival-Projekten mit einfacher Elektronik, Arduino und Raspberry Pi werden Sie Ihren eigenen Strom erzeugen, unverzichtbare Bauteile vor dem Zombie-Zugriff retten und lebensrettende Elektronikschaltungen bauen, um Untote aufzuspüren.

ISBN 9783864903526

shop.heise.de/zombies 24,90 € >

**PORTOFREI
AB 20 €
BESTELLWERT**

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €.
Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.
© Copyright by Heise Medien.

und Maker!

Zubehör und Gadgets

shop.heise.de/gadgets

NEU



ParkLite

ParkLite denkt mit. Die elektronische Parkscheibe stellt automatisch nach ca. 20 Sekunden die Parkzeit ein. Damit ist Schluss mit Bußgeldern! Hitze- und kältebeständig, inklusive Reinigungstuch und Klebepads.

shop.heise.de/parklite

29,90 € >

NEU



Aluminium-Case FLIRC

Das hochwertige Gehäuse aus stabilem Aluminium ist ideal, um den Raspberry Pi 4 als Media Center zu verwenden. Das elegante Design integriert sich optimal in jede Wohnumgebung. Auch im Set mit Raspi 4 Model B 2GB erhältlich.

shop.heise.de/flirc

23,90 € >

musegear® finder Version 2



Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

shop.heise.de/musegear

24,90 € >



Raspberry Pi-Kameras

Aufsteckbare Kameras, optimiert für verschiedene Raspberry Pi-Modelle mit 5 Megapixel und verschiedenen Aufsätzen wie z. B. Weitwinkel für scharfe Bilder und Videoaufnahmen.



Komplettset Argon ONE Case mit Raspberry Pi 4

Das Argon One Case ist eines der ergonomischsten und ästhetischsten Gehäuse aus Aluminiumlegierung für den Raspberry Pi. Es lässt den Pi nicht nur cool aussehen, sondern kühl auch perfekt und ist leicht zu montieren. Praktisch: alle Kabel werden auf der Rückseite gebündelt ausgeführt – kein Kabelsalat!

-117,60 €

shop.heise.de/argon-set

99,90 € >

NEUER PREIS!



ArduiTouch-Set

Setzen Sie den ESP8266 oder ESP32 jetzt ganz einfach im Bereich der Hausautomation, Metering, Überwachung, Steuerung und anderen typischen IoT-Applikationen ein!

-69,90 €

shop.heise.de/arduitouch

36,90 € >

NEU



PoKitMeter – Multimeter, Oszilloskop und Logger

PoKit misst, zeigt und protokolliert eine Vielzahl von Parametern wie Spannung, Strom, Widerstand und Temperatur mittels Verbindung via Bluetooth mit Ihrem Smartphone oder Tablet.

shop.heise.de/pokit

94,90 € >

NVIDIA Jetson Nano B01

Die neue Revision B01! Die Leistung moderner KI für Millionen Geräte. Mit dem Jetson Nano von NVIDIA können Sie als Heimbastler oder Entwickler platzsparend und effizient in die Welt der KI eintauchen. Ideale Voraussetzung für die Programmierung neuronaler Netze dank vier A57-Kerne und einem Grafikprozessor mit 128 Kernen.
Inklusive Netzteil!



shop.heise.de/jetson

134,90 € >

„No Signal“ Smartphone-Hülle

Passend für Smartphones aller Größen bis 23cm Länge blockt diese zusammenrollbare Hülle alle Signale von GPS, WLAN, 3G, LTE, 5G und Bluetooth, sowie jegliche Handy-Strahlung. Versilbertes Gewebe im Inneren der Tasche aus recycelter Fallschirmsenseide bildet nach dem Schließen einen faradayschen Käfig und blockiert so alles Signale.



shop.heise.de/no-signal-sleeve

29,90 € >



Make Family + Makey-Paket

Darüber freut sich die ganze Familie: „Make Family“ - das vollgepackte PDF-Magazin mit 21 Anleitungen zum kreativen Basteln mit Kids auf über 200 Seiten. Dazu: der knuffige Makey-Plüschorboter und der Makey-Lötbausatz mit LEDs und Batterie.

-27,70 €

shop.heise.de/makey-paket

19,90 € >

heise Shop

shop.heise.de

Bestellen Sie ganz einfach online unter shop.heise.de oder per E-Mail: service@shop.heise.de

Copyright by Heise Medien.



Doppelte Staatsverantwortung

Polizei muss bei Quellen-TKÜ auf IT-Sicherheit achten

Viele Polizeibehörden können sogenannte Staatstrojaner einsetzen, um die Telekommunikation Verdächtiger unverschlüsselt abzugreifen. Über eine solche Regelung im baden-württembergischen Polizeigesetz hat im Juni das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) eine bemerkenswerte Entscheidung gefällt.

Von Harald Büring

Die Quellen-Telekommunikationsüberwachung (Quellen-TKÜ) gehört zu den besonders heiß umstrittenen Befugnissen deutscher Sicherheitsbehörden. Es geht darum, verschlüsselte Sprach- oder Chat-Kommunikation Verdächtiger in Klartext am Endgerät abzugreifen. Zu diesem Zweck wird Infiltrationssoftware („Staatstrojaner“) heimlich auf Computer und Smartphones von Verdächtigen eingeschleust. Solche Maßnahmen dürfen weder serienweise noch verdachtsunabhängig erfolgen. Sie unterliegen in jedem Einzelfall einem Genehmigungsvorbehalt – die Polizei und das Zollkriminalamt brauchen richterliche Genehmigungen beziehungsweise Anordnungen, Geheimdienste müssen Erlaubnisse der G10-Kommission einholen [1].

Quellen-TKÜ darf sich nur auf laufende Kommunikation beziehen. Die sogenannte Plus-Variante der Geheimdienste bezieht gespeicherte Kommunikation mit ein, sofern diese sich auch in Echtzeit hätte abhören oder mitschneiden lassen. Ein Zugriff auf beliebige gespeicherte Inhalte, also eine sogenannte Online-Durchsu-

chung, ist davon nicht abgedeckt. Zu dieser sind wiederum nur bestimmte Polizeibehörden in besonders begründeten Fällen aufgrund richterlicher Anordnung befugt – Geheimdienste nicht. In jedem Fall bedeutet Quellen-TKÜ einen tiefen Eingriff in Persönlichkeitsrechte Betroffener.

Verfassungswidrige Befugnisse?

Es wurden bereits einige Verfassungsbeschwerden gegen gesetzliche Bestimmungen und Maßnahmen zur Quellen-TKÜ erhoben. Das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) hat bislang nur Entscheidungen getroffen, die sich auf polizeiliche Maßnahmen beziehen. Solche zu geheimdienstlichen Befugnissen stehen noch aus, etwa zu der Verfassungsbeschwerde vom 14. Juli 2021, eingereicht von 64 FDP-Bundestagsabgeordneten [2]. Der jüngste Beschluss des BVerfG zur polizeilichen Quellen-TKÜ erging am 8. Juni 2021 [3] und hat seitdem viel Aufmerksamkeit erregt – vor allem durch das, was die Verfassungsrichter in ihrer Begründung zur Verantwortung des Staates für die Wahrung der IT-Sicherheit sagten.

Bereits seit 2017 erlaubt § 100a Abs. 1 Satz 2 der Strafprozeßordnung (StPO) Strafverfolgungsbehörden den Einsatz der

Quellen-TKÜ bei der Untersuchung schwerer Straftaten aus einer Liste in Abs. 2, die von Steuerhinterziehung über Geldfälschung und Bestechung bis zu Mord reicht. Eine fast deckungsgleiche Bestimmung enthält § 72 Abs. 3 des Zollfahndungsdienstgesetzes (ZFdG) in Bezug auf Maßnahmen des Zollkriminalamts (ZKA); es geht dabei primär um die Bekämpfung des Handels mit Kriegswaffen. Auch das Bundeskriminalamtgesetz (BKAG) enthält in § 51 Abs. 2 eine nahezu gleich lautende Befugnis, allerdings steht dort die Abwehr von Gefahren des internationalen Terrorismus sowie dringenden Gefahren für hochrangige Rechtsgüter im Vordergrund.

Im Zuge der Gesetzgebung der Bundesländer sind dann Paragraphen mit gleichem oder sehr ähnlichem Text wie § 100a Abs. 1 Satz 2 StPO in die Gesetze hineingekommen, die die Arbeit der Polizeibehörden der Länder regeln. Lediglich in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein sowie in Berlin und Bremen weisen die Gesetze für den Polizeivollzugsdienst keine vergleichbare Befugnis auf.

Es kocht im Ländle

Das baden-württembergische Polizeigesetz (PolG BW) hat durch eine Mitte 2018 in Kraft getretene Novelle seine Bestimmung zur Quellen-TKÜ im damaligen § 23b Abs. 2 erhalten. Heute steht diese in § 54 Abs. 2 (siehe Kasten). Der Wortlaut entspricht fast völlig dem von § 51 Abs. 2 BKAG. Unter Beteiligung der Gesellschaft für Freiheitsrechte (GFF) e. V. erhoben Rechtsanwälte, Journalisten, Vertreter des Chaos Computer Clubs (CCC) sowie eines Stuttgarter Internet-Providers und eines Online-Handelsunternehmens im Dezember 2018 Verfassungsbeschwerde gegen diese landesgesetzliche Regelung [4]. Die Abfassung des Schriftsatzes übernahm der Kriminologe Professor Tobias



Die Gesellschaft für Freiheitsrechte e. V. wählt nach eigenen Angaben ideale Fälle und Kläger sowie geeignete Gerichte aus, um für Rechte zu streiten, deren Spektrum von Informations- und Meinungsfreiheit über freie Rede bis zur Pressefreiheit reicht.

Singelnstein, der bereits 2006 gemeinsam mit dem Rechtsanwalt Peer Stolle das kritische Buch „Die Sicherheitsgesellschaft“ über Themen wie Videoüberwachung und Vorratsdatenspeicherung vorgelegt hatte.

Der Kernkritikpunkt der Beschwerdeführer betraf den Umstand, dass die Polizei im Zuge der Quellen-TKÜ bestehende Sicherheitslücken auf den Zielsystemen absichtlich offenlassen oder sogar mutwillig neue öffnen könnte. Die Beschwerdeführer beriefen sich vor allem darauf, dass ihr vom Grundgesetz (GG) garantiertes Recht auf Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme verletzt werde (Art. 2 Abs. 1 i. V. m. Art. 1 Abs. 1 GG).

Die Verfassungsrichter ließen sich Zeit, bevor sie am 8. Juni 2021 aus formellen Gründen die Verfassungsbeschwerde als unzulässig zurückwiesen. Die Beschwerdeführer hätten nicht hinreichend erläutert, weshalb die angegriffene Vorschrift sie in ihren Grundrechten verletze und sie somit beschwerdebefugt seien. Hierzu hätten sie insbesondere erklären müssen, weshalb die vom Gesetzgeber vorgesehenen Schutzvorkehrungen nicht ausreichend sein sollten, um die Systeme und damit verbunden die personenbezogenen Daten der Nutzer zu schützen. Beispielsweise sei die Polizei verpflichtet, „eingesetzte Mittel“ gegen „unbefugte Nutzung“ zu schützen (§ 54 Abs. 3 Satz 2 PolG BW). Außerdem muss ein Betroffener, bevor er Verfassungsbeschwerde einlegt, zunächst den Rechtsweg ausschöpfen und bei einem zuständigen Fachgericht klagen – hier hätte dies ein Verwaltungsgericht sein müssen. Das gelte auch dann, wenn zunächst einmal genau geklärt werden müsse, wie eine bestimmte gesetzliche Regelung auszulegen sei.

IT-Sicherheit ist zu schützen

Allerdings ärgerte die GFF sich über diese formale Niederlage nicht allzu stark, sondern wertete sie gewissermaßen als Erfolg durch die Hintertür [5]. Das liegt daran, dass die Verfassungsrichter im Zuge ihres Beschlusses zur angerissenen Frage nach der staatlichen Ausnutzung von Sicherheitslücken Stellung bezogen haben – dabei hätten sie dies aus verfahrenstechnischer Sicht gar nicht zu tun brauchen.

Sie führten aus, dass der Staat mehrere Schutzpflichten hat, die sich aus unterschiedlichen Grundrechten ableiten. Er muss nicht nur die Sicherheit von Leben und Gesundheit seiner Bürger schützen

Polizeiliche Quellen-TKÜ in Baden-Württemberg

§ 54 des Polizeigesetzes (PolG BW), Auszug

(2) Die Überwachung und Aufzeichnung der Telekommunikation darf ohne Wissen der betroffenen Person in der Weise erfolgen, dass mit technischen Mitteln in von ihr genutzte informationstechnische Systeme eingegriffen wird, wenn

1. durch technische Maßnahmen sichergestellt ist, dass ausschließlich laufende Telekommunikation überwacht und aufgezeichnet wird, und
2. der Eingriff notwendig ist, um die Überwachung und Aufzeichnung der Telekommunikation insbesondere auch in unverschlüsselter Form zu ermöglichen.

(3) Bei Maßnahmen nach Absatz 2 ist sicherzustellen, dass

1. an dem informationstechnischen System nur Veränderungen vorgenommen werden, die für die Datenerhebung unerlässlich sind, und
2. die vorgenommenen Veränderungen bei Beendigung der Maßnahme, so weit technisch möglich, automatisiert rückgängig gemacht werden. Das eingesetzte Mittel ist gegen unbefugte Nutzung zu schützen. Kopierte Daten sind gegen Veränderung, unbefugte Lösung und unbefugte Kenntnisnahme zu schützen.

(Art. 2 Abs. 2 GG), sondern auch die Vertraulichkeit der Kommunikation (Art. 10 GG). Aus Art. 2 Abs. 1 GG in Verbindung mit Art. 1 Abs. 1 GG ergibt sich zudem, dass der Staat auch eine Verantwortung für die Integrität informationstechnischer Systeme hat. Er darf sie nicht im Zuge der Quellen-TKÜ durch rücksichtloses Offenlassen von Sicherheitslücken, die dem Systemhersteller nicht bekannt sind, dem Zugriff Dritter preisgeben. Von daher sprechen gewichtige verfassungsrechtliche Probleme gegen den Einsatz dieses Überwachungsinstruments.

Güterabwägung

Das bedeutet jedoch nicht, dass eine Quellen-TKÜ durchweg unzulässig wäre. Das BVerfG erkennt an, dass eine solche Maßnahme geboten sein könne, um wichtige Rechtsgüter wie Leib und Leben wirksam zu schützen – wenn es beispielsweise darum geht, vorab von einem geplanten Terroranschlag zu erfahren und diesen verhindern zu können. Der Staat steht also gewissermaßen in einer Zwickmühle zwischen zweierlei Verantwortung. Im Zielkonflikt der Polizei zwischen dem Schutz der IT-Sicherheit und der Gefahrenabwehr muss eine Abwägung der betroffenen Rechtsgüter stattfinden. Dabei spielt einerseits die Verpflichtung eine Rolle, wenn möglich stets milder Maßnahmen anzuwenden. Andererseits ist auch in jedem Einzelfall zu prüfen, ob die Quellen-TKÜ überhaupt geeignet ist, um zur Gefahrenabwehr nötige Erkenntnisse zu gewinnen.

Nun ist der Gesetzgeber gefragt: Er muss den Polizeibehörden hinreichende Vorgaben zur Abwägung der beiden Be-

lange liefern. Wie das genau aussehen soll, sagen die Verfassungsrichter nicht. Sie beantworten auch nicht die Frage, ob das PolG BW diesen Ansprüchen genügt.

Es geht weiter

Das BVerfG hat sich nicht zum letzten Mal mit der Quellen-TKÜ beschäftigt. Zu diesem Thema befinden sich allein sieben Verfassungsbeschwerden in der Pipeline, an denen die GFF beteiligt ist. Die jüngste davon betrifft das Sicherheits- und Ordnungsgesetz von Mecklenburg-Vorpommern [6].

Die Erwägungen der Verfassungsrichter zur Beschwerde gegen das PolG BW haben jedenfalls klargemacht, dass die IT-Sicherheit der Nutzer ein wichtiges Rechtsgut darstellt, das der Staat schützen muss. Es darf also beispielsweise nicht sein, dass vielleicht aus Gründen technischer Opportunität genutzte Sicherheitslücken auch nach dem Einsatz weiter bestehen bleiben und der Betroffene nicht einmal darüber informiert wird. (psz@ct.de) ct

Literatur

- [1] Harald Büring, Sicherheitsgewinn oder Überwachungsalbraum?, Verfassungsschützer erhalten neue Befugnisse, c't 17/2021, S. 168
- [2] Verfassungsbeschwerde vom 14.7.2021, 108-seitiger Schriftsatz von Rechtsanwalt Nikolas Gazeas: heise.de/s/6GWI
- [3] BVerfG, Beschluss vom 8.6.2021, Az. 1 BvR 2771/18: heise.de/s/3jP8
- [4] Verfassungsbeschwerde vom 7.12.2018, 67-seitiger Schriftsatz von Rechtsanwalt Tobias Singelnstein: heise.de/s/BDA2
- [5] Anna Livia Mattes, Verfassungsbeschwerde von GFF und Partnern stärkt IT-Sicherheit in Deutschland: freiheitsrechte.org/polizeigesetz-bawu
- [6] Verfassungsbeschwerde vom 3.6.2021, 72-seitiger Schriftsatz von Rechtsanwältin Anna Luczak: heise.de/s/gPAn

Tipps & Tricks

Sie fragen – wir antworten!

Signal aus dem Jenseits

? Einer meiner Freunde ist vor einigen Monaten gestorben. Letzte Nacht hatte ich ein etwas gruseliges Erlebnis: Mein Smartphone teilte mir mit, dass der Verstorbene nun Signal benutze. Wie kann das sein?

! Das Problem ist nicht auf Signal beschränkt. Viele Messenger, zum Beispiel auch WhatsApp, nutzen die Telefonnummer als primäres Identifizierungs-

merkmal. Da Mobilfunknummern knapp sind, vergeben einige Provider sie unter Umständen bereits 30 Tage nach Rückgabe durch den Vorbesitzer neu, andere halten eine Frist von drei bis sechs Monaten ein. In vielen Fällen wird die Rufnummer bereits vor Ablauf eines Jahres neu vergeben sein.

Offenbar ist die Rufnummer des Verstorbenen noch in Ihrem Telefonbuch enthalten, wurde aber in der Zwischenzeit an jemand anders vergeben. Der Messenger kann aber nicht erkennen, dass der aktuelle Inhaber der Rufnummer und der Eintrag in Ihrer Kontaktliste nichts miteinander zu tun haben. Wenn Sie solche Meldungen grundsätzlich vermeiden wollen, sollten Sie den Eintrag des Verstorbenen entfernen, mindestens aber die Mobilfunknummer löschen, wenn Sie den Eintrag als Erinnerung behalten wollen, etwa weil ein Bild beim Kontakt gespeichert ist.

Die bisweilen lästigen Signal-Meldungen über neue Nutzer aus dem eigenen Adressbuch lassen sich ebenfalls deaktivieren. Dazu müssen Sie unter Einstellungen, Benachrichtigungen ganz herunterscrollen und finden am Ende der Liste einen Schalter „Benachrichtigen, wenn ein Kontakt Signal beitritt“, der sich mit einem Tipp deaktivieren lässt.

(uma@ct.de)

Telefonieren ohne UMTS

? Seit der UMTS-Abschaltung können meine Frau und ich nicht mehr richtig mobil telefonieren. Obwohl wir gutes Netz zu Hause haben, ist die Qualität von Anrufen sehr schlecht. An den Smartphones kann es nicht liegen, die sind ganz neu. Hat unser Mobilfunkprovider womöglich noch mehr abgeschaltet als nur UMTS?

Die Benachrichtigung von Signal über neue Nutzer lässt sich sehr einfach deaktivieren.

! Die Netzarbeit sollte durch die UMTS-Abschaltung nicht schlechter geworden sein, denn alle deutschen Netzbetreiber haben ja stattdessen an fast allen betroffenen Standorten LTE aufgeschaltet. Wenn Sie mit der Tonqualität unzufrieden sind, laufen Ihre Anrufe vermutlich derzeit noch über das 2G-Netz. Prüfen Sie, ob in den Einstellungen Ihres Smartphones und in den Optionseinstellungen im Portal Ihres Mobilfunkproviders VoLTE (Voice over LTE) und, wenn vorhanden, WLAN-Call aktiviert sind und stellen Sie sicher, dass sich das Smartphone ins 4G-Netz einbuchen kann.

Mit VoLTE und optional WLAN-Call verbessert sich die Tonqualität von Anrufern spürbar, weil dort Codecs zum Einsatz kommen, die einen größeren Frequenzumfang und eine bessere Sprachqualität bieten als die im bisherigen 2G- und 3G-Netz verwendeten. Bei gutem Empfang und einer entsprechenden Gegenstelle ist die Tonqualität sogar besser als mit HD Voice im Festnetz.

(axv@ct.de)

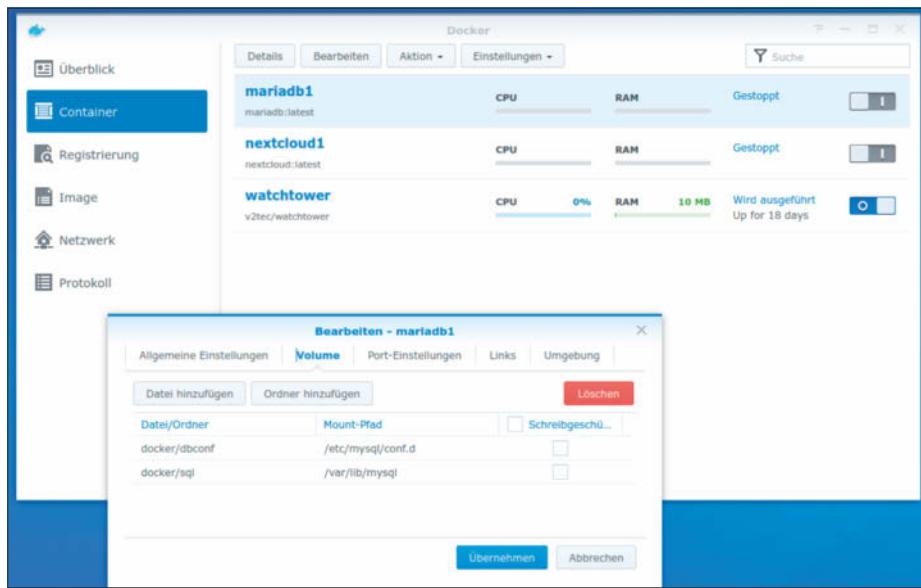
Chrome installieren ohne Edge und IE

? Wenn ich Windows installiert habe, lade ich zuerst einen anständigen Browser herunter, am liebsten Chrome. Dabei habe ich zwangsläufig Kontakt mit dem nervigen Begrüßungsdialog von Edge, den ich danach nicht mehr nutze. Noch schlimmer ist es unter Windows Server, wo ich zunächst den alten Internet Explorer zur Kooperation überreden muss. Kann ich mir das sparen?

! Chrome können Sie auch ganz ohne Maus und Browser auf der Kommandozeile herunterladen und installieren. Öffnen Sie die Eingabeaufforderung (oder

Benachrichtigungen	
LED-Farbe	<input checked="" type="checkbox"/>
Töne während Unterhaltung	<input checked="" type="checkbox"/>
Benachrichtigungen wiederholen	<input type="checkbox"/>
Nie	
Anzeigen Name und Nachricht	<input type="checkbox"/>
Priorität	<input type="checkbox"/>
Anrufe	
Benachrichtigungen	<input checked="" type="checkbox"/>
Klingelton OnePlus tune	<input type="checkbox"/>
Vibration	<input checked="" type="checkbox"/>
Benachrichtigen, wenn ...	
ein Kontakt Signal beitritt	<input checked="" type="checkbox"/>

Die Benachrichtigung von Signal über neue Nutzer lässt sich sehr einfach deaktivieren.



Nach dem automatischen Update stolpert der Nextcloud-Container im NAS wegen einer Datenbankänderung. Das lässt sich mit einem kleinen Eingriff beheben.

PowerShell) und laden Sie zunächst den Chrome-Installer:

```
curl -L http://dl.google.com/chrome/...>
chrome_installer.exe -o chrome.exe
```

Jetzt müssen Sie den Installer nur noch starten und können lossurfeln: chrome.exe
(jam@ct.de)

Nextcloud im Docker-NAS reparieren

Basierend auf Ihrem Artikel „NAS mit Wolke“ (c't 10/2018, S. 142) habe ich auf einem Synology DS918+ Nextcloud als Docker-Container installiert. Bisher haben sämtliche automatischen Updates über Watchtower ohne Probleme funktioniert. Seit dem letzten MariaDB-Update kann ich mich aber nicht mehr einloggen.

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.

zeichnis namens dbconf an. Erstellen Sie auf dem PC eine Textdatei `mariadb.cnf` mit dem Inhalt

```
[mysqld]
innodb_read_only_compressed = "OFF"
```

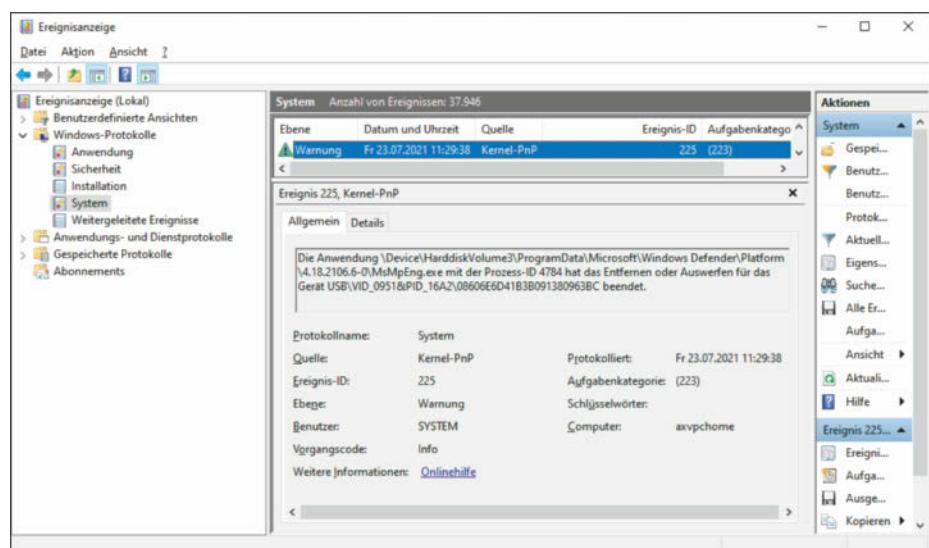
und kopieren Sie diese Datei in das neue Verzeichnis. Zuletzt legen Sie in der MariaDB-Container-Konfiguration unter Volume ein neues Ordner-Mapping auf `docker/dbconf` an, das zu `/etc/mysql/conf.d` führt (siehe Screenshot), und starten den MariaDB-Container und den Nextcloud-Container.
(ea@ct.de)

Windows: „Fehler beim Abdocken“ von USB-Stick

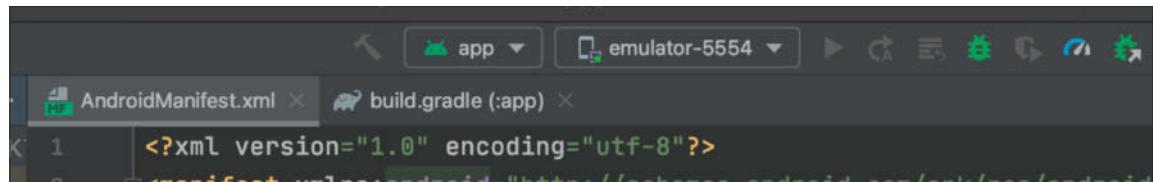
Bevor ich einen USB-Stick von meinem Windows-PC abziehe, versuche ich, ihn über das kleine Symbol im Infobereich der Taskleiste auszuwerfen. Dabei meldet Windows jedoch gelegentlich „Das Gerät wird gerade verwendet“. Was Windows nicht verrät: von wem? Lässt sich das irgendwie herausfinden?

Ja, über die Ereignisanzeige, die Sie im Windows-X-Menü finden. Suchen Sie dort unter Windows-Protokolle/System nach Ereignissen mit der „Ereignis-ID“ 225. Pro Auswurf-Fehler gibt es davon üblicherweise zwei, und eine davon verrät den Namen des Prozesses, der noch auf den USB-Datenträger zugreift.

(Gerd Diederichs / axv@ct.de)



In der Ereignisanzeige steht, welcher Prozess das Auswerfen eines USB-Datenträgers blockiert.



Mit dem android-emulator-m1 kann Android Studio auch unter einem M1-Mac Smartphones emulieren.

Android-Emulator auf M1-Mac

❓ Wenn ich mit Android Studio auf meinem M1-Mac arbeite, erhalte ich die Warnung „Unable to install Intel® HAXM. Your CPU does not support VT-x“. Kann ich mit diesem Prozessor tatsächlich keinen Android-Emulator betreiben?

❗ Doch, und zwar mit dem android-emulator-m1, den Sie von GitHub via ct.de/yj6z herunterladen können. Wenn Sie ihn per .dmg-Datei installieren und anschließend ausführen, erkennt Android Studio den Emulator als Virtual Device und zeigt die kompilierte App darauf an. Der Emulator hat zurzeit noch ein paar Bugs und löst zum Beispiel manchmal unaufgefordert Klicks aus. Wesentliche Funktionen wie Texteingabe und Bestätigung von Knöpfen funktionieren aber. (kim@ct.de)

Android-Emulator für M1-Macs:
ct.de/yj6z

Nachrichten von MS Team auf macOS

❓ Ich nutze Microsoft Teams auf meinem Mac. Während alle anderen Programme brav die integrierten macOS-Benachrichtigungen nutzen, die ich auch zentral mit dem Nicht-stören-Modus abstellen kann, kocht Teams sein eigenes Süppchen und zeigt eigene Benachrichtigungen an. Kann ich das abstellen?

❗ Sie sind nicht der erste, der sich daran stört, und Microsoft hat auf die Kritik gehört. In der jüngsten Teams-Version können Sie in den Einstellungen, die sich hinter den drei Punkten oben rechts verbergen, unter Benachrichtigungen auf die nativen macOS-Benachrichtigungen umstellen. Anschließend werden Sie via Benachrichtigungseinblendung aufgefordert, zu den Systemeinstellungen zu wechseln, wo Sie die Benachrichtigungen noch zulassen müssen. Die Einstellung gilt nur

für Hinweise auf Chats und ähnliche Aktivitäten. Telefonate erscheinen weiter im Teams-Layout. (jam@ct.de)

E-Mails mit verdächtigen Headern

❓ In einer verdächtigen E-Mail sind mir Header mit seltsamen Werten aufgefallen. Sie enthalten kryptische Zeichenketten, die zum Beispiel mit =?utf-8?B? beginnen und mit ?= enden. Dazwischen befindet sich eine Menge Kauderwelsch. Ist das gefährlich?

❗ Vermutlich nicht. Bei den Zeichenketten handelt es sich um die „encoded word“-Syntax, die in RFC2047 spezifiziert ist. Die Syntax dient dazu, verschiedene Zeichensätze zu nutzen (etwa UTF-8 beziehungsweise Unicode), obwohl E-Mail-Header an sich nur druckbare ASCII-Zeichen enthalten dürfen. Zwischen den ersten beiden Fragezeichen steht der kodierte Zeichensatz und zwischen dem zweiten und dritten Fragezeichen die Art der Kodierung: „B“ für Base64-kodierte Daten und „Q“ für eine besser lesbare Kodierung, die dem Quoted-Printable-Standard ähnelt. Danach folgen die kodierten Zeichen.

Wozu so ein Encoded Word genutzt wird, hängt vom konkreten Fall und Header ab. Wichtig sind sie zum Beispiel, um Mails mit einem fremdsprachigen Betreff zu verfassen, besonders in Sprachen, die keine lateinischen Buchstaben verwenden. Der Text „你好 Test“ wird Beispielsweise als =?UTF-8?Q?=E4=BD=A0=E5=A5=BD?= Test oder =?UTF-8?B?5L2g5aW9IFR1c3Q=?= kodiert. Auch Emojis können als Encoded Words im Betreff von E-Mails verwendet werden.

Die Zeichenketten sind also harmlos. Ein kleines Risiko bleibt allerdings – wie so oft – bestehen: ASCII-Zeichen zu parsen ist relativ einfach, beim ungleich komplexeren Unicode kann deutlich mehr schiefgehen. Ein fehlerhafter Parser ließe sich aber vermutlich auch an vielen anderen Stellen ausnutzen, etwa im eigentlichen Mail-Inhalt. Der Schritt zurück zu

reinen ASCII-Texten wäre allerdings ein sehr hoher Preis, und abstellen können Sie das Verhalten in den meisten Clients ohnehin nicht. (syt@ct.de)

Kein Mikrofonsignal vom Headset

❓ Ich habe das Selbstbau-Headset aus c't 11/2021 nachgebaut. Wenn ich es an meinen Rechner anschließe, kommt zwar Ton aus den Kopfhörern, aber es kommt kein Mikrofonsignal an. Mache ich was falsch?

❗ Wahrscheinlich ist Ihr Rechner schuld: Das Headset wird mit einem vierpoligen Klinkenstecker (im Englischen als „TRRS“ bezeichnet) angeschlossen. Mit diesen vierpoligen Steckern kommen Smartphones, Tablets und einige Notebooks (zum Beispiel MacBooks) zurecht, andere Notebooks sowie Desktop-PCs haben aber für Kopfhörer und Mikrofon separate zwei- oder dreipolige Klinkenbuchsen. Behelfen können Sie sich mit einem Adapter, der aus einem vierpoligen TRRS-Stecker zwei zwei- beziehungsweise dreipolige TRS-Stecker macht. Eine etwas teurere Lösung ist ein USB-Audio-interface mit TRRS-Eingang (siehe beispielsweise c't 13/2020, S. 80). (jkj@ct.de)

YouTube-Vorschaubild

❓ Ich benötige ein YouTube-Vorschaubild meines eigenen Videos, aber leider gibt mir YouTube nicht die Datei zurück, die ich damals hochgeladen habe, sondern irgendetwas Kaputt-kaliertes in geringer Auflösung. Gibt es eine Chance, wieder an mein Bild zu kommen?

❗ Die Website www.thumbnail-download.com hilft: Einfach eine beliebige YouTube-URL angeben, schon bekommt man das Thumbnail in hoher Auflösung. Das Ganze funktioniert übrigens nicht nur mit eigenen Videos. (jkj@ct.de)

DIGITAL EVENT **#ISD21**

**16./17.
September
2021**

**JETZT
ANMELDEN!**



**KEYNOTES &
PANELDISKUSSIONEN
AUSGEWÄHLTER
SECURITY-EXPERTEN
ERWARTEN SIE**

Platin Partner

DomiNIC

HUAWEI

Partner

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR
CYBERSICHERHEIT

heise Events
isd.eco.de

eco
VERBAND DER
INTERNETWIRTSCHAFT

FAQ

Online-Kartenzahlungen

Zahlen Sie online mit einer Kredit- oder Debitkarte, sollen Ihnen verschiedene, teils neue Mechanismen und Regeln Schutz vor Betrugsschäden bieten. Manche davon laufen im Hintergrund ab, bei anderen müssen Sie selbst aktiv werden.

Von Markus Montz

Unerklärliche Buchungen

❓ In meiner Kredit- respektive Debitkartenabrechnung finden sich Buchungen bei Onlineshops, die ich nicht veranlasst habe. Ich habe die fragliche Kredit- oder Debitkarte nicht einmal beim fraglichen Shop hinterlegt. Wie kann das passieren und was kann ich machen?

❗ Prüfen Sie zunächst, ob jemand aus Ihrem persönlichen Umfeld die Karte genutzt hat. Oft passiert so etwas ohne bösen Willen; in der Betrugsprävention spricht man in Anlehnung an „friendly fire“ auch von „friendly fraud“, also „Betrag aus den eigenen Reihen“.

Bestätigt sich diese Variante nicht, könnte jemand Ihre Kartendaten direkt ausgespäht oder gestohlen haben, vielleicht sind Sie aber auch Opfer eines so genannten „PAN Guessing“ geworden, sprich: Cyberkriminelle haben Ihre Kreditkartennummer (Personal Account Number, PAN) und das Ablaufdatum erraten. Bei dieser Art von Angriff bestellen die Täter mithilfe von Onlineshop-Konten in automatisierten Verfahren Waren und

Dienstleistungen. Bei der Bezahlung probieren sie Kreditkartendaten nach dem Zufallsprinzip durch.

Dabei hilft den Betrügern, dass die PAN einem standardisierten Schema folgt [1] und dass manche Onlineshops auf zusätzliche Sicherheitshürden wie die Abfrage der drei- oder vierstelligen Kartenprüfnummer (je nach Kartenfirma CVC, CVV oder CID genannt, siehe auch nächste Frage) verzichten. Bei Tausenden Versuchen landen die Täter schon rein statistisch einige Treffer. Manche davon bekommen sie anschließend auch an den Betrugsprüfungssystemen vorbei, mit denen die Kartenfirmen und Ihr Kreditinstitut verdächtige Zahlungen blockieren. In Ihrem Fall hat es dabei die PAN Ihrer Kredit- oder Debitkarte erwischt.

Mitunter schlagen diese Systeme nachträglich noch an. Das merken Sie daran, dass der fragliche Umsatz wie von Geisterhand wieder verschwindet. Sollte das jedoch nicht passieren, sollten Sie den Umsatz bei dem Kreditinstitut reklamieren, das Ihnen die Kreditkarte ausgestellt hat (der kartenausgebenden Bank, auch Issuer genannt). Im Normalfall erhalten

Sie dann Ihr Geld zurück. Erfragen Sie bei Ihrem Kreditinstitut auch, ob eine Sperre Ihrer Karte angeraten ist.

Experten erwarten, dass PAN Guessing und auch „friendly fraud“ mit der vollständigen Umsetzung der Zweiten Europäischen Zahlungsdiensterichtlinie (PSD2) seit März 2021 seltener werden. Durch die Einführung der Starken Kundenauthentifizierung bei Kreditkartenzahlungen – de facto eine besondere Form der Zwei-Faktor-Authentifizierung [2] – müssen befugte und unbefugte Kartennutzer bei Onlinebestellungen eine zusätzliche Hürde in Form von „3-D Secure“ nehmen (siehe unten). Das gilt insbesondere bei kostspieligeren Bestellungen.

Kartenprüfnummer

❓ Ich will im Onlineshop mit Kreditkarte bezahlen, der Händler fragt aber die drei- respektive vierstellige Kartenprüfnummer (CVC, CVV, CID) nicht ab. Ist das seriös? Und wer haftet bei Schäden?

❗ Grundsätzlich sind Händler nicht verpflichtet, die Kartenprüfnummer abzufragen. Teilweise lassen das selbst große Onlineshops sein. Allerdings machen die Kartenfirmen und die von ihnen lizenzierten Händlerbanken (Acquirer) an dieser Stelle sehr strikte und zunächst einmal verbraucherfreundliche Vorgaben: Verzichtet ein Händler auf die Abfrage, muss er etwaige finanzielle Schäden durch Missbrauch selbst tragen. Das ähnelt den Vorgaben bei der physischen Karte: Dort zahlen Händler den Schaden selbst, wenn Ihre Kartenlesegeräte Zahlungen über den Magnetstreifen der Karte abwickeln, anstatt den viel sichereren Chip zu nutzen.

Weniger schön ist allerdings, dass sich Geschädigte sogar dann, wenn sie gar keine Kunden beim fraglichen Onlineshop oder Händler sind, selbst um die Umsatzreklamation bei ihrer kartenausgebenden Bank kümmern müssen. Hinzu kommt in man-

Starke Kundenauthentifizierung (SCA)

Die SCA ist eine besondere Form der Zwei-Faktor-Authentifizierung. Die beiden Faktoren müssen aus zwei unterschiedlichen von drei definierten Bereichen kommen. Die SCA ist grundsätzlich für Zahlarten verpflichtend, bei denen der Verbraucher auf seinem Zahlungskonto eine Zahlung auslöst.

1. Besitz
(Kontokarte, Smartphone, Token)



2. Wissen
(Passwort, PIN)



3. Inhärenz
(Irißscan, Fingerabdruck, Stimme, Bewegungsmuster)



chen Fällen noch Ärger, wenn die Bank die Karte sicherheitshalber gesperrt hat.

Ausnahmen vom zweiten Faktor

? Nach meinen Informationen ist die „Starke Kundenaufentifizierung“ mittlerweile Pflicht und ich muss Zahlungen per Kredit- oder Debitkarte im Internet durch einen zweiten Faktor absichern. Allerdings muss ich das dafür vorgesehene „3-D Secure“-Verfahren nicht bei jedem Einkauf durchlaufen. Ist das denn in Ordnung?

! Mit hoher Wahrscheinlichkeit läuft alles korrekt ab. Die Zweite Europäische Zahlungsdiensterichtlinie (PSD2) erlaubt nämlich einige Ausnahmen von der Starken Kundenaufentifizierung (Strong Customer Authentication, SCA). Die Kreditkartenfirmen setzen die Richtlinie dafür mit dem sogenannten 3-D Secure als gemeinsamem Standard um. Bei Mastercard wird das Verfahren auch als „Mastercard Identity Check“ oder „Securecode“ bezeichnet, bei Visa „Verified by Visa“ oder „Visa Secure“, bei American Express „SafeKey“. Bei der Zahlung müssen Sie dafür beispielsweise eine TAN eingeben, die Sie per SMS, Smartphone-App oder über einen TAN-Generator erhalten, oder eine Push-Nachricht auf Ihr Smartphone bestätigen.

Ob eine der Ausnahmen zur Anwendung kommt, die die PSD2 erlaubt, entscheidet allerdings nicht die Kreditkartenfirma, sondern die Bank oder Sparkasse, von der Sie die Karte erhalten haben (Ausnahme: American Express). In Ihrem Fall sind vor allem zwei Fälle denkbar, die die PSD2 vorgesehen hat.

So müssen Sie sogenannte „Kleinbetragszahlungen“ häufig nicht mit einem zweiten Faktor absichern. Online sind dies Beträge bis zu 30 Euro. Erst wenn die Summe aller Kleinbetragszahlungen 100 Euro erreicht hat oder Sie die sechste solche Zahlung vornehmen, wird wieder eine SCA fällig. Welche der beiden Möglichkeiten zur Anwendung kommt, entscheidet die kartenausgebende Bank. Bei Zahlungen an der Ladenkasse sind es analog 50 und 150 Euro.

Bei Onlinezahlungen ist außerdem eine Ausnahme möglich, wenn der Geldfluss mit einem geringen Risiko verbunden ist. Dafür kennt die PSD2 die sogenannte Transaktionsrisikoanalyse. Damit sie



Meistens sind „3-D Secure“-Abfragen in die Website des Shops eingebunden; bei Ausnahmen sollten Sie genau hinschauen. In diesem Fall muss eine Push-Anfrage auf dem Smartphone bestätigt werden, um die Zahlung freizugeben.

greift, müssen die durchschnittlichen Betrugsraten des kartenausgebenden Instituts des Kunden (Issuer) und der Bank des Händlers (Acquirer) bestimmte Schwellwerte unterschreiten. Dann sind Ausnahmen von der SCA bis maximal 500 Euro möglich. Voraussetzung dafür ist aber, dass es bei der obligatorischen Echtzeit-Betrugsprüfung durch die an der Zahlung beteiligten Parteien keine Auffälligkeiten gegeben hat.

Weitere Ausnahmen sind bei wiederkehrenden Zahlungen (Abos) möglich; außerdem können Sie Händler je nach Bank auf eine Positivliste setzen und von der SCA ausnehmen. Befindet sich der Händler außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR), zu dem die EU sowie Island, Liechtenstein und Norwegen zählen, ist keine SCA vorgeschrieben. Auch Bestellungen per Telefon oder E-Mail fallen nicht unter diese Vorgaben. Umgekehrt gilt: Hat ein Händler innerhalb des EWR kein „3-D Secure“ eingerichtet, wird die kartenausgebende Bank die Zahlung nicht freigeben.

Sicherheitsverfahren

? Meine kartenausgebende Bank bietet verschiedene Verfahren für die Starke Kundenaufentifizierung („3-D Secure“) an. Ist es möglich, mehrere davon parallel zu nutzen, welche Verfahren empfehlen Sie und was muss ich beachten?

! Grundsätzlich entscheidet die kartenausgebende Bank, welche Verfahren sie ihren Kunden für die Starke Kundenaufentifizierung (SCA) anbietet. Bei den meisten Banken müssen Sie das dahinterstehende „3-D Secure“-Verfahren vorher freischalten und erfahren so auch, welche Optionen Ihr Kreditinstitut anbietet. Derzeit sind uns dafür drei Wege bekannt.

Ähnlich wie beim Onlinebanking bietet die SMS aus unserer Sicht den relativ

gesehen schlechtesten Schutz. Sie wird unverschlüsselt gesendet und kann durch einen Trojaner leicht abgefangen werden. Außerdem kommen Betrüger bei Mobilfunkdienstleistern relativ einfach an Zweit-SIM-Karten („SIM Swapping“).

Für den Alltag sicher genug ist eine App auf dem Smartphone, vorausgesetzt, Sie sichern diese mit einem guten Passwort. Schützen Sie außerdem das Gerät mit einer Displaysperre, die Sie nur durch eine PIN, ein Passwort oder aber Fingerabdruck oder Gesichtserkennung aufheben können. Wir raten davon ab, das Gerät zu rooten oder zu jailbreaken, weil ein Trojaner sich dann einfacher Administratorrechte verschaffen kann.

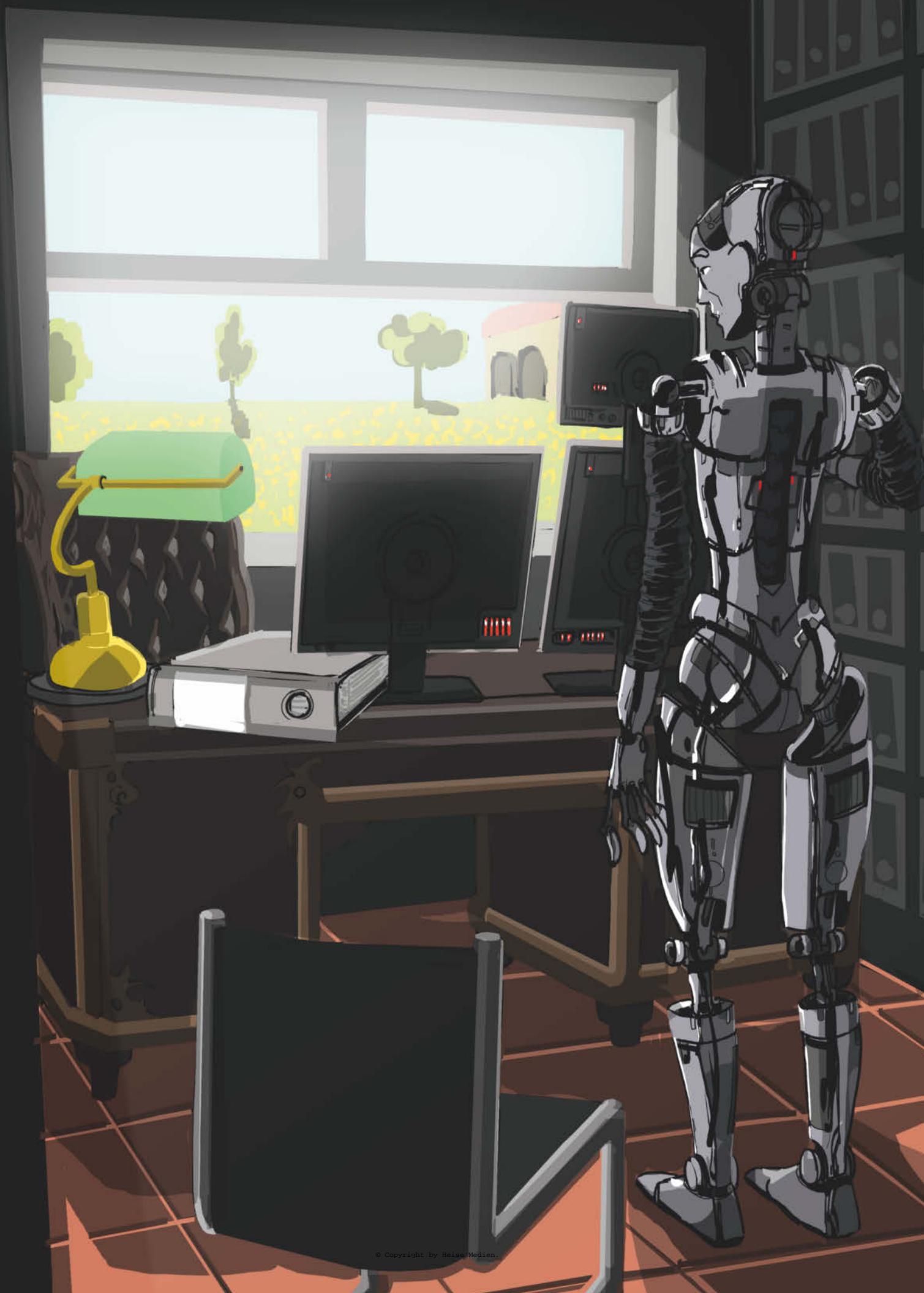
Prinzipbedingt am sichersten ist ein dediziertes, also nur für diesen Zweck geeignetes Extragerät, das sich nicht aus dem Internet manipulieren lässt. Beispiele sind TAN-Generatoren oder die „Best Sign“-Sticks der Postbank. Leider bieten viele Kreditinstitute diese Möglichkeit nicht an, selbst wenn sie für das Onlinebanking verfügbar ist.

Die PSD2 regelt nicht, welche Verfahren eine Bank oder Sparkasse anbieten und wie viele Kanäle sie parallel erlauben muss. Sind Sie mit der Auswahl nicht einverstanden, bleibt nur ein Wechsel zu einem anderen Kreditinstitut oder die Wahl einer anderen Bezahlart. Egal, welchen Weg Sie nutzen: Kontrollieren Sie bei der Freigabe der Zahlung, ob Ihnen Empfänger und Zahlungsbetrag korrekt angezeigt werden. Ist das nicht der Fall, brechen Sie die Zahlung ab. Geben Sie sie dennoch frei, könnte sich Ihr Kreditinstitut bei einer Umsatzreklamation querstellen und Sie bleiben auf dem Schaden sitzen.

(mon@ct.de)

Literatur

- [1] Markus Montz, Gute Karten, Wie elektronische Zahlungen funktionieren, c't 14/2021, S. 118
- [2] Markus Montz, Faktor zwei, Was Kunden beim Onlineshopping ab Januar 2021 erwarten, c't 19/2020, S. 144



BOTSCHAFTEN AUS DEM NETZ

von ARNO ENDLER

Ein mächtiger rotbrauner Echtholzschreibtisch von zwei Meter Breite dominierte das kaum breitere Zimmer in jeglicher Hinsicht. Nur eine schmale Lücke zwischen der rechten Kante des Möbelstücks und einer Regalwand mit Büchern vom Boden bis zur Decke blieb als Passagemöglichkeit.

Vor dem Schreibtisch erwartete ein unbequemer Rohrsthuhl mögliche, aber eher unwahrscheinliche Besucher. Hinter der Schreibtischplatte, auf der gleich drei Monitore aufgestellt waren, gab es einen bequemen Bürosessel mit hoher Lehne und dunkelbrauner Polsterung. Dahinter schien die Sonne durch ein beinahe wandbreites Fenster. Es bot einen wunderbaren Blick über den sogenannten grünen Campus. Das war eine parkähnliche Anlage mit saftigen, von gelben Blümchen durchsetzten Wiesenflächen, auf denen vereinzelt alte Bäume mit breiter Krone standen. Dazwischen wanden sich hell gekieste Wege, an denen einige halbrunde Sitzbänke zum Sinnieren und Diskutieren einluden.

Das Zimmer atmete eine Melange aus Büchern, brüchigem Papier sowie den Ausdünstungen antiquierter Regeln und Rituale. Wer es zum ersten Mal betrat, glaubte sich in eine andere Zeit versetzt. Ein unfreundlicher Geselle hatte einst behauptet, dass es in ein Freilichtmuseum gehöre. Dabei sollte der Raum beeindrucken. Dafür war er einst konzipiert und im Laufe vieler Jahre von unterschiedlichen Menschen optimiert worden, die dieses Büro nutzten.

Allerdings zerstob all das beim Anblick des Mannes, der seinen Platz hinter dem Schreibtisch hatte – genauer gesagt auf dem bequemen Bürostuhl, der dort stand.

Dieser Mann war wohl der Letzte seiner Art, oder vielleicht einer der Letzten. Die Jahre hatten weite Flächen seiner Haare gerodet. Der Kopf, auf dem das stattgefunden hatte, war überraschend klein – was so gar nicht zur Klugheit und Belesenheit des Gehirns darin passen wollte.

Schmale Schultern, ein annähernd kugelförmiger Bauch und krumme, viel zu dürre Beine komplettierten den Ein-Meter-sechzig-Mann, der, wenn man ihm auf den Gängen der Universität begegnete, wegen seiner gekrümmten Körperhaltung noch winziger wirkte.

Professor Wutgard geriet jedoch selten in die Verlegenheit, einem Studenten, geschweige denn einem Mitglied des Dozentenkollegiums auf dem Campus zu begegnen. Die Fakultät starb aus, genauso wie das Interesse der Studierenden an dem Studiengang, den Wutgard betreute. Seinem Tagebuch vertraute er an, dass er die mangelnde Zahl an

Immer mehr überraschende Wirkzusammenhänge menschlichen Denkens und Schaffens finden das Interesse akribischer Forscher. In naher Zukunft werden systematisch arbeitende Wissenschaftler möglicherweise herausfinden, dass scheinbar triviale Internetphänomene mit umfassenden Veränderungen im Gefüge der Dinge korrespondieren.

Immatrikulierten mit dem Tröpfeln eines versiegenden Tiefbrunnens verglich. Bald schon, sehr bald, würde der allerletzte Tropfen herausquellen, am Hahn hängen und sich dabei überlegen, ob er noch fallen oder einfach nur vertrocknen sollte.

Der Professor der Sprachwissenschaft liebte solche Vergleiche, allerdings teilten nur wenige diese Leidenschaft. Er ignorierte das, genoss die Einsamkeit an der Universität. Denn kaum jemand betrat den Campus persönlich. Studenten schickten Avatare in VR-Vorlesungen und die Lehrenden – als Professoren

wollte Wutgard sie nicht mehr bezeichnen – nutzten gleichfalls virtuelle Abbilder oder sogar künstliche Körper, androidisch geformt, die eher Robotern aus historischen Filmen ähnelten.

Silberfarbene Maschinen mit eleganten schmalen Silhouetten warteten meist im Standby-Modus in den Büros. Das wiederum waren schmucklose Kammern, die nicht viel mehr als einen Stuhl und eine Ladesäule enthielten. Dozenten loggten sich in ihre Accounts ein und lenkten dann ihre Androiden per Fernzugriff bequem von zu Hause aus, wo immer dieses auch lag.

**DIESER MANN WAR WOHL DER LETZTE SEINER ART,
ODER VIELLEICHT EINER DER LETZTEN.**

Wutgard tat es ihnen nicht gleich. Er wohnte am Rande des Campus in einer der wenigen verbliebenen flachen Villen, umgeben von einem grünen Park und der Stille der Einsamkeit. Alltäglich verließ er seine Wohnräume, spazierte entlang der gekiesten Wege und beobachtete Vögel, die gelegentlich auf dem Korpus eines der zahlreichen Mähdrohboter mitfuhren und ihre Lieder trällerten.

Dabei ignorierte der Professor vollkommen die umherstreifenden Androiden. Einen Zusammenstoß brauchte er nicht zu befürchten, da die automatische Kollisionskontrolle die Maschinen stets ausweichen ließ.

Außer den Lehrenden und den Belehrten tummelte sich naheliegenderweise weiteres Personal auf dem Campus, allerdings auch zumeist in nichtpersoneller Form: Techniker, Sicherheitsdienst und Verwaltungsmitarbeiter. Der Park gehörte jedoch den Gärtnern. Sie kümmerten sich um die Blumenbeete, den Baumbestand, allgemein um das selfigerechte Aussehen des Unigeländes.

Tatsächlich teilten sich menschliche und robotische Gärtner die Arbeit. Immer noch wühlten Menschen gern mit den Fingern im Dreck, genossen live den Duft der Pflanzen und der Erde. Doch selbst hier nahm die Zahl der ferngesteuerten Maschinen zu.

Die Flurfluchten im Innern des Uni-Komplexes hatte Wutgard normalerweise für sich allein. Die Fakultät lag in einem alten Gebäudeteil, der viktorianische Architektur imitierte. Die Korridore, zum Teil originalholzvertäfelt, atmeten Wissen. Die Schritte des Professors hallten dort umher, eine Antwort erhielten sie so gut wie nie.



Wie gesagt, Wutgard war einer der Letzten seiner Art.

Und nun saß er an seinem Schreibtisch. Seine Augen flitzten über die Flächen der drei Monitore, die sämtlich in Betrieb waren.

Sein neuestes Forschungsthema bestand in der Analyse des Sprachmissbrauchs und der Vanitas der Grammatik und Orthografie im digitalen Raum.

Hierbei konzentrierte er sich auf die Untersuchung von Spam-Nachrichten.

Die Entwicklung der vergangenen Tage überraschte ihn. Anzahl und Diversität der Mails, die er auf seinen vierhundert eingerichteten Mailaccounts erhielt, hatten ein ungeahntes Ausmaß angenommen.

„Portal sexy Körper – Man bekommt einen Stander auf Kommando“

Dieser Spam-Nachricht fehlten weiterhin die Umlaute, sie schien aber bei 80 Prozent seiner Mailadressen präsenter geworden zu sein.

Vermeintliche Gutscheine von insgesamt vier Fastfoodketten, die unbedingt ein „*Klicken SIE hier*“ verlangten, erreichten bislang nur 25 Prozent der Adressen, dafür zumeist gleich in multiplen Versionen, manche davon gemischtsprachig – aber das war vermutlich nicht beabsichtigt, sondern ging auf Fehler der Übersetzungsbots zurück.

Gewinnspiele hatten die Kreditangebote überflügelt, Bitcoinwerbung die Mitteilungen von Banken, dass ein Erbe für einen kenianischen, hongkongchinesischen oder südamerikanischen Millionär gesucht würde. Eine regelrechte Wellenbewegung war in der Flut der rund zwanzigtausend täglichen Spam-Mails zu entdecken.

Wutgard ließ die Algorithmen nach bekannten Fehlern suchen und neuere Auswüchse des Missbrauchs der deutschen Sprache in seine Aufmerksamkeitsliste schieben. Doch diese blieb heute leer. Die Orthografie entwickelte sich merklich. Grün eingefärbte Anzeigen häuften sich daher. Bots lernten – oder die Spammer gaben sich mehr Mühe, dafür verschlechterte sich die Grammatik dramatisch. Immer wieder blinkten frisch eingetroffene Mails auf. Ein irres Farbenspiel, das dem Zeitgeist entsprach und niemanden, der bei Verstand war, noch verwunderte.

Es klopfte an der Tür.

„Ja, bitte“, rief Wutgard und blickte auf, was vergeblich war, da ihm die Monitore jeglichen Blick auf die Tür versperrten.

Er sah lediglich, wie Licht vom Flur her einfiel und die Tür zugedrückt wurde. Ein silbernes, stilisiertes Gesicht tauchte oberhalb des mittleren Bildschirms auf. Einer der mechanischen Stellvertreter, gesteuert von irgendwo auf der Welt.

„Professor?“, erklang die künstliche Stimme. Der Mund bewegte sich nicht – warum auch?

„Ja, bitte?“, wiederholte sich Wutgard und begaffte den Roboterkopf.

„In wenigen Minuten wird die Anlage runtergefahren und ein Release mit drei Dutzend Updates aufgespielt.“

Ah, dachte Wutgard. Kein Kollege, der ihn verspotten

„PROFESSOR?“, ERKLANG DIE KÜNSTLICHE STIMME. DER MUND BEWEGTE SICH NICHT – WARUM AUCH?

oder sein Missfallen über den Sonderweg des persönlichen Auftrittens äußern wollte. Ein Techniker des Hauses stand vor ihm.

„Gut. Aus welchem Grund haben Sie es mir nicht per Mail mitgeteilt?“, erkundigte sich der Professor mit angemessen indigniertem Tonfall.

„Ging nich“, behauptete die Robostimme und beging damit mehr als einen sprachlichen Fauxpas.

Wutgard seufzte. „Warum war es nicht möglich, mich zu kontaktieren?“

„Ihr Postfach ist geblockt.“

„Wie bitte?“

„Ein ganzer Haufen Mails steckt im Spam-Ordner. So kann nichts mehr durchkommen. Wir lagern die Dateien aus und dann sind auch Sie wieder am Netz.“

Es schüttelte Wutgard. Die unpersönliche Anwesenheit des IT-Mannes, so unbedacht von diesem, so unangenehm für den Professor selbst, verursachte beinahe Magenkrämpfe. „Es ist Teil meiner derzeitigen Forschung, mein Lieber“, belehrte er sein Gegenüber. „Es wurde genehmigt und durch die Fakultätsleitung bestätigt. Ich muss diese Spams erhalten können.“

„Das mag auf die frisch zugeteilten Adressen zutreffen, Herr Professor“, wies ihn der Android zurecht. „Allerdings waren Sie auch nicht sonderlich vorsichtig mit Ihrem persönlichen Account. Und jetzt ist die Kapazität erschöpft und wir müssen handeln.“

Es ließ sich nicht abstreiten, dass Wutgard die technischen Schwierigkeiten bei seinen Forschungen unterschätzt hatte. Multiple Mails mit der Anweisung, das Netz nicht zu überlasten, bevölkerten den Löschordner des Professors.

Wahrer Wissenschaft durfte jedoch nichts im Wege stehen.

„Ah, die Zehn-Sekunden-Warnung“, verkündete die Robostimme des Technikers. „Sieben, sechs, fünf, vier, drei, zwei, eins ...“

Der künstliche Körper richtete sich auf und versteifte sich in einer Habachthaltung. Gleichzeitig erloschen alle Monitore in Wutgards Zimmer.

Erst jetzt, als die Stille so erdrückend auf ihm lastete, bemerkte er, wie laut die technischen Geräte um ihn herum getönt hatten.

Der Professor lehnte sich in seinen Sitz zurück und wartete. Nichts geschah. Die Zeit quoll unendlich langsam voran. Wie bei einer Sanduhr, die mit Gallerte gefüllt war. Er versetzte den Sessel in Drehung und stoppte die Bewegung in dem Moment, in dem sein Blick auf die Szenerie außerhalb des Fensters fiel.

Draußen flammte die Sonne regelrecht auf, als eine Wolkenformation sie freigab. Im Licht sah Wutgard die schlechte Arbeit der Putzkolonne an den Scheiben.

Schlieren und Abdrücke, wie eine Landkarte, gebildet aus Fett und Dreck. Ozeane, Kontinente, Buchten und Fjorde.

Wutgard sprang aus dem Sitz, eilte an der Seite des Schreibtischs vorbei, streifte den inaktiven androidischen Korpus, verließ sein Büro und marschierte mit weit ausgreifenden Schritten den Gang entlang bis zur Treppe, die er hinabstieg. Zielgerichtet strebte er auf den doppelflügeligen Ausgang zu, ergriff die massive Messingklinke und drückte die Tür nach außen auf.

Luft. Frische, kalte, klare Luft umfloss ihn.

Der Professor stürmte in den Sonnenschein eines unbedeutenden Tages hinaus, die vier Treppenstufen hinab auf den Weg und in die Parkanlage.

Überall verstreut verharnten inaktive künstliche Körper, teils in Gruppen, teils einzeln stehend. Doch an einen Baum gelehnt saß eine junge Frau, blondgelockt in einem bunten Sammelsurium aus zumeist gestrickter Kleidung, die viel zu warm für den Tag wirkte. Sie las in einem Buch, einem echten Buch mit Seiten zum Umblättern, an dem man riechen, dessen Umschlag man befingern, abtasten, streicheln konnte.

Wutgard blieb erstaunt stehen. Ein Mensch. In Fleisch und Blut. Auf dem Campus. Er starre sie an wie Adam, als ihm Eva zum ersten Mal begegnete.

Ihre Augen flitzten über die Zeilen, Seite um Seite fraß sie in sich hinein, dann endete die gleichmäßige Bewegung ihrer Augäpfel abrupt.

Wutgard wurde bewusst, wie lange er dort starrend gestanden hatte. Seine Musterung hatte ihr Unterbewusstsein, ihre Anima geweckt. Sie blickte auf, sah sich um – und schließlich ruhten ihre Augen auf dem Professor. In einer eleganten Bewegung klappte sie das Buch zu. Dann stand sie auf und verstaute es in einem gestrickten Beutel, den sie sich anschließend über die Schulter warf.

Ohne dass man ihre Schritte erkennen konnte, glitt, ja floss sie auf ihn zu – ihre Röcke schleiften über den Boden.

„Professor Wutgard, wie schön“, ergoss sich eine Stimme wie sopranischer Honig aus ihrer Kehle. Sie schenkte ihm ein Lächeln, wohlverpackt und wohldosiert.

„Verzeihung, aber mein Namensgedächtnis ...“, versuchte er es mit einer lahmen Ausrede.

„Sofia. Ich habe Ihre Vorlesungen im ersten und zweiten Semester besucht. Was tun Sie hier?“ Sie blickte sich um. „Ich meine, hier draußen. Die Systeme wurden abgeschaltet, nicht wahr? Endlich Ruhe.“

„Ja.“ Wutgard spürte eine Seelenverwandschaft, die ihm beinahe unangenehm war.

„Wann werden die Systeme wieder hochgefahrt?“, fragte sie.

„Ich weiß es nicht, Sofia. Man hat mir das mit der Abschaltung sehr kurzfristig mitgeteilt. Ich war mitten in meiner Forschung.“

„Oh. Woran forschen Sie derzeit?“

Wutgard nahm ehrliches Interesse wahr. Die entwaffnende Neugierde der jungen Frau löste ihm die Zunge.

„Spam-Mails sind die Geißel des 21. Jahrhunderts, liebe Sofia. Es ist nahezu unmöglich, ihnen zu entgehen“, begann er seinen Vortrag. „Gleichzeitig sind sie Spiegelbild der sprachlichen Entwicklung einer digitalen Gesellschaft und Indikator für multiple Veränderungen. Das kann wirtschaftliche, kulturtechnische und sozialethische Bereiche betreffen, aber auch interdisziplinär angesiedelte Fragen. Man kann an Anzahl und Aufkommen von Themenkomplexen vorhersagen, was gerade geschieht, was die Menschen beschäftigt und aktuell auf der Agenda steht.“

ÜBERALL VERSTREUT VERHARRTEN INAKTIVE KÜNSTLICHE KÖRPER, TEILS IN GRUPPEN, TEILS EINZELN STEHEND

Wutgard dozierte weiter, mehrere Minuten lang. Nicht eine Sekunde davon schweifte ihr Blick ab oder schien ihre Aufmerksamkeit zu erlahmen.

„Ich habe eine Art Honigtopf entworfen mit etwas mehr als 400 Mailadressen, die ich auf verschiedenen Plattformen verbreite. Dort täusche ich irgendwelche Transaktionen vor und erzeuge damit Aufmerksamkeit. Erwartungsgemäß wurden meine Adressen abgegriffen und weiterverkauft. Bald waren sie weltweit in die einschlägigen Datenbanken eingesickert. So entsteht eine Masse an Mails, die an diese Adressen abgesandt werden und die ich analysieren kann.“

Als er endete, nickte sie ihm zu. „Das ist interessant. Könnte ich es mal sehen?“

Die Zeit stockte in absoluter Stille. Eine Blase aus Erstaunen umhüllte die beiden, als sie gemeinsam in das Zimmer des Professors schlenderten. Ihr Duft nach Gänseblümchen und frisch gemähtem Gras überflutete seine Nase und ihre munter plaudernde Stimme, deren Worte sich auf dem Weg zu den kognitiven Zentren seines Gehirns in Nebel auflösten, verjüngten Wutgard zusehends.

Sie umrundeten den Schreibtisch. Als die Monitore wieder aufleuchteten und wie von Geisterhand Inhalte in Tabelengerippe flossen, Übersichten sich aktualisierten, Hinweise-Fenster sich öffneten und wieder schlossen, füllten sich auch die Posteingangsspalten und luden dazu ein, das frisch

Über den Autor

Arno Endler gab sein Debüt bei den c't-Stories mit „Gefangen“ in Ausgabe 8/2008. Seit 2006 hat der enorm produktive Teilzeitschriftsteller aus dem Rhein-Hunsrück-Kreis weit über hundert Kurzgeschichten und Romane veröffentlicht, die sich in etlichen Genres bewegen. Dabei bildet die Science-Fiction so etwas wie ein Zentralgestirn, um das die immer wieder überraschenden Erzählwelten des 1965 geborenen Malt-Whisky-Liebhabers in unterschiedlicher Entfernung kreisen.



Hereingekommene zu untersuchen. Der Professor war so glücklich wie nie zuvor, seit er existierte.

Auch der künstliche Körper des Technikers erwachte zum Leben. Er zuckte und ruckte. Mit einem Räuspern kündigte der Android an, dass er etwas sagen wollte.

Wutgard fühlte sich gestört. „Ja!“

„Ich habe hier eine Fehlermeldung. Soweit ich informiert bin, wurden von Ihnen insgesamt rund vierhundert Mailadressen angelegt“, fragte der Techniker.

„Ja. Das ist korrekt“, antwortete der Professor kurz angebunden.

„Dann hat es einen Fehler gegeben.“

„Wie meinen?“ Wutgard riss sich zusammen, bemüht, seinen herrischen Tonfall abzumildern. Er war sich der Anwesenheit Sofias nur allzu bewusst.

„Offenbar hat sich kurz vor dem Shutdown die Anzahl der Adressen vervielfacht, jede Menge Inhalte wurden übertragen. Is nicht gut. Oh, nicht gut!“ Der Körper des mechanischen Avatars verfiel in seltsam anmutende Zuckungen.

„Was hat er?“, fragte Sofia leise, die bis zum Fenster zurückgewichen war.

Wutgard stand auf und stellte sich neben sie.

Der Techniker hob den rechten Arm mehrfach an und ließ ihn fallen, als wäre er eine Gliederpuppe. Seine Stimme klang verzerrt. „Da kommt ein Tsunami an Spams auf uns zu. Die Schleusen sind offen, durch den Shutdown hat sich eine Menge auf den Zugangsservern angesammelt. Oh, Scheiße!“

„Was fluchen Sie denn so, junger Mann?“, tadelte Wutgard, fühlte sich jedoch zusehends von dem seltsamen Verhalten irritiert und erschreckt. Er spürte Sofias Finger, die nach seiner Hand griffen.

„Was hat er nur?“, hauchte sie.

„Ich weiß es nicht.“

Der Techniker stand plötzlich stocksteif dar. „Das sind Millionen, nein, mehr noch an Spams, Professor. Es verstopft bereits den Zugang zu den Servern. Die Kapa --- zi --- tä --- ten sind erschööööööö --- Das wird ...“

„Was geschieht?“, fragte Wutgard in die auftretende Stille hinein.

„Notfallprooooooo --- tokoll. Shutdown. Kann --- tage-lang.“

Der Android verstummte abrupt. Monitore erloschen, Frieden machte sich breit.

„Was ist denn nun geschehen?“, wunderte sich Wutgard.

Sofia lachte auf, klatschte in die Hände und freute sich so unschuldig und rein, wie nur junge Menschen es tun konnten.

„Der Shutdown, Professor, der Shutdown. Sie haben die komplette EDV-Anlage der Uni zur Hölle geschickt. Ein Armageddon für die Technik-Affinen und ein Sieg des Analogen.“ Sie griff nach seiner Hand. „Kommen Sie.“ Wehrlos ließ er sich mitzerren, bis hinaus in die strahlende Sonne eines absolut perfekten Tages.

Sofia förderte zwei Lippenstifte aus ihrer Tasche hervor und reichte ihm einen davon. Sie deutete auf die umherstehenden robotischen Körper, von denen etliche in grotesker Haltung eingefroren waren. Zwei lagen am Boden, wahrscheinlich aus dem Gleichgewicht geraten, als die Systeme abstürzten.

„Hier. Nehmen Sie einen, Professor“, bat Sofia. „Was waren die schönsten Botschaften, die mit den Spams übertragen wurden?“

Wutgard dachte nicht lange nach, flüsterte leise. „Sie wollen einen geilen Body? Klicken Sie hier!“

„Geiler Körper“ Sofia lachte. „Geil.“ Sie näherte sich dem ersten stillgelegten Androiden und schrieb mit lila farbenem Lippenstift *geiler Körper* auf die Stirn. Sie betrachtete kritisch ihr Kunstwerk, dann wandte sie sich an Wutgard. „Jetzt Sie.“

Er wählte einen anderen Androiden aus und notierte auf dessen Stirn die entscheidende Frage des Lebens.

DU suchst eine FRAU? Willige Weiber, nur einen Klick entfernt.

Sofia brüllte auf. „Oh, Sie sind der Hammer, Professor!“ Sie packte seine Hand und riss ihn mit sich. Es gab so viel zu tun.

Sie verschönerten jeden einzelnen der künstlichen Körper mit den Botschaften aus dem Netz.

Erbschaft gefunden. Du musst nur antworten und 27,3 Millionen gehören dir.

DU hast gewonnen.

Verdiene ein Vermögen.

Besiege das Übergewicht.

HIER ist der Schlüssel zum ewigen Glück.

Sofia lachte so hell, so unbeschwert, jung und unsterblich, dass Wutgard spürte, wie das Leben in seinen eigenen Organismus zurückkehrte.

Ihm war nicht klar, was ihn tatsächlich mehr wärmte: die Sonne, die Leere und Stille des Campus oder die Zweisamkeit. Vielleicht auch nur die Anwesenheit einer echten Versuchung, der er ebenso wenig nachgeben würde wie dem Drang, auf den Link in einer Spam-Nachricht zu klicken.

Professor Wutgard genoss den Moment.

(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).

Halten Sie Ihre Prozesse im Takt



Exklusiver
Frühbucher-
Rabatt!

 heise Academy

DevOps, Continuous Delivery und Container-Orchestrierung sind der Schlüssel für eine effizientere Softwareentwicklung. Werden Sie mit unseren Workshops zum Meister Ihrer Softwareentwicklung.

Unser Angebot

DevSecOps – Sec gehört dazu

31. August – 1. September

WORKSHOP

Powerkurs vSphere- Administration

6. – 10. September

WORKSHOP

Container managen mit Kubernetes & Rancher

9. – 10. September

WORKSHOP

Container- Orchestrierung mit Kubernetes

20. – 23. September

WORKSHOP

Elastic Stack Fundamentals

5. – 7. Oktober

WORKSHOP

Continuous Integration mit Jenkins

12. – 13. Oktober

WORKSHOP

Mehr Informationen:

heise-academy.de/devops

© Copyright by Heise Medien.

betterCode()

JAVA 17

Die Heise-Konferenz zur
neuen LTS-Version

Online am 14. September 2021

Jetzt
**Frühbucher-
Rabatt
sichern!**

Die betterCode() Java 17 gibt
Ihnen Antworten auf wichtige Fragen:

- ✓ Was sind die zentralen Neuerungen seit Java 11?
- ✓ Was ändert sich mit Java 17?
- ✓ Wie können Sie von Records, Pattern Matching und Switch Expressions profitieren?
- ✓ Was sind die relevanten API-Änderungen?
- ✓ Was macht ein LTS-Release genau aus?
- ✓ Warum jetzt wechseln?
- ✓ Was gilt es bei der Migration zu beachten?

heise Developer



dpunkt.verlag

java.bettercode.eu

© Copyright by Heise Medien.

WILLKOMMEN IN DEN GUTEN ALten ZEITEN

retroGAMER THE SECRET OF MONKEY ISLAND

Universität, Let's Play und viele weitere Themen aus der Welt der klassischen Spiele

30 % Rabatt!

Testen Sie Retro Gamer mit 30 % Rabatt!

2 Ausgaben als Heft oder digital
+ Geschenk nach Wahl

Jetzt bestellen:
www.emedia.de/rg-mini

eMedia Leserservice,
Postfach 24 69, 49014 Osnabrück



(0541) 800 09 126

@ leserservice@emedia.de

Fernstudium IT-Security



Aus- und Weiterbildung zur Fachkraft für IT-Sicherheit.
Vorbereitung auf das SSCP- und CISSP-Zertifikat.
Ein Beruf mit Zukunft. Kostengünstiges und praxisge-
rechtes 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 Großenkneten - Abt. C14
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

www.fernenschule-weber.de



ct magazin für computer technik

Ich
träume
in
C#

NACH UNS DIE SYN-FLOOD

c't MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE INFORMATIONSTECHNIK

ORACLE Feuerwehr www.oraservices.de

Shopware 6 Offshore 35€/Std Tel. 0175/5229999

**EDELSTAHL LED SCHILDER:** www.3D-buchstabe.com
HAUSNUMMERN nobel 230V~: www.3D-hausnummer.de

softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen, Website Boosting, Online-Pressemitteilungen, Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach anrufen, Faxen oder eine E-Mail schicken. Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024, Telefax: 0511/3884512, E-Mail: service@softaktiv.de, Internet: www.softaktiv.de

nginx-Webhosting: timmehosting.deLust auf Java? WWW.TQG.DE/KARRIERE**DATENRETTUNG** v. HDD, RAID, SSD – **Erfolg >99%**
www.datarecovery.eu – 24h-Tel.: 0800-073 88 36**www.patchkabel.de** - LWL und Netzwerk Kabel**WLL-Breitband Netz Rhein-Main – techni.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

**xxs-kurze Daten- & Netzkabel:** kurze-kabel.de**Anzeigenschluss****für die nächsten****erreichbaren Ausgaben:****20/2021: 24.08.2021****21/2021: 07.09.2021****22/2021: 21.09.2021****c't – Kleinanzeigen****Private Kleinanzeige:**

erste Druckzeile € 10,-; jede weitere Zeile € 8,-

Gewerbliche Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 20,-; jede weitere Zeile € 16,-

Chiffre-Anzeige: € 5,- Gebühr

Hinweis: Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.

PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.
Sparkasse Hannover,
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz privat gewerblich* (werden in c't mit gekennzeichnet) Chiffre

€ 10,- (20,-)

€ 18,- (36,-)

€ 26,- (52,-)

€ 34,- (68,-)

€ 42,- (84,-)

€ 50,- (100,-)

€ 58,- (116,-)

€ 66,- (132,-)

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. *Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an:

Heise Medien GmbH & Co. KG
c't-Magazin, Anzeigenabteilung
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

**↳ Weiterlesen, wo andere aufhören.****Faxnummer: 05 11 / 53 52-200**

Entfessele Jungheinrich in Dir!



Als Teil unseres
Entwickler-Teams.

Wir ruhen uns nicht auf Erfolgen aus. Mit unserer Ideenkultur, einem einzigartigen Teamspirit, der Mitarbeitern Verantwortung für gesamte Projekte erlaubt, sinnstiftender Arbeit und dem nötigen Handlungs- und Gestaltungs-

freiraum gehen wir immer einen Schritt weiter.
Und dafür brauchen wir dich.

Wir suchen Entwickler (m/w/d).

Jetzt bewerben!

jungheinrich.com/entwickler

© Copyright by Heise Medien.

JUNGHEINRICH



News-Redakteur (m/w/d) Internet / Anwendungen in Teilzeit, befristet als Elternzeitvertretung

Für heise online, dem Leitmedium für deutschsprachige Hightech-Nachrichten, suchen wir einen kommunikativen und organisierten News-Redakteur (m/w/d) als Elternzeitvertretung und in Teilzeit für 32 Std. pro Woche in Hannover.

Deine Aufgaben

- Mit Deinen Nachrichten aus den Bereichen Internet und Anwendungen bringst Du unsere Leser täglich auf den neuesten Stand.
- Du bist die Schnittstelle zum Ressort Internet / Anwendungen unseres Computermagazins c't und schreibst nicht nur über aktuelle Entwicklungen, sondern gehörst zu den Ersten, die neu-este Webdienste und Anwendungen zu Gesicht bekommen.
- Du bist textsicher und hast Berufserfahrung bei der News-Berichterstattung über Web-Anwendungen-/Standards (HTML & Co.), Browser, Social Media oder gängige Anwendungssoftware (Text-, Bildverarbei-tung etc.).
- Gute Englischkenntnisse bringst Du außerdem mit.

Deine Talente

- Durch Dein ausgeprägtes Interesse an IT und Technik, speziell al-les rund um Internet-Themen und Anwendungssoftware, verfügst Du über einen guten Überblick in diesen Bereichen und hast Ver-ständnis für technische Zusammenhänge.

Wir bieten dir

- Die Mitarbeit beim renommierten IT-Medium heise online in einem qualifizierten und engagierten Team.
- Regelmäßige Weiterbildungsmöglichkeiten.
- Viele Benefits, wie eine tarifliche Bezahlung, flexible Arbeitszeiten, eine Kantine, ein Mitarbeiter-Fitnessprogramm und vieles mehr.

Dein Ansprechpartner

Dr. Volker Zota, Chefredakteur
heise online
Tel.: 0511 5352-608

Bitte bewirb dich online: karriere.heise-gruppe.de

Bei uns ist jede Person, unabhängig des Geschlechts, der Nationalität oder der ethnischen Herkunft, der Religion oder der Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters sowie der sexuellen Identität willkommen.

Wir freuen uns auf Deine Bewerbung!



DEIN NEUER JOB BEI MIFCOM

Wir suchen Sales Manager Workstations/Server & Produktmanager Workstations/Server (m/w/d)

Arbeite bei einem der am schnellsten wachsenden Systemintegratoren in der DACH-Region und gestalte mit uns ein innovatives Enterprise-Produktsegment.

Dich erwartet:

- Ein dynamisches Team am Standort München
- Ein Marktumfeld mit einem enormen Potenzial
- Die Möglichkeit, Deine Visionen umzusetzen
- Freie Entfaltung in einem verantwortungsvollen Umfeld
- Unbefristeter Vertrag mit attraktiver Vergütung zzgl. Leistungsbonus

Bewirb Dich jetzt: bewerbung@mifcom.de





Redakteur (m/w/d) heise online mit dem Schwerpunkt Fintech



Redakteur (m/w/d) heise online mit dem Schwerpunkt Fintech, zunächst befristet für 2 Jahre

Du kennst den Unterschied zwischen Bitcoin und Ethereum, die Vor- und Nachteile wichtiger Apps zum Aktien-Trading und weißt, welche Themen die internationale Finanzbranche bewegen? Dann suchen wir Dich für heise online, dem Leitmedium für deutschsprachige Hightech-Nachrichten!

Deine Aufgaben

- Du recherchierst und schreibst Analysen, Ratgeber sowie Tests zu aktuellen Entwicklungen rund um Finanztechnologie – von Online-Banking über Mobile Payment bis hin zu Kryptowährungen und Trading.
- Zusammen mit dem Redaktionsteam tauschst Du Dich zu den Themen aus und arbeitest auch mit externen Fintech-Experten zusammen.
- Dazu gehört auch das Redigieren von Manuskripten.

Deine Talente

- Du verfügst über einschlägige Berufserfahrung im Bereich Fintech und Banking.
- Ein technischer Studienabschluss ist wünschenswert, aber kein Muss.
- Du kannst IT-Finanzthemen verständlich erklären und journalistisch auf den Punkt bringen.
- Verständnis für technische Zusammenhänge sowie ein ausgeprägtes Interesse an Fintech zeichnen Dich aus.
- Kommunikationsstärke, eine organisierte Arbeitsweise sowie Neugier und Spaß daran, sich stetig in neue Themen einzuarbeiten, bringst Du außerdem mit.
- Englisch beherrschst Du sicher in Wort und Schrift.

Deine Benefits

- Flache Hierarchien und eine familiäre Arbeitsatmosphäre zeichnen das Arbeiten bei uns aus.
- Du erhältst einen kostenlosen Zugang zu unseren Heise-Produkten inklusive der heise Academy.
- Einen Platz in unserem engagierten und qualifizierten Team – die Entwicklung jedes Einzelnen ist uns dabei sehr wichtig.
- Flexible Arbeitszeiten, die Möglichkeit, mobil zu arbeiten, tolle Mitarbeiter-Events, eine Kantine, ein Mitarbeiter-Fitnessprogramm und vieles mehr.

Bitte bewirb Dich online:
www.heise-gruppe.de/karriere

Bei uns ist jede Person, unabhängig des Geschlechts, der Nationalität oder der ethnischen Herkunft, der Religion oder der Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters sowie der sexuellen Identität willkommen.

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

Dein Ansprechpartner

Dr. Volker Zota, Chefredakteur heise online
Tel.: 0511 5352 608



An der Hochschule München sind ab dem Sommersemester 2022 oder später folgende Stellen zu besetzen:

Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik

W2-Professur für Industrie 4.0/IoT/Cyberphysische Systeme (m/w/d)

Kennziffer: BV 0688

Erfahren Sie mehr in der detaillierten Stellenausschreibung unter:
<https://stellen.hm.edu/nggad>

Bewerben Sie sich über unser Online-Portal bis zum 30.09.2021.



Fakultät für Informatik und Mathematik

W2-Professur für Hardwarenahe Softwareentwicklung (m/w/d)

Kennziffer: BV 0778

Erfahren Sie mehr in der detaillierten Stellenausschreibung unter:
<https://stellen.hm.edu/yuph4>

Bewerben Sie sich über unser Online-Portal bis zum 13.09.2021.



Kommen Sie bei Fragen zum Bewerbungsprozess auf uns zu: **089 1265-4845**

Wir freuen uns darauf, Sie kennenzulernen!

Die Hochschule München fördert die berufliche Gleichstellung von Frauen und strebt insbesondere im wissenschaftlichen Bereich eine Erhöhung des Frauenanteils an. Frauen werden daher ausdrücklich zur Bewerbung aufgefordert.



Inserenten*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur	196	Stellenanzeigen
1blu AG, Berlin	2	Heise Gruppe GmbH & Co. KG, Hannover
Concept International GmbH, München	31	Hochschule für angewandte Wissenschaften München, München
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen	45	Jungheinrich AG, Hamburg
EXTRA Computer GmbH, Giengen-Sachsenhausen	7	MIFcom GmbH, München
Fernschule Weber, Großenkneten	187	
KabelScheune.de, Burgbernheim	21	
Kentix GmbH, Idar-Oberstein	37	
KYOCERA Document Solutions Deutschland GmbH, Meerbusch / Osterath	35	heise academy
Listan GmbH, Glinde	89	heise Events
MHK International Co. Ltd., Frankfurt	95	secIT Specials
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen	47	enterJS
Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn	39	Webinar-Serie
Thomas Krenn.com, Freyung	9	Herbstcampus
WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe	41	Internet Security Days
Wiesemann & Theis GmbH, Wuppertal	43	DevOps
Zotac Technology Ltd., ROC-Fo Tan, Shatin, N.T. Hong Kong	87	betterCode Java 17

heise academy	53
heise Events	61
heise Events	73
iX, heise developer, dpunkt.verlag	111
heise academy	147
iX, heise developer, dpunkt.verlag	161
eco Verband, heise Events	177
heise Academy	185
heise developer, dpunkt.verlag	186

Veranstaltungen

Agile Software- entwicklung im Unternehmen	heise academy	53
heise Security Tour	heise Events	61
secIT Specials	heise Events	73
enterJS	iX, heise developer, dpunkt.verlag	111
Webinar-Serie	heise academy	147
Herbstcampus	iX, heise developer, dpunkt.verlag	161
Internet Security Days	eco Verband, heise Events	177
DevOps	heise Academy	185
betterCode Java 17	heise developer, dpunkt.verlag	186

* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.
Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

Klein – aber oho!

Mit MicroPython spielend leicht
Mikrocontroller programmieren

Heft + PDF
mit 29%
Rabatt



Make Micropython Special

Auch als einzelnes Heft erhältlich.

shop.heise.de/make-micropython

Heft + PDF
für nur

19,90 € >

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

NEU
und exklusiv
im heise Shop



heise Shop

shop.heise.de/make-micropython >



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: „Was Sie über VPN wissen müssen“:
Peter Siering (ps@ct.de), „E-Bikes fahren, verstehen, verbessern“: Stefan Porteck (spo@ct.de)

Chefredakteur: Dr. Jürgen Rink (jr@ct.de) (verantwortlich für den Textteil)

Stellv. Chefredakteur: Axel Kossel (ad@ct.de)

Chef vom Dienst: Georg Schnurer (gs@ct.de)

Leser & Qualität

Leitung: Achim Barczok (acb@ct.de)

Textredaktion & Qualitätssicherung: Oliver Lau (ola@ct.de)

Koordination Leserkommunikation: Martin Triadan (mat@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 (ab@ct.de), Arne Grävemeyer (agr@ct.de), Markus Montz (mon@ct.de), Peter Schmitz (psz@ct.de), Kim Sartorius (kim@ct.de), Dr. Hans-Peter Schüler (hps@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 (nidi@ct.de), Mirko Dölle (mid@ct.de), Wilhelm Drehling (wid@ct.de), Liane M. Dubowy (lmd@ct.de), Ronald Eikenberg (rei@ct.de), Alexander Königstein (ako@ct.de), Pina Merkert (pmk@ct.de), Dennis Schirrmacher (des@ct.de), Hajo Schulz (hos@ct.de), Jan Schüßler (jss@ct.de), Ingo T. Storm (it@ct.de), Keywan Tonekaboni (ktm@ct.de), Axel Vahldiek (avx@ct.de)

Ressort Hardware

Leitende Redakteure: Christof Windeck (cw@ct.de), Ulrike Kuhlmann (uk@ct.de), Dušan Živadinović (dz@ct.de)

Redaktion: Ernst Ahlers (ea@ct.de), Tim Gerber (tig@ct.de), Christian Hirsch (chh@ct.de), Benjamin Kraft (bkr@ct.de), Lutz Labs (ll@ct.de), Andrijan Möcker (amo@ct.de), Florian Müggis (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 online: Ulrike Kuhlmann (Ltg_uk@ct.de)

Koordination News-Teil: Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Christian Wölbert (cwo@ct.de)

Koordination Heftproduktion: Martin Triadan (mat@ct.de)

Redaktionsassistent: Susanne Cölle (suc@ct.de), Christopher Tränkmann (cht@ct.de)

Software-Entwicklung: Kai Wasserbäch (kaw@ct.de)

Technische Assistenz: Ralf Schneider (Ltg_rs@ct.de), Hans-Jürgen Berndt (hjb@ct.de), Denis Fröhlich (dfr@ct.de), Christoph Hoppe (cho@ct.de), Stefan Labusga (sla@ct.de), Arne Mertins (ame@ct.de), Jens Nohl (jno@ct.de), Wolfram Tege (te@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: Leo Becker (lbe@ct.de), Detlef Borchers, Herbert Braun (heb@ct.de), Tobias Engler, Monika Ermert, Stefan Krempel, Ben Schwan (bsc@ct.de), Christiane Schulzki-Haddouti

DTP-Produktion: Nicole Judith Hoehne ([@ct.de](mailto:Ltg_)), Jürgen Gonnermann, Birgit Graff, Angela Hilberg, Martin Kreft, Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Dieter Wahner, Ulrike Weis

Art Direction: Nicole Judith Hoehne (Leitung & Weiterentwicklung)

Junior Art Director: Martina Bruns

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Videoproduktion: Johannes Börnsen

Digitale Produktion: Melanie Becker, Anna Hager, Kevin Harte, Martin Kreft, Pascal Wissner

Illustrationen

Jan Bintakies, Hannover, Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schülp, Thomas Kuhlenbeck, Münster, Andreas Martini, Wettin, Henning Rathjen, Oberursel

Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, **Schlagseite:** Ritsch & Renn, Wien, **c't-Logo:** Gerold Kalter, Rheine

c't-Krypto-Kampagne: Infos zur Krypto-Kampagne unter <https://ct.de/pgp>. Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A

ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@heise.de>

D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A

Key-ID: 2BAE3C6F6DAFFB000

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: sq4lecqyx4izcpk.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, Dr. Alfons Schräder

Mitglieder der Geschäftsleitung: Beate Gerold, Jörg Mühle

Verlagsleiter: Dr. Alfons Schräder

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)
(verantwortlich für den Anzeigenteil),
www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 38 vom 1. Januar 2021.

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: POFICHBX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

Vertrieb Einzelverkauf:

VU Verlagsunion KG
Meßberg 1
20086 Hamburg
Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 145 1800
E-Mail: info@verlagsunion.de

c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 5,50 €; Österreich 6,10 €; Schweiz 8.10 CHF; Dänemark 60,00 DKK;
Belgien, Luxemburg, Niederlande 6,50 €; Italien, Spanien 6,90 €

Abonnement-Preise: Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 130,95 €, Österreich 140,40 €, Europa 149,85 €, restl. Ausland 176,85 € (Schweiz 186,30 CHF); ermäßiges Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 94,50 €, Österreich 95,85 €, Europa 113,40 €, restl. Ausland 140,40 € (Schweiz 140,40 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 18,90 € (Schweiz 22,95 CHF) Aufpreis. Ermäßiges Abonnement für Mitglieder von AUGE, BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 98,55 €, Österreich 98,55 €, Europa 117,45 €, restl. Ausland 144,45 € (Schweiz 132,30 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

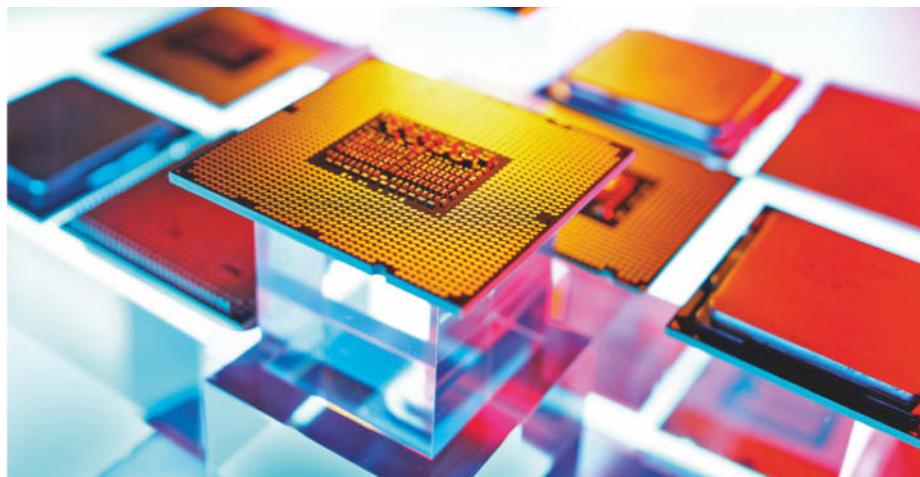
Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2021 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA ACTA 

Vorschau 19/2021

Ab 28. August im Handel und auf ct.de



CPU-Guide 2021

AMD und Intel bieten Hunderte Prozessortypen an. Wir entschlüsseln die kryptischen Bezeichnungen und liefern zahlreiche Benchmarks und Messwerte, anhand derer Sie die optimale Notebook- und Desktop-CPU für Ihre Zwecke finden.



Bundestagswahl: Digitalpläne der Parteien

Nach der Bundestagswahl soll Deutschland digital werden. Im Wahlkampf versprechen die Parteien zum Beispiel moderne Lernplattformen für Schulen und bequeme Onlinedienste für Bürger. Doch viele Aussagen sind schwammig oder gehen an den Forderungen von Experten vorbei. Ein Realitätscheck.

Free-to-Play juristisch betrachtet

In Free-to-Play-Spielen locken kostenpflichtige Items, mit denen der Spieler schneller vorankommt und erfolgreicher kämpft. Minderjährige, aber auch Erwachsene verzicken damit schnell ein paar Tausend Euro. Wir analysieren die Tricks der Branche und zeigen Wege aus der Kostenfalle.

Bausteine für den eigenen Server

Motive für den Betrieb eines eigenen Servers gibt es viele, etwa Neugierde oder der Wunsch nach Datenautonomie. Einen Server einzurichten ist aber nicht ganz trivial. Die nächste c't-Ausgabe liefert Tipps und Anregungen für die passenden Bausteine in Soft- und Hardware.

Streamingdienste für Hörspiele

Junge Detektive, sprechende Elefanten, vorlalte Nachwuchshexen – Hörspiele unterhalten, verzaubern und fesseln seit Generationen. Die Audio-kassette hat aber ausgedient: Heute streamt man über Apps und kinderfreundliche Lautsprecherboxen mit WLAN. Wir sichten das Angebot.

Noch mehr
Heise-Know-how



Mac & i 4/2021 jetzt
im Handel und auf
heise-shop.de



Make 4/21 jetzt im Handel
und auf heise-shop.de



c't Fritzbox 2021 jetzt
im Handel und auf
heise-shop.de



shop.heise.de/ct-fritzbox21

Router sicher im Griff!

Heft + PDF
mit 29 % Rabatt

The image shows a physical book and a smartphone side-by-side. Both devices display the cover of the 'c't FRITZBOX' special issue. The book cover features the 'c't' logo, the word 'FRITZBOX' in large red letters, and the tagline 'Absichern • Erweitern • Tunen'. Below this, there's a section titled 'Komfortabel telefonieren' with a sub-section about connecting used business phones to a Fritzbox. The smartphone screen shows a similar layout with sections for 'Komfortabel telefonieren', 'WLAN ausreihen', 'Optimal vernetzen', and 'Fritzbox niet- und nagelfest'. A small circular button on the phone cover says 'EBOOK ZUM SONDERHEFT'. The background of the entire advertisement is a green gradient with abstract shapes and icons related to technology and connectivity.

shop.heise.de/ct-fritzbox21

Wappnen Sie Ihre Fritzbox gegen Angriffe von Außen und machen Sie
Ihr Smart Home fit mit dem neuen **Sonderheft von c't**:

- Ihre Fritzbox absichern, erweitern, tunen
- Auch im Set mit Fachbuch erhältlich
- Über 170 Seiten konzentrierte c't-Expertise
- Für Abonnenten portofrei

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • im Set 29 % günstiger!

Galaxy Watch inklusive

Top-Smartphone und Uhr mit 1&1 All-Net-Flat



1 Flatrate – 2 SIM-Karten*

Zur 1&1 All-Net-Flat erhalten Sie gratis eine zweite SIM-Karte, um Handy und Watch unabhängig voneinander zu nutzen.

Samsung Galaxy S21 oder Z Flip3 ab 0,– €. Nur für kurze Zeit inklusive Watch.*

Wählen Sie Ihr 1&1 Premium-Paket: Das beliebte Galaxy S21 5G oder das neue, faltbare Z Flip3 5G – zusammen mit einer Galaxy Watch3 in unzähligen Varianten. Dazu telefonieren und surfen Sie endlos mit der millionenfach bewährten 1&1 All-Net-Flat.



*Samsung Galaxy S21 5G und Galaxy Watch3 für 0,- € einmalig, z.B. verbunden mit der 1&1 All-Net-Flat XS (2 GB Highspeed-Volumen/Monat, danach 64 kB/s) für 9,99 €/Monat die ersten 6 Monate, danach 39,99 €/Monat, oder Samsung Galaxy Z Flip3 5G und Galaxy Watch für 0,- einmalig, z.B. verbunden mit der 1&1 All-Net-Flat L (20 GB Highspeed-Volume/Monat, danach 64 kB/s) für 44,99 €/Monat die ersten 6 Monate, danach 69,99 €/Monat. Bereitstellung 39,90 €. 24 Monate Vertragslaufzeit. Inklusive zwei SIM-Karten (zweite SIM-Karte ohne Aufpreis als eSIM mit gleicher Rufnummer). Telefonie in dt. Fest- und Handynetze inklusive sowie Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus der EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. Gilt nicht für Sonder- und Premiumdienste. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Copyright by Heise Medien St. 1&1 Telecom GmbH, 56403 Montabaur.



1und1.de
02602 / 96 96