



**magazin für
computer
technik**

29.1.2022

4



**Digitaler Euro
statt Bitcoin & Co.**

Highspeed im ganzen Haus

**Gigabits über Strom, TV-Koax oder Telefonleitung
WLAN optimieren mit und ohne Neukauf**

**IM
TEST**

- Intels günstige Core-i-12000-CPU's
- 8K-Fernseher mit Mini-LEDs
- RAW-Entwickler: Fotos schöner mit KI
- Hybridnotebook mit 16"-Touchscreen
- Lautloser Büro-PC mit 8-Kern-CPU

Trends 2022: Mit IT aus der Krise?

Ransomware, Klima, Digitalisierung

Linux auf dem optimalen PC 2022

TikTok: Algorithmen & Geschäftsmodell

Fritzboxen jetzt mit WireGuard-VPN

c't deckt auf: Datenleck der Stadt Lübeck



Günstig, nachhaltig und mit Garantie

Gebrauchte Handys vom Händler

Test: iPhones & Androids von Swappie, Rebuy & Co.

Altgeräte einfach und schnell an Händler verkaufen

€ 5,90

AT € 6,50 | LUX, BEL € 6,90

NL € 7,20 | IT, ES € 7,40

CHF 9,90 | DKK 64,00





Einfach. Professionell. Verbunden.

Zuverlässige und flexible Telekommunikation für jedes Unternehmen.

easybell

SIP Trunks | Cloud Telefonanlage | VDSL für Geschäftskunden | Microsoft Teams-Anbindung
ohne Mindestvertragslaufzeit



Gebrauchtkauf: Endlich ein sinnvoller Handytrend

Sind Sie auch gelangweilt von neuen Smartphones? Brauchen Sie kein 5G, keine Dreifachkamera und erst recht kein faltbares 120-Hertz-Display? Und wollen Sie deshalb auch keine 1000 Euro oder noch mehr für ein Top-Smartphone hinblättern? Keine Sorge, Sie sind nicht allein. Immer mehr Menschen pfeifen aufs neueste iPhone, Galaxy oder Pixel und kaufen lieber ein wiederaufbereitetes Handy.

Denn Firmen wie Rebuy, Asgoodasnew oder Swappie haben das Geschäft mit Gebrauchthandys professionalisiert. Sie testen und putzen die angekauften Geräte gründlich und tauschen gesplitterte Displays sowie müde Akkus aus. Ein Jahr Gewährleistung gibt es immer. Das ist zwar kürzer als beim Neukauf, aber oft kommen noch drei Jahre Garantie obendrauf – also sogar mehr als bei Apple oder Samsung.

Das Geschäftsmodell, neudeutsch Refurbishing genannt, ist endlich mal ein sinnvoller Smartphone-Trend. Sinnvoll aus Sicht der Kunden, weil sie beim Gebrauchtkauf nicht mehr auf flunkernde Privatverkäufer reinfallen. Und sinnvoll aus Umweltsicht, weil die Wiederaufbereiter im großen Stil reparieren und somit den Geräten ein längeres Leben schenken, was ein wichtiger Hebel für Klimaschutz ist.

Wenig begeistert sind nur die Smartphone-Hersteller. Klar, die würden lieber mehr Neuware

absetzen. Deswegen ist es wichtig und richtig, dass die EU die Hersteller dazu verpflichtet will, Sicherheitsupdates und Ersatzteile zu liefern. Fünf Jahre wären dafür ein vernünftiger Zeitraum – so lange kann man hochwertige Smartphones heute mindestens verwenden.

Die Politik sollte aber auch dafür sorgen, dass die Hersteller für Ersatzteile keine Mondpreise verlangen können und Reparaturen nicht durch Softwaresperren erschweren. Eine gute Idee wäre darüber hinaus die Senkung der Mehrwertsteuer für Reparaturen oder für den Kauf von Gebrauchtg geräten.

Während unserer Tests waren wir jedenfalls überrascht, wie professionell die Second-Handy-Branche arbeitet und wie wenig es an zwei, drei Jahre alten High-End-Smartphones zu mäkeln gibt – mehr dazu lesen Sie ab Seite 52.



Christian Wölbert

Christian Wölbert

Titelthemen

Highspeed im ganzen Haus

- 14 Gigabit-Internet** Wie man das Hausnetz wappnet
- 18 WLAN optimieren** mit und ohne Neukauf
- 22 Netzverteilung** Alternativen zu Ethernet

Gebrauchte Smartphones vom Händler

- 52 Mit Mehrwert** Warum Second Hand boomt
- 56 Im Test** Gebrauchte Top-Smartphones
- 62 Handys verkaufen** So gehts sicher und einfach

Trends 2022: Mit IT aus der Krise?

- 82 Internet** Neu reguliert und umstrukturiert
- 86 IT-Security** Vorbereiten auf Ransomware
- 88 Digitalisierung** Aufbruch in Deutschland
- 90 Klima** Wie IT zum Schutz beitragen kann
- 92 Chips** Von der Knappheit zum Überschuss?

Aktuell

- 12 c't deckt auf: Datenleck der Stadt Lübeck**
- 28 ID-Wallet-Debakel** Interview mit Lilith Wittmann
- 30 Apple** Netzbetreiber gegen Private Relay
- 32 Forschung** AR-Bikerhelm, 5000 Qubits
- 34 Internet** Bußgelder für Google und Facebook
- 35 Fritzboxen jetzt mit WireGuard-VPN**
- 36 Audio/Video** HDMI 2.1a, Neuer Filmmaker Mode
- 38 Smart Home** Samsungs SmartThings-Hub
- 39 Sensoren** Druckausgleich für In-Ears
- 40 Bit-Rauschen** SGX-Abschaltung, Zen-2-Revival
- 42 Embedded Systems** PCIe 6.0, Core i-12000E
- 43 Hardware** Barebones, 4K-Blu-ray am PC ade!
- 44 Medizin-IT** Viele Ausfälle beim Datenabgleich
- 46 Linux** Kernel 5.16 optimiert Speicherverwaltung
- 47 Audio** Neues Plug-in-Format CLAP
- 48 Web-Tipps** Kartografie, Datenschutz, Kreativität

Test & Beratung

- 66 8K-Fernseher mit Mini-LEDs**
- 68 Hybridnotebook mit 16"-Touchscreen**
- 70 Chromebook-Tablet-Hybrid** von Lenovo
- 72 4K-Gaming-Grafikkarte** Asus GeForce RTX 3070
- 72 USB-Bluetooth-Dongle** für Gamecontroller
- 73 Android Auto & Apple CarPlay** Nachrüstkit
- 74 Beschriftungsgerät** mit USB und Bluetooth
- 76 Notizenmanager** Luki Labs Craft
- 78 In-Ear-Kopfhörer** Libratone Air+ 2
- 79 Sprachmikrofone** Beyerdynamik M 70/90 Pro X
- 80 Backup-Laufwerk** Waxar EasyImage
- 94 Intels günstige Core-i-12000-CPU**
- 96 Lautloser Büro-PC mit 8-Kern-CPU**
- 98 RAW-Entwickler: Fotos schöner mit KI**
- 168 Jump-&-Run-Spiel** Solar Ash
- 180 Bücher** Cybermobbing, Mit alter IT arbeiten

14 Highspeed im ganzen Haus



Internet mit 1000 Mbit/s im Wohnzimmer, aber im Raum daneben nur ein Bruchteil davon? Zeit zum Optimieren des WLANs! Den maximalen Durchsatz bekommen Sie sogar, ohne ein Ethernet-Kabel verlegen zu müssen.

Wissen

- 106 Zahlen, Daten, Fakten** Mobilfunk in Deutschland
- 108 Digitaler Euro statt Bitcoin & Co.**
- 114 Wearables überwachen Blutdruck**
- 118 TikTok: Algorithmen & Geschäftsmodell**
- 124 Early Access** Die besten Spiele
- 130 Entschlüsselt** Briefe von Kaiser Maximilian II.
- 170 Staatliche IT-Projekte** Hinderliches Vergaberecht

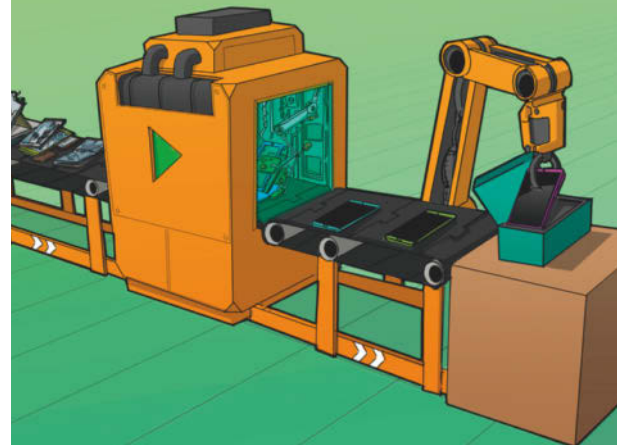
Praxis

- 138 Arbeitsblätter** erstellen und weitergeben
- 142 3D-Songs** mit Logic Pro X mischen
- 148 Windows 11** Kompatibilität ermitteln
- 150 CI/CD** mit eigenen GitHub-Actions
- 156 Gebrauchte Thermostate** an Fritzbox koppeln
- 158 Linux auf dem optimalen PC 2022**
- 162 Bash-Programmierung** Eingaben überprüfen

Immer in c't

- 3 Standpunkt** Sinnvoller Smartphone-Trend
- 6 Leserforum**
- 11 Schlagseite**
- 50 Vorsicht, Kunde** Verschleppte Reparatur
- 176 Tipps & Tricks**
- 179 FAQ** Linux auf dem Desktop
- 182 Story** Leb mal anders (LMA)
- 191 Stellenmarkt**
- 192 Inserentenverzeichnis**
- 193 Impressum**
- 194 Vorschau 5/2022**

52 Gebrauchte Smartphones vom Händler



Bei Wiederaufbereitern wie Swappie oder Rebuy findet man günstige gebrauchte Smartphones – mit Gewährleistung, Garantie und Umtauschrecht. Wir zeigen, was der Service taugt und welche Handys sich lohnen.

Frisch aus
c't Nerdistan

- 130 Entschlüsselt** Briefe von Kaiser Maximilian II.
- 148 Windows 11** Kompatibilität ermitteln ohne Installation

c't Hardcore

- 150 GitHub** CI/CD mit eigenen Actions
- 162 Bash-Programmierung** Benutzereingaben überprüfen

Zentralistische Strukturen sind das Problem

E-Health: Totgesagte leben länger, c't 3/2022, S. 3

Generell ist das Hauptproblem in meinen Augen, dass bei solchen Projekten immer noch zentralistisch gedacht wird. Die Datenstrukturen sollen in irgendeinem zentralen System gesammelt oder zumindest über eine zentrale Struktur abgesichert werden.

Dabei wäre es so viel besser, man würde das ganze föderativ aufsetzen. Das würde viel mehr den europäischen Strukturen und erst recht der deutschen Kleinstaatlichkeit entsprechen. Denn entgegen landläufiger Meinung hat diese Kleinstaatlichkeit nicht nur Nachteile, sondern beschert uns auch viele Vorteile. Auch technisch gibt es keine Gründe, die ein zentralistisches System erzwingen oder auch nur gegenüber einem föderativen bevorteilen (abgesehen vielleicht von Faulheit beim Konzipieren).

M76

Veraltete Technik

Langzeiterfahrungen mit dem Tesla S 90D, c't 3/2022, S. 16

Wieso wird in 2022 ein Artikel zum Tesla-FSD-System geschrieben, mit einer Technik (Hardware 2.0), die man seit 2020 nicht mehr bei Neuwagen kaufen kann? Nur, weil Sie zufällig so ein Auto fahren?

Ich fahre seit Mitte 2020 36.000 Kilometer mit einem Model 3 LR mit FSD und aktueller Hardware 3.0 und kann über einige Stellen des Berichtes nur schmunzeln. FSD ist beta und reines „Work in progress“, da muss man schon wissen, auf was man sich einlässt. Ich mache das und fahre mit viel Erfolg zu 98 Prozent meiner AB-Strecken, die mindestens 20.000 Kilometer ausmachen, mit FSD.

Peter Helm

Wer sich für Neuwagen interessiert, möchte das Risiko in Fehlinvestitionen so gering wie möglich halten und erhofft sich fundierte Testberichte, möglichst unterfüttert mit Langzeiterfahrungen. Schnelle Tests von Neuwagen inklusive Langzeiterfahrungen sind aber nicht möglich. So bleibt nichts übrig, als

Langzeiterfahrungen dann zu veröffentlichen, wenn sie vorliegen. Abgesehen davon: Auch ein fünf Jahre altes Auto nimmt noch am Straßenverkehr teil und wird gebraucht gehandelt.

Furchteinflößend

Die Erfahrungen des Autors kann ich größtenteils bestätigen. 2015 hatte ich mir ein Model S zugelegt und war nach anfänglicher Begeisterung so entnervt von den diversen Unzulänglichkeiten, dass ich ihn nach sechs Monaten zurückgegeben habe. Insbesondere die geschilderte Fahrt mit dem „Autopiloten“ durch die Kasseler Berge ist mir noch in furchteinflößender Erinnerung geblieben. Ein Mysterium, wie ein derartig unausgereiftes und gefährliches System eine Zulassung für den allgemeinen Straßenverkehr bekommen konnte.

Name ist der Redaktion bekannt

Gunnar Bartels

Ähnliche Erfahrungen

Ich bin vier Jahre exakt das gleiche Auto S 90D gefahren und bestätige jedes Wort in Ihrem Artikel. Erwähnenswert wäre noch das mit dem hohen Gewicht überforderte Fahrwerk. Auch die Servicekompetenz ist durchgewachsen. Einerseits sehr

Fragen zu Artikeln

✉ Mail-Adresse des Redakteurs am Ende des Artikels

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

kulant und freundlich, sind die Mechaniker alle sehr jung und benötigten in meinem Fall sieben Reparaturversuche, bevor sie die Fehlerursache fanden, die ich denen seit dem ersten Besuch erklärte. Ich habe das Auto kurz vor Garantieablauf verkauft, um zukünftige, absurd hohe Reparaturkosten zu vermeiden. Jetzt das „Irre“: Wenn ich mir alle anderen Angebote anschau, würde ich den Tesla sofort wieder kaufen.

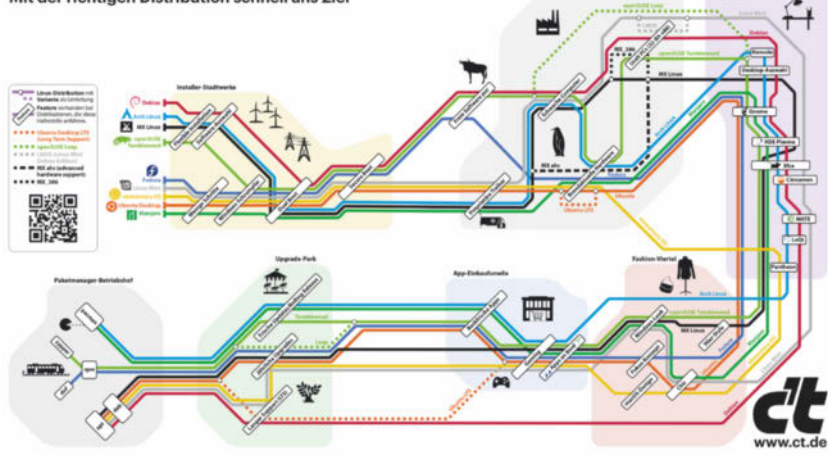
U-Bahn-Irrfahrt Linux

Mit welcher Linux-Distribution kommen Sie an Ihr Ziel?, c't 3/2022, S. 20

Vielen Dank für diesen genialen „U-Bahn“-Netzplan, denn es war für mich bislang wirklich eine U-Bahn-Irrfahrt in dunklen Tunneln! Ich bin vor Langem bei

Der ct-Linux-Netzplan

Mit der richtigen Distribution schnell ans Ziel



Den U-Bahn-Netzplan für Linux stellen wir als Poster-Download auf ct.de/ywxu bereit.



WEG

MIT DEN

ALTEN ZÖPFEN!



Cordaware bestzero®

Verfügbar für Windows, MacOS & Linux



Linux Mint Debian Edition (LMDE) hängen geblieben; unsere sämtlichen Rechner daheim und in meinem Büro laufen damit.

Dieser Plan kommt mir wie gerufen, denn immer mehr Kunden fragen nach Alternativen und dieser Plan sowie die Artikel erleichtern mir die Beratung sehr. Daher meine Frage: Könnte ich den Plan als PDF erhalten?

Andreas Basarke

Den Plan können Sie über den folgenden Link als Poster-Version herunterladen.

Linux-Netzplan als Poster: ct.de/ywxu

Festplattenverschlüsselung

Zum Thema Installer finde ich das Thema Festplattenverschlüsselung noch sehr interessant. Nachdem eCryptfs als Option praktisch weggefallen ist, ist eine vom Installer unterstützte Vollverschlüsselung meiner Meinung nach der beste Weg. Die Unterstützung hierfür in Form von angebotenen Konfigurationen und Einrichtungsassistenten (insbesondere auch in Kombination mit Dual-Boot) ist da zwischen den Distros recht unterschiedlich und war für mich der Grund, mich nach Jahren mit Manjaro nochmal neu umzugucken.

Frau J. aus B.

openSUSE, Rolling-Releases

Wie Sie die passende Distribution für sich finden, c't 3/2022, S. 30

Tolle Idee mit dem Fahrplan in Sachen Linux. Sie schreiben, dass openSUSE mit KDE, Gnome und Xfce kommt. Das ist nur deshalb zutreffend, weil nicht mehr auf das DVD-Image passt. Wer den Installer übers Netzwerk nutzt oder die Online-Repositories während der Installation aktiviert, kann hingegen aus elf Desktops wählen, ohne ein anderes Image zu verwenden.

Im Artikel wird ja regelrecht vor Rolling Releases gewarnt. Ich vermisste da den Hinweis, dass es durchaus Unterschiede gibt: Tumbleweed ist ein getestetes Rolling Release, openqa.opensuse.org ist das Alleinstellungsmerkmal gegenüber Arch & Co. Und sollte es doch mal knallen, kann man immer zu einem früheren Systemstand zurückkehren, dank Snapper und

trtrfs. Tumbleweed ist damit (fast) „unbreakable“.

Axel Braun

Mitglied des openSUSE-Boards

Fehlalarm

Sechs Rauchwarnmelder mit WLAN im Härtestest, c't 3/2022, S. 66

In dem Vergleichstest von Rauchwarnmeldern mit WLAN vermisste ich das Kriterium Fehlalarme. Nach meiner Erfahrung stellen diese ein schwerwiegendes Problem dar, das sich bei vernetzten Geräten noch potenziert. Sowohl im beruflichen als auch im privaten Umfeld erlebe ich, dass häufige Rauchmelder-Fehlalarme zu einer bedenklichen Gewöhnung führen.

Wenn Menschen daran gewöhnt werden, dass Alarme in der Regel Fehlalarme sind, kann das im Ernstfall wertvolle Zeit kosten, besonders wenn der Alarm per Vernetzung an einen Ort übertragen wird, von dem aus nicht unmittelbar wahrnehmbar ist, ob nun tatsächlich ein Brand vorliegt oder nicht.

Tilman Schmidt

MX Linux rettet Tablet-PC

MX Linux MX-21: Frickel-Distribution für Mausliebhaber im Test, c't 2/2022, S. 124

MX Linux war meine Rettung für ein 15 Jahre altes Toshiba Portege M400, das bereits mit dem Ende von Windows XP seinen Dienst quittieren musste. Ein aus-rangiertes ehemaliges Spitzenmodell mit Tablet-Modus und Stiftbedienung.

Die grafische Installation von MX Linux scheiterte an zu langen Ladezeiten von DVD, aber mit dem Kommandozeilen-Installer klappte es problemlos. Danach



Der alte Tablet-PC unseres Lesers lässt sich mit MX Linux und Xournal++ weiter verwenden.

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>

kam die positive Überraschung: Neben den Basics wird der hochauflösende Bildschirm unterstützt und (hurra!) auch die Stiftbedienung funktioniert flüssig, wobei sogar der Anpressdruck erkannt wird. Wieder ein nettes Spielzeug zum Leben erweckt.

Immanuel Wilhelmy

Ergänzungen & Berichtigungen

München, nicht Heidelberg

Die schärfsten Augen der Menschheit, c't 3/2022, S. 45

Das auf dem Bild gezeigte Modell des James-Webb-Teleskops stand vor einigen Jahren im Innenhof des Deutschen Museums in München, wo auch das Foto entstand – und nicht wie im Artikel angegeben in Heidelberg.

Notstandslage und Notwehrparagraf

Rechtliche Grenzen, wenn sich Opfer von Cyberangriffen wehren, c't 3/2022, S. 174

Der letzte Satz über das Zurückhacken in einer Notstandslage am Ende des ersten Absatzes der rechten Spalte von Seite 175 weist einen verunglückten Gesetzesbezug auf. Gemäß § 34 StGB kann eine Gegenwehrmaßnahme durch einen Notstand bei einer „nicht anders abwendbaren Gefahr“ gerechtfertigt sein. § 32 StGB regelt die Notwehrsituation, die weiter geht; vergleichbar bleibt aber das Detail, dass die ergriffene Maßnahme auch dort zur Abwendung des Angriffs „erforderlich“ sein muss.



Homepage Easy

12 .de-Domains inklusive

- > Kostenlose SSL-Certs für alle Domains
- > Webbakasten
- > Webkonferenzlösung
- > 100 GB Webspace
- > 1.000 E-Mail-Adressen
- > 100 GB E-Mail-Speicher
- > 100 MySQL-Datenbanken

DAUERPREIS

2,29
€/Monat*



**Angebot noch bis Ende
Februar 2022 gültig!**
Preis gilt dauerhaft.

*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/easy**

Maker Faire®

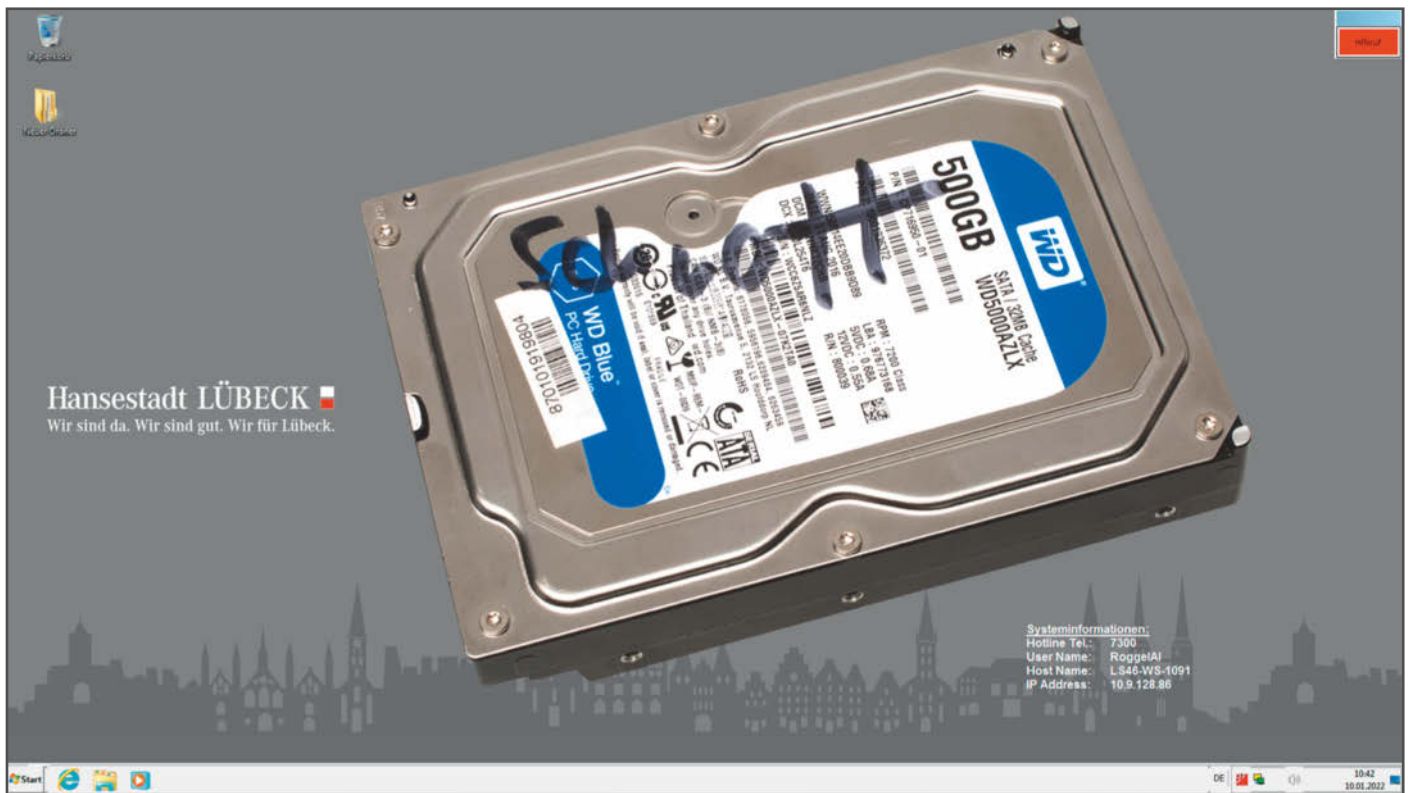
Das Format für
Innovation & Macherkultur

Die nächsten Events





Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite



Datenschutz unbedacht

Festplatte mit über 33.000 hochsensiblen Mails aus dem Ausländeramt Lübeck bei eBay verkauft

eBay ist eine Fundgrube für ausgemusterte Firmen- und Behörden-PCs. Mitunter findet man in den Schnäppchen aber auch brisante Daten, die keinesfalls in die Öffentlichkeit gehören.

Von Georg Schnurer

Da staunte Michael S. nicht schlecht: Grade hatte er bei eBay im Auftrag seines Unternehmens bei zwei Auktionen insgesamt 13 PCs vom Typ Fujitsu D756 SFF beim Verkäufer „onkellaepi2020“ erworben. Die Rechner sollten eigentlich ohne Festplatte geliefert werden, doch in einem steckte eine.

Der PC wurde ausgesondert. Ihn zier- te, wie alle Rechner aus der Lieferung, ein gelber Punkt an der Gerätefront. Bei einem Teststart meldete sich Windows 7

mit einem Desktop-Hintergrund der Hansestadt Lübeck. An dem Rechner und den darauf möglicherweise zu findenden Daten wollte sich Michael S. lieber nicht die Finger verbrennen. Also baute er die Platte aus, beschriftete sie mit „Schrott“ und meldete den Fund der c’t-Redaktion.

Daten-Fundgrube

Dass Behörden-PCs mitsamt Festplatte bei eBay auftauchen, ist für uns keine Überraschung. Immer wieder gibt es solche Funde und zumeist enthalten die Rechner kaum verwertbare Daten. Trotzdem ist jede neue Meldung Anlass für eine sorgfältige Analyse der Systeme im c’t-Labor. Wir ließen uns deshalb die Festplatte von Michael S. zusenden.

Schon beim ersten Blick auf die Daten auf der Festplatte aus der Hansestadt Lübeck war klar: Dieser Fund hat eine besondere Brisanz. Der PC mit dem Windows-Namen „LS46-WS-1091“ wurde anscheinend im Ausländeramt der Hansestadt eingesetzt. Er enthielt Daten aus der Zeit

vom 20. Januar 2016 bis zum 29. Juni 2021. Im Laufe dieser fünfeinhalb Jahre wurden immer wieder neue Nutzerkonten angelegt. Das Löschen alter Konten und der zugehörigen Daten hatte man unterlassen, sodass nun 31 Konten zu finden waren.

Diese Schlamperei erlaubte es uns ohne große Mühe, immerhin 18 Mitarbeiter sowohl namentlich als auch mit ihrer Funktion in der Behörde zu identifizieren. Darunter Mitarbeiterinnen wie Anja B. (alle hier genannten Namen wurden von uns anonymisiert), die nur wenige Monate im Ausländeramt ihr Referendariat ableistete, oder Berta C., die anscheinend im Jahre 2019 zehn Monate lang für den Telefonservice des Amts zuständig war. Es fanden sich aber auch Spuren langjähriger Mitarbeiter wie beispielsweise Claus D., Sachbearbeiter „Aufenthaltsbeendigung“, oder Dieter E., der wohl im Gebäudemanagement und möglicherweise auch im Personalrat der Behörde aktiv war.

Die Daten auf der Festplatte gaben auch Hinweise auf die Arbeitsweise der

Gigabits voraus

Wie das Gigabit-Internet ins Haus kommt und wie man es dort am besten weiterleitet



Gigabits im ganzen Haus	14
WLAN richtig gemacht	18
Internet geschickt verteilen	22

Internet mit einem Gigabit pro Sekunde ist für manche keine Utopie mehr, sondern schon Alltag. Eine weitere Beschleunigung wird so sicher kommen wie die nächste Steuerforderung. Spätestens wenn das Gigabit-Internet bei Ihnen anklopft, wird es Zeit zu prüfen, ob das hausinterne Netz der Datenflut gewachsen ist.

Von Ernst Ahlers

Das pandemiebedingte Homeoffice wirkt als Katalysator für den Wandel der Internetzugänge: Statt nur passive Konsumenten digitaler Medien zu sein, wofür ein mit 100 Mbit/s schon zügiger Anschluss locker genügt, werden die Heimarbeiter tagsüber zu Produzenten. Große Dateien sollen nicht nur möglichst schnell heruntergeladen werden (Downstream), sondern nach dem Bearbeiten ebenso flott wieder in die Firma oder die Cloud zurückwandern (Upstream).

Zwar wird die Mehrheit der Beschäftigten ins Büro zurückgekehrt sein, wenn sich – hoffentlich bald – die SARS-Cov-2-Pandemie zu einer gesellschaftlich und wirtschaftlich leichter verdaubaren Endemie gewandelt hat. Aber auch dann wird das Homeoffice für eine große Zahl der bevorzugte Tätigkeitsort bleiben, wenn nicht alltäglich, so doch bestimmt mehrere Tage pro Woche.

Deshalb ist nicht nur der Upstream der verschiedenen Internetanschlusstypen wichtiger geworden, sondern die nutzbare Geschwindigkeit überhaupt – die natürlich auch beim Weiterleiten vom Anschluss im Wohnzimmer zum Schreibtisch im Arbeitszimmer am anderen Ende des Hauses erhalten bleiben soll.

Nebenbei freut sich der Nachwuchs, wenn der Download des dutzende Gigabyte schweren neuen Lieblingsspiels nicht mehr drei Stunden, sondern nur noch eine Viertelstunde braucht. Gegen solche Schwergewichte verblasst freilich der Bandbreitenbedarf aller anderen Anwen-

dungen (siehe Tabelle „Typische App-Datenraten“).

Zwar wären viele abseits der Bevölkerungszentren Lebende schon froh, Internet per Telefonleitung (VDSL) mit den oben genannten 100 Mbit/s und 40 Mbit/s im Downstream zu bekommen. Doch mit Super-Vectoring und 250/50 Mbit/s ist diese Technik auch schon am Anschlag. Mehr ist nicht zu erwarten.

Für die propagierte Gigabit-Gesellschaft müssen folglich andere Zubringertechniken einspringen: Internet per TV-Kabel, per Glasfaser sowie 5G- und später 6G-Mobilfunk.

Landet das Netz mittels Fiber-to-the-Building (FTTB, Glasfaser bis in den Keller) im Haus und wird dort mit der Übertragungstechnik G.fast in die Telefonleitung zur Wohnung eingespeist, gehen prinzipiell bis zu 1000 Mbit/s in beide Richtungen. Dieses Maximum bremsen der Provider gemäß seinen Tarifen ein.

Glasfaseranschlüsse mit GPON-Technik bis in die Wohnung erreichen zurzeit maximal 2,4 und 1,2 Gbit/s (Down-/Upstream). Der längst definierte Nachfolger XG-PON alias 10GPON treibt das auf bis zu 10 Gbit/s in beide Richtungen hoch.

In der Schweiz gibt es mit Init7 sogar schon einen Provider, der Punkt-zu-Punkt-Glasfaseranschlüsse mit 25 Gbit/s symmetrisch anbietet. Sie kosten dieselben 65 Schweizer Franken, umgerechnet 62 Euro, monatlich wie langsamere Init7-Zugänge mit 10 oder 1 Gbit/s.

Internet per TV-Kabel kann mit dem schon weitgehend ausgebauten DOCSIS 3.1 maximal 10 Gbit/s im Downstream und 1 Gbit/s in Gegenrichtung transportieren.

DOCSIS 4.0 wird den Upstream weiter auf bis zu 6 Gbit/s beschleunigen.

Zwar teilen sich mehrere Haushalte die TV-Kabel- und (X)GPON-Bandbreite (Shared Medium), typische „Split-Verhältnisse“ für Letztere können bei 1:32 liegen. Aber wenn nicht alle gleichzeitig Daten übertragen, wird man bei Down- und Uploads zumindest vorübergehend tatsächlich die Spitzendatenraten bekommen. Dafür muss jedoch die Infrastruktur mitspielen, also die Netze der Provider ebenso wie die Quell- und Zielserver.

Bis sich Multigigabit-Zugänge über terrestrische Netze verbreitet haben, wird es gewiss noch geraume Zeit dauern. Gibt es am eigenen Lebensmittelpunkt noch keines, kann man sich das schnelle Internet eventuell per 5G- oder später 6G-Mobilfunk drahtlos ins Haus holen.

Auch diese Techniken können mehrere Gigabit pro Sekunde liefern – wenn man momentan der einzige Nutzer der Funkzelle und diese flott genug angebunden ist. Die in den USA schon erhältliche, Fixed Wireless Access genannte 5G-Variante für Festnetzanschlüsse ist hierzulande nicht abzusehen.

Schnelles Netz schnell verteilen

Wer jetzt schon Gigabit-Internet bekommen kann, will es verlustfrei in der ganzen Wohnung nutzen. Dafür drängt sich WLAN alias Wi-Fi als beliebteste, weil bequemste Technik fürs Vernetzen über die letzten Meter auf: Man muss kein Kabel ziehen – was bei Mobilgeräten ohnehin nicht geht – und die Verbindung ist mit ein paar Klicks eingerichtet.

Doch WLAN bringt typischerweise nur dann hohe Performance (siehe Tabelle „Datenraten“ auf Seite 17), wenn Client und Basis (Access-Point, AP, meist in den Router integriert) im selben Raum sind. Quer durch eine 4-Zimmer-Wohnung bricht die Geschwindigkeit drastisch ein: Einerseits dämpfen Wände und Einrich-

Typische App-Datenraten

Anwendung	Datenrate in Mbit/s
Chat/Messaging	0,01
Telefonie ¹	0,05–0,20
Audiostreaming ¹	0,06–0,26
Videokonferenz-Upstream (HD) ¹	0,6–3,5
Full-HD-Video ¹	4–10
4K-Video ¹	10–30
Up- und Downloads	was die Leitung hergibt

¹ je nach App, Einstellungen und Kompressionsgrad



Ungehobene Schätze: Bindet man WLAN- oder Mesh-Repeater über ihre LAN-Buchse an den Router an, werden sie zum Access-Point. Das kann fern des Routers die Datenrate auf Anwendungsebene mal eben verdoppeln.

tungsgegenstände das Hochfrequenzsignal stark, andererseits schießen in dicht besiedelten Gegenden Nachbar-WLANs quer, weil sich alle das Medium Funk teilen müssen.

Diese Effekte treffen auch Mesh-WLAN-Systeme, die mehrere Basen in einer Wohnung über einen separaten Funkkanal verknüpfen. Mittelschnelle Internetzugänge bekommt man mit aktuellen Mesh-Systemen auf Wi-Fi-6-Basis zwar verlustarm weiterverteilt, aber 1 Gbit/s durch mehrere Wände wird auch das in ein paar Jahren kommende Wi-Fi 7 ziemlich sicher nicht schaffen.

Der nächste WLAN-Standard verdoppelt zwar die maximale Funkkanalbreite nochmals auf 320 Megahertz (MHz) und nutzt bei exzellenter Signalqualität die sehr hochstufige Modulationstechnik 4096QAM, was zusammen den 2,4-fachen Durchsatz gegenüber Wi-Fi 6 bringt. Der extrabreite Kanal ist aber nur im neuen 6-Gigahertz-Band nutzbar, wo die Streckendämpfung etwas höher als bei Wi-Fi 6 im 5-GHz-Bereich ist. Außerdem sinkt die spektrale Leistungsdichte wegen der verdoppelten Kanalbreite. Zusammen dürften beide Effekte dafür sorgen, dass Wi-Fi 7 einen Multigigabit-Durchsatz auf Anwendungsebene nur innerhalb eines Raumes erreichen wird.

Flinkeres WLAN

Um mit dem Notebook auch weiter weg vom Router einen schnellen Zugang zu haben, bringt man das Netz geschickterweise über andere Wege dahin und setzt

erst vor Ort aufs WLAN um. Das bedeutet: Stellen Sie überall dort einen modernen Access-Point hin, wo Sie sich oft aufhalten.

Ein Tipp zum Optimieren des WLANs (siehe S. 18) sei vorweggenommen, weil er sehr viel bringt: Der Access-Point kann auch ein bisher drahtlos angebundener Repeater mit LAN-Buchse sein. Denn der wandelt sich zum AP, wenn man ihn per Ethernet mit dem Router verbindet. In unseren Tests von Mesh-Systemen ergab das mit einem Notebook als Client stets einen großen Geschwindigkeitsgewinn. Beim ZenWifi AX Mini von Asus – dem kompakten Würfelchen links im Bild – etwa verdoppelte sich der Durchsatz von 125 auf 267 Mbit/s (c't 23/2020, S. 87, gemessen über sechs Meter und eine Steinwand zwischen Access-Point und Notebook im 5-GHz-Band).

Stellt man den zum AP gewandelten Repeater nun in dem Raum auf, wo sein WLAN-Signal am häufigsten gebraucht wird, dann klettert die erzielbare Geschwindigkeit weiter – mit Glück sogar über die in der Tabelle genannten typischen Nettowerte für sehr gute WLAN-Verbindungen.

Am besten per Kabel

Der optimale Weg ist folglich, Access-Points per LAN-Kabel anzubinden: Gigabit-Ethernet für 1000 Mbit/s ist Standard. Multigigabit-Ethernet (NBase-T) bis 2,5 Gbit/s breitet sich bei Routern, APs, PC-Mainboards, Netzwerkspeichern und Switches zunehmend aus. NBase-T mit 5 oder 10 Gbit/s ist noch selten, aber technisch ausgereift [1, 2].

Doch den Aufwand zum Verlegen neuer Kabel scheuen viele, und das zu Recht: In einer bezogenen Wohnung möchte niemand Möbel verrücken, Nuten in Wände fräsen, Leitungen einbringen und Netzwerkdosen anschließen. Diese Arbeiten müssen bis zur nächsten Renovierung warten. Bis die Infrastruktur für schnelles Ethernet so allgegenwärtig ist wie elektrischer Strom und fließendes Wasser, werden deshalb noch einige Dekaden vergehen.

Bis dahin können Sie sich mit zwei Methoden behelfen. Optimieren Sie Ihr WLAN und bringen Sie das Netz über einen Kabel-Umweg mit etwas neuer Hardware näher ans Ziel. Denn in vielen Wohnungen gibt es mindestens zwei, oft gar drei Leitungstypen, die sich für den Datentransport zweckentfremden lassen: das Hausstromnetz (Powerline), Telefonleitungen (Ethernet over Phonenumber) und die TV-Signalverteilung auf Koaxkabeln (Ethernet over Coax).

Ab Seite 22 schildern wir die Vor- und Nachteile, die Randbedingungen für den Einsatz sowie die Leistungsgrenzen der drei Techniken. Mit zweien kann man das Gigabit ganz praktisch knacken, bei einer geht sogar schon das Doppelte auf Anwendungsebene durch (2 Gbit/s).

Infrastruktur-Upgrade

Falls Sie Ihrem Heim bei der Sanierung eine leistungsfähige Netzwerkinfrastruktur spendieren, entsteht die Frage, ob diese auf optischer Basis oder klassisch elektrisch entstehen soll.

Für das Verlegen von Glasfasern alias Lichtwellenleitern [3, 4] spricht deren enorme Bandbreite: Optisches Ethernet für Verbindungen innerhalb von Rechenzentren läuft zurzeit mit maximal 400 Gbit/s auf einer Faser (400GBASE-FR8 mit 8 Wellenlängen oder Farben bis 2000 Meter Reichweite); 800 Gbit/s sind auch schon spezifiziert. Bei Weitverkehrsstrecken (WAN) sind zurzeit 400 Gbit/s auf einer Wellenlänge möglich. Mit bis zu 88 Farben (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM) transportiert eine Faser dann maximal 35.000 Gigabit/s oder 35 Terabit/s.

In Firmen kommen LWL für stockwerksübergreifende, schnelle Verbindungen zwischen Abteilungs-Switches oder zwischen Gebäuden zum Einsatz, bisher typischerweise mit 10 Gbit/s, mancherorts auch schon mit 25 oder 40 Gbit/s. Für passende Glasfasermodule haben die Switches SFP+- oder QSFP-Schächte.

Datenraten gängiger Inhaus-Vernetzungstechniken

Netzwerktyp	Medium	Brutto (max., Mbit/s)	Netto (Mbit/s) ²	Netto (MByte/s) ²
Fast Ethernet	Kabel ¹ (CAT5)	100	95	12
Wi-Fi 4 (IEEE 802.11n)	Funk (2,4 GHz)	600	100	13
Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac)	Funk (5 GHz)	6900	400	50
Wi-Fi 6 / 6E (IEEE 802.11ax)	Funk (2,4 + 5 / 6 GHz)	9600	500	60
Gigabit-Ethernet	Kabel ¹ (CAT5e)	1000	950	115
NBase-T 2,5 Gbit/s	Kabel ¹ (CAT5e)	2500	2400	290
NBase-T 5 Gbit/s	Kabel ¹ (CAT5e)	5000	4700	570
10-Gigabit-Ethernet	Kabel ¹ (CAT5e/6a/7)	10.000	9500	1150

WLAN-Datenrate und Reichweite grundsätzlich variabel, abhängig unter anderem von Signalqualität, Kanalbreite, Anzahl Antennen, Nachbar-WLANs, Gebäudekonstruktion, Geräteausrichtung

¹ Twisted-Pair, 10 Gbit/s auf CAT5e-Kabel bis ca. 50 m, auf CAT6a/CAT7 bis 100 m ² typischer Wert bei guter Verbindung

Obendrein kann man per Twisted-Pair-Kabeln kompatible Access-Points oder LAN-Kameras auch gleich mit Energie versorgen (Power-over-Ethernet) und sie so auch dort platzieren, wo keine Stromsteckdose in der Nähe ist.

Wer seine Gebäude beim Sanieren für die fernere Zukunft rüsten will, legt parallel zu den Kupferleitungen jetzt schon in jeden Raum zwei Glasfaserstränge. Der geringe Aufpreis für die zusätzlichen Leitungen macht sich spätestens dann bezahlt, wenn unsere Nachkommen das Netzwerk dereinst für das 100-Gigabit-Zeitalter aufrüsten. (ea@ct.de) 

Literatur

- [1] Ernst Ahlers, LAN extraflott, Multigigabit-Ethernet für mehr Netzwerkdurchsatz, c't 16/2020, S. 52
- [2] Andrijan Möcker, Bitautobahn, Hardware fürs Multigigabit-LAN, c't 16/2020, S. 56
- [3] Jan Mahn, Undurchsichtiges Glas, LWL-Grundwissen für Admins und Hausvernetzer, c't 18/2020, S. 72
- [4] Jan Mahn, Legen und legen lassen, LWL-Grundwissen: Stecker und Kabel, c't 18/2020, S. 76

Vorerst noch mit Kupfer

Bei der Inhaus-Vernetzung bedingt eine LWL-Verkabelung aber, dass man an den allermeisten Geräten Umsetzer – Medienwandler – von der optischen auf die elektrische Ebene braucht. Denn an PCs, Internet-Routern, TV-Geräten und Settop-Boxen ist Gigabit-Ethernet per Twisted-Pair-Kabel mit RJ45-Steckern nach wie vor Standard. Für die Medienwandler zahlt man nicht nur bei der Anschaffung, sondern über ihre Leistungsaufnahme auch

fortlaufende Stromkosten. Dennoch kann eine Glasfaserstrecke auf Privatgrund sinnvoll sein, beispielsweise zum Anbinden eines als Arbeitsbereich genutzten Nebengebäudes.

Die klassische Kupferverkabelung mit CAT6a- oder CAT7-Leitungen taugt für mindestens 10 Gbit/s, was mittelfristig bei Weitem ausreichen sollte. Denn bis die Glasfaserzugänge der Internetprovider weiträumig mehr als 10 Gbit/s liefern, wird es wohl noch geraume Zeit dauern.

Auch als E-Books und Bundle (Buch + E-Book)



Best Practices aus der Entwicklerschmiede

Von den Besten lernen! Unsere Bücher zeigen Ihnen, wie Sie Ihre Software-Projekte meistern. Profitieren Sie von der Erfahrung langjähriger Softwareentwickler und vertiefen Sie Ihr Wissen über Clean Code, agile Softwareentwicklung und Co.

www.rheinwerk-verlag.de/professional-computing



Bild: Andreas Martini

Grundwissen: WLAN

Heimische Funknetze verstehen, Probleme selbst lösen

Wenn der Netflix-Stream anfängt zu stocken und Downloads ewig benötigen, rätseln viele über die Ursache. Unser Ratgeber gibt Ihnen die Grundlagen, viele WLAN-Probleme selbst zu lösen, passend einzukaufen und Ihr Netz gigabit-tauglich zu machen.

Von Andrijan Möcker

Kabellose lokale Netzwerke auf Basis des Standards IEEE 802.11, besser bekannt als WLAN (Wireless Local Area Network) oder Wi-Fi (Wireless Fide-

lity) haben sich innerhalb der letzten 20 Jahre weltweit in allen Bereichen des Lebens als das Mittel der Wahl durchgesetzt, um mobile und stationäre Geräte unkompliziert an ein Computernetzwerk und damit auch meist ans Internet anzubinden.

Die meisten Menschen benutzen WLANs täglich und ein privater Internetanschluss ohne WLAN-Router ist heute kaum noch vorstellbar – in der Regel bekommt man einen vom Anbieter dazu. Aber gerade im privaten Bereich, wo Fachwissen seltener ist als in Firmen, haken Funknetze regelmäßig – beispielsweise aufgrund störender Nachbarnetze oder schlechter Abdeckung. Doch Sie müssen kein Hochfrequenztechniker sein, um Ihre WLAN-Probleme in den Griff zu bekommen; lediglich etwas Verständnis für die Technik und ein bisschen Spaß am Ausprobieren ist nötig.

Router, Access-Point, Repeater, Mesh

Um sich in der WLAN-Welt zurechtzufinden, sollten Sie zunächst etwas Terminologie abspeichern: Ein Router übersetzt zwischen dem Internet und dem Heimnetz und schützt letzteres durch seine Firewall vor Eindringlingen von außen. Im Heimbereich sind heute nahezu ausschließlich Router mit eingebauter WLAN-Basis üblich – die Geräte kombinieren also mehrere Netzwerkfunktionen.

Alles dahinter ist kein Router: Der Repeater war lange Zeit das Mittel der Wahl, um die WLAN-Abdeckung zu erhöhen. Er wird kurz vor der Reichweitengrenze des Routers eingesteckt, verbindet sich mit dessen WLAN und strahlt das Netz mit gleichen Zugangsdaten erneut ab. Muss er die Daten auf dem gleichen Kanal zum Router übertragen, wird die Datenrate aufgrund der Wartezeit etwas mehr als halbiert. Mitt-

lerweile gibt es jedoch moderne Repeater, die das Problem mit einer dritten WLAN-Schnittstelle lösen, die ausschließlich für die Verbindung zum Router zuständig ist.

Viele Hersteller sind vom Begriff „Repeater“ abgewandert und bieten heute Mesh-Systeme an. Sie umfassen eine Basis, die per Kabel mit dem Router verbunden wird, sowie kabellose Mesh-Knoten und folgen nicht mehr dem klassischen Repeater, sondern verwenden proprietäre Protokolle, um sich untereinander zu vernetzen. Die Kommunikation muss dabei nicht direkt zur Basis laufen, sie kann auch über mehrere Mesh-Punkte „springen“. Nachteil: Systeme unterschiedlicher Hersteller sind nicht zueinander kompatibel.

Das schnellste WLAN erhalten Sie aber noch immer per Kabel: Ein Access-Point ist eine WLAN-Basis, die die Daten per Netzkabel ins Heimnetz leitet. Da man dort alleiniger Nutzer des Mediums ist, flutschen die Daten immer mit der Maximalgeschwindigkeit des Mediums, bei Gigabit-Ethernet circa 950 Mbit/s auf Anwendungsebene.

Frequenzen und Kanäle

In Europa stehen derzeit vier Frequenzbereiche (Bänder) für WLAN zur Verfügung: 2,4, 5, 6 und 60 Gigahertz (GHz). Die ersten beiden sind etabliert und werden von den meisten modernen Geräten unterstützt; das 6-GHz-Band kam erst 2021 hinzu und ist bislang nur bei wenigen Geräten an Bord; das besonders hochfrequente 60-GHz-WLAN kommt derzeit nur für Richtfunkstrecken im Einsatz. Damit nicht jeder Router beziehungsweise Nutzer eine separate Lizenz oder Anmeldung benötigt, werden Funkbänder über sogenannte Allgemeinzuteilungen freigegeben. Sie legen fest, in welchem Frequenzbereich mit welcher Sendeleistung gesendet werden darf und dass sie anmeldefrei sind.

Um zu regeln, wo innerhalb des Funkbandes gesendet wird, gibt es standardisierte Kanäle. Sie legen die Mittenfrequenz fest, also die Frequenz, ab der Geräte den Kanal „aufspannen“. Für Kanal 1 auf 2,4 GHz ist das beispielsweise 2,412 GHz. Die Bandbreite legt fest, wie viel des Bandes ober- und unterhalb der Mittenfrequenz für die Datenübertragung genutzt wird – je mehr Bandbreite, desto mehr Nettodatenrate. Ein 20 MHz breiter Kanal auf Kanal 1 geht somit von 2,402 GHz bis 2,422 GHz – also 10 MHz in beide Richtungen. Die Krux: Anders als etwa bei CB-Sprechfunkgeräten sind WLAN-Kanäle nicht überlappungsfrei; Kanal 2 beginnt bereits bei 2,417 GHz. Im 83,5 MHz breiten 2,4-GHz-Band stehen somit vier überlappungsfreie 20-MHz-Kanäle zur Verfügung: 1, 5, 9 und 13. Oder eben zwei 40-MHz-Kanäle (1+5 und 9+13).

Die Hauptgründe für Störungen im Netz: Sie sind in den Frequenzbereichen selten alleine, denn die Nachbarn haben schließlich meist auch einen WLAN-Router und mehrere Geräte, und gerade im 2,4-GHz-Band kommen noch Bluetooth, Smart-Home-Funkstandards und so weiter hinzu. Auch deshalb ergeben 40-MHz-Kanäle auf 2,4 GHz heute keinen Sinn mehr, wenn Sie Nachbarn in der Nähe haben. Das Band ist zu überlaufen, sodass breitere Kanäle das Netz eher instabil machen, als die Datenrate zu steigern.

Vergeuden Sie nicht Ihre Zeit mit der Suche nach dem optimalen Funkkanal, sondern überlassen Sie das der Router-Automatik. Es ist besonders in dichter besiedelten Gegenden wegen der Vielzahl konkurrierender Nachbar-WLANs unsinnig, eine feste Betriebsfrequenz und Kanalbreite vorzugeben. Denn andere WLANs mit aktiver Automatik wechseln ihren Kanal unvorhersehbar.

Anders als etwa ein LTE-Netz kennt WLAN keine zentrale Kontrolle der Sendevorgänge. Stattdessen lauscht das Gerät, egal ob Router, Repeater oder Smartphone, in den Kanal hinein, ob dieser frei ist und sendet dann; ähnlich, wie wenn mehrere Menschen in einem Raum ein Gespräch führen und eine Lücke abwarten – wer die Lücke erwischt spricht, während die Anderen warten; sprechen mehrere gleichzeitig, kommt es zu Verständnisschwierigkeiten. Das passiert im WLAN durch das Hidden-Station-Problem ständig; weil die Störreichweite immer höher ist als die Nutzreichweite, können sich nie alle Kanalnutzer gegenseitig empfangen. Einige gehen dann fälschlicherweise davon aus, dass der Kanal frei ist. Das ist so, als ob Sie (Access-Point) innerhalb eines Hauses über Flure hinweg mit jemand anderem (Smartphone) kommunizieren, der währenddessen durch ein offenes Fenster von einem Streit (Nachbar-WLAN) auf der Straße gestört wird, den Sie unten in der Küche aber nicht hören können.

In den 5- und 6-GHz-Bändern ist das Problem weniger ausgeprägt: Einerseits ist darin mehr Platz, sodass auch Kanäle mit 40, 80 oder sogar 160 MHz möglich sind; weiter werden die höheren Frequenzen stärker durch Hindernisse gedämpft, sodass die Nachbarnetze weniger stören. Das 5-GHz-Band hat jedoch einen Nachteil: Auf ein paar Kanälen sind Wetterradare bevorrechtigt und Router müssen, sobald sie Radarimpulse erkennen, den Kanal wechseln. In Konsequenz fällt die 5-GHz-Zelle kurz aus, manche Clients wechseln auf das langsame 2,4-GHz-Netz.

Haben Sie trotz guter Empfangsstärke schlechte Latenz und Datenrate, ist vermutlich lahme WLAN-Hardware der Grund, denn wer in stark ausgelasteten Funkumgebungen die kurzen Lücken an-

WLAN-Spektrum in der EU ab 2021

Die Öffnung des 6-GHz-Bandes hat das Funkspektrum für WLAN in Europa nahezu verdoppelt. In den USA steht seit Sommer 2020 noch einiges mehr zur Verfügung.



Funkkanal-Einstellungen

☐ Funkkanal-Einstellungen automatisch setzen (empfohlen)

☒ Funkkanal-Einstellungen anpassen

Funkkanal im 2,4-GHz-Frequenzband: Kanal 6

Funkkanal im 5-GHz-Frequenzband: Autokanal

Weitere Einstellungen ▲

WLAN-Standard 2,4-GHz: 802.11g+n (Wi-Fi 4)

WLAN-Standard 5-GHz: 802.11n+ac (Wi-Fi 5)

Maximale Sendeleistung: 100 %

Viele Router – in diesem Fall eine Fritzbox – erlauben Ihnen, die WLAN-Kanaleinstellungen zu ändern. In Umgebungen mit vielen Nachbarnetzen ist das jedoch nicht sinnvoll, da diese unvorhergesehen den Kanal wechseln können. Nutzen Sie deshalb die Autokanalfunktion.

derer Teilnehmer aufgrund zehn Jahre alter Technik nicht effizient nutzen kann, erhält nur maue Ergebnisse.

WLAN ≠ WLAN

Seit der Verabschiedung der ersten WLAN-Spezifikation IEEE 802.11 im Jahr 1997 hat sich eine Menge getan und neue Spezifikationen mit Verbesserungen sind hinzugekommen – ähnlich wie bei Bluetooth und USB. Deshalb ist es besonders wichtig, dass Sie wissen, was aktuell ist und mit welcher Spezifikation die Hardware arbeitet, die Sie derzeit benutzen oder kaufen wollen.

Welchen WLAN-Standard ein Gerät unterstützt, erkennen Sie bei Routern, Access-Points und Repeatern in der Regel schon auf der Verpackung; bei Endgeräten (Laptops, Smartphones und so weiter) meist im Datenblatt. Unterschieden wird anhand eines an den Basisstandard IEEE 802.11 angehängten Buchstaben: IEEE 802.11a, b, g, n, ac und ax sind derzeit üblich. Um die Verständlichkeit für weniger technisch versierte Nutzer zu erhöhen, hat die Wi-Fi Alliance 2018 eine Nummerierung ab 802.11n eingeführt, das nun auch „Wi-Fi 4“ heißt – das noch taufrische 802.11ax somit Wi-Fi 6, und mit angehängtem „E“, wenn das Gerät zusätzlich das neue 6-GHz-Band bedient.

Geräte mit IEEE 802.11b (1999, 11 Mbit/s) und 802.11g (2003, 54 Mbit/s) sollten Sie heute nicht mehr betreiben. Wie vor-

her beschrieben, sind Sie im Frequenzband nicht alleine und müssen die Zeit, die Sie zum Senden haben, effizient nutzen – insbesondere, wenn die Funkumgebung stark durch andere Netze und Geräte (Bluetooth, ZigBee usw.) ausgelastet ist. Von den 11 oder 54 Mbit/s Bruttowert – also der während einer Paketübertragung genutzten Link-Datenrate – bleiben nur wenige Hundert bis Tausend Kilobit pro Sekunde über. Außerdem muss das moderne Smartphone nicht zwangsläufig tadellos mit dem alten Access-Point zusammenspielen – gerade wenn letzterer keine Wi-Fi-Zertifizierung hat. Sie wird vom Herstellerverband „Wi-Fi Alliance“ vergeben und garantiert die Erfüllung der

802.11-Spezifikationen und damit die Interoperabilität von Geräten unterschiedlicher Hersteller. Kurzum: Geräte mit 802.11b und g gehören ins Recycling und durch neuere Hardware ersetzt, allein schon, weil sie keine sichere Verschlüsselung des Funkverkehrs beherrschen.

Mehrantennennetz

Wi-Fi 4 (IEEE 802.11n) kam ab 2005 auf den Markt und ist heute noch bei vielen WLAN-Basen der Standard für Datenübertragungen auf 2,4 GHz. Mit der Spezifikation kam unter anderem der Funkbeschleuniger „MIMO“ (Multiple Input Multiple Output) in die WLAN-Welt, der auf dem gleichen Kanal über mehrere Antennen unterschiedliche Daten gleichzeitig übertragen kann. Die Technik macht sich zunutze, dass in den hohen WLAN-Frequenzbereichen selbst kleine Veränderungen des Antennenstandorts dafür sorgen, dass sich die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen durch den Raum verändert – sie strahlen also wortwörtlich aneinander vorbei. Mit mehreren um ein paar Zentimeter versetzten Antennen kann die Datenrate bis zu vervierfacht werden, was bei Wi-Fi 4 rund 600 Mbit/s bedeuten würde; üblich waren jedoch zwei Antennen, daher das „bis zu 300 Mbit/s“ auf vielen Verpackungen und in Datenblättern. Die Anzahl der Antennen, auch „Streams“ genannt, wird meist als „2x2-“, „4x4-“ oder „8x8-MIMO“ im Datenblatt angegeben und in c’t-Tabellen in Klammern hinter der Wi-Fi-Version notiert, also etwa „Wi-Fi 4 (2)“.

Wi-Fi 4 machte zudem das 5-GHz-Band populärer, da zusehends Dual-Band-fähige Geräte auf den Markt kamen.



Im Internet taucht derzeit immer wieder Werbung für Wunder-Repeater auf, die 50 bis 130 Euro kosten. Tatsächlich handelt es sich oft um lahme Wi-Fi-4-Single-Band-Repeater im Wert von rund 20 Euro. Wer einen richtig schnellen Internetzugang im Haus weiterleiten will, sollte davon die Finger lassen.

Alte Wi-Fi-4-Basen mit mindestens zwei MIMO-Streams können Sie in weniger dicht besiedelten Gebieten und dort, wo dreistellige Datenraten nicht nötig sind, weil etwa nur die Kinder YouTube-Videos auf Smartphones schauen oder Hörbücher im Garten gestreamt werden, noch problemlos einsetzen. Das spart Geld und verzögert die oft umweltschädliche Verschrottung der Hardware. Ist das Gerät jedoch nicht Dual-Band-fähig, sollten Sie es nicht als Repeater benutzen, denn dabei wird die Datenrate etwas mehr als halbiert, da der Repeater das Paket erst empfangen und dann auf demselben Kanal erneut aussenden muss; das geht nicht gleichzeitig. Im Access-Point-Modus – also der Weiterleitung der Daten ins Heimnetz und Internet per Kabel – auf einem separaten Kanal, macht das Surfen nach wie vor Spaß [1]. Aber der veraltete WLAN-Standard setzt dennoch eine harte Grenze bei ungefähr 150 Mbit/s Nutzdatenrate.

Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac) wurde 2013 verabschiedet und brachte WLAN unter anderem 80 und optional 160 MHz breite Kanäle bei, die aber ausschließlich bei 5 GHz genutzt werden können. Die Spezifikation befähigt WLAN-Basen zudem erstmalig, mehrere Clients gleichzeitig zu bedienen: Multi-User-MIMO teilt die unterschiedlichen Antennen des Routers aufkompatible Clients auf – die Summendatenrate steigt und die Latenz sinkt, sodass etwa Internettelefonie oder Online-spiele profitieren. Das klappt auch, wenn der Router vier Antennen hat, die Clients aber nur zwei. Wi-Fi 5 kann bis zu 6,9 Gbit/s Brutto liefern, allerdings nur mit acht MIMO-Streams und auf einem 160-MHz-Kanal. Diese Ausstattung haben nur wenige Geräte; üblich sind vier Streams und 80-MHz-Kanäle, was 1,7 Gbit/s Brutto erlaubt. In der Praxis bleiben davon einige Hundert Megabit pro Sekunde über.

Wi-Fi 5 ist heute Standard bei modernen WLAN-Geräten und sollte Ihr Mindestanspruch sein, wenn Sie Hardware neu kaufen. Auch der Gebrauchtmärkte ist voll mit Geräten dieser Kategorie [2].

Gigabit knacken

Die neueste WLAN-Spezifikation ist Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax), die die IEEE erst im Februar 2021 veröffentlicht hat. Sie macht 160-MHz-Kanäle sowie höhere Modulationsstufen zur Standardausstattung, sodass pro Stream (Antenne) 1200 Mbit/s brutto durch die Luft gehen. In der Praxis konnten wir die Gigabit-Grenze auf An-

wendungsebene mit zwei Streams, also 2400 Mbit/s brutto, knapp überwinden. Das klappt allerdings auch nur mit Wi-Fi-6-fähigen Clients und nur auf kurzer Distanz, denn die dafür nötigen hohen Modulationsstufen benötigen gute Signalstärke. Lassen Sie sich also nicht täuschen: Echtes Gigabit-WLAN erreichen Sie bei den derzeit üblichen MIMO-Ausstattungen (2 oder 4 Streams) in Mobilgeräten meist nur in dem Raum, in dem die Basis steht; mit viel Glück auch mal im Nebenzimmer.

Wi-Fi 6 hat aber viele andere Vorteile, die das Aufrüsten interessant machen: Es kann erstmalig den Kanal aufteilen, um mehrere Clients gleichzeitig zu bedienen (OFDMA), sogar in Kombination mit Multi-User-MIMO. Letzteres funktioniert nun auch im Uplink (mehrere Clients senden gleichzeitig an die Basis). „Spatial Reuse“ erlaubt Basen und Clients zudem, störende Nachbarnetze zu ignorieren und trotzdem zu senden – vorausgesetzt das andere Netz ist nur ganz schwach zu hören. Das klappt zwar ebenso nur mit Wi-Fi-6-fähigen Clients, doch wer jetzt in neue Hardware investieren möchte, um langfristig viele Clients zu bedienen oder mehr Stabilität und Datenrate in gedrängten Funkumgebungen zu erzielen, sollte auf Wi-Fi 6 nicht verzichten [3, 4].

Außerdem kommt noch das zuvor erwähnte neue 6-GHz-Band Wi-Fi 6E hinzu. Zwar können viele Mobilgeräte damit

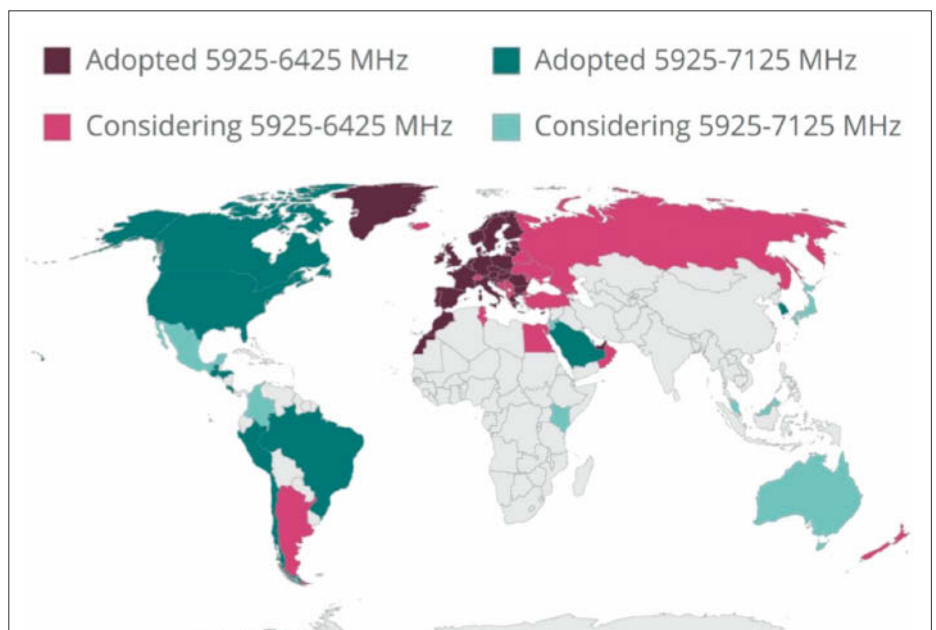
noch nicht umgehen, doch wenn Sie für Ihre Räume mangels Netzwerkverkabelung ein Mesh-Set benötigen und möglichst viel Datenrate erreichen wollen, sollte das neue Band zur Ausstattung gehören. Es dient dann als Backbone zwischen den Mesh-Knoten und da satte 500 MHz frei sind, profitiert die Nachbarschaft von mehreren parallel nutzbaren 160-MHz-Kanälen für hohe Geschwindigkeiten. Zudem entfällt die Radarerkennung, die auf 5 GHz zu Unterbrechungen führt. Aber auch hierfür gilt: Dämpfung durch Wände, Türen und Einrichtung lässt die Datenraten schnell fallen; die besten Ergebnisse erzielen Sie, wenn die Daten auf kürzestem Weg durch die Luft ihren Weg auf ein echtes Netzkabel finden. Die Lösung lautet also, alle Räume, in denen man sich häufig aufhält, mit einer eigenen, per LAN-Kabel angebundenen WLAN-Basis auszustatten.

(amo@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Andrijan Möcker, Befreite Box, OpenWrt-Spartipp: Fritzbox 7362 SL, c't 21/2020, S. 146
- [2] Andrijan Möcker, Drosselkiste, Fritzbox 7520: Unechte Einschränkungen, c't 8/2020, S. 136
- [3] Andrijan Möcker, Flottfunk, Wann sich Wi-Fi 6 für Sie lohnt, c't 3/2021, S. 16
- [4] Ernst Ahlers, Sechsmal sechs, 6 Router für Wi-Fi 6 im Test, c't 3/2021, S. 20

Antworten auf häufige WLAN-Fragen:
[ct.de/y8zg](https://www.ct.de/y8zg)



2021 wurden die existierenden Frequenzbereiche für WLAN bei 2,4 und 5 GHz um ein drittes „Wi-Fi 6E“ getauftes Band zwischen 5,9 und 7,1 (dunkelgrün) beziehungsweise 5,9 und 6,4 GHz (dunkelrot) erweitert, um mehr Platz zu schaffen. Alle europäischen Länder mit Ausnahme des Kosovo haben es bereits freigegeben.



Bild: Andreas Martini

Freie Nebenstrecken

Alternative Wege für die Internetverteilung im Haus

Kommt das Notebook nicht ins WLAN, muss das WLAN zum Notebook kommen. Leicht gesagt, aber schwer getan, wenn ein LAN-Anschluss für einen zusätzlichen Access-Point fehlt. Ist der Königsweg Ethernet-Kabel nicht realisierbar, bringt ein Umweg über andere Leitungssysteme das schnelle Netz näher heran. Manche Nebenstrecken taugen viel, andere weniger.

Von Ernst Ahlers

Groß ist der Frust, wenn der Provider den Internetanschluss auf 1 Gbit/s beschleunigt hat, aber beim Notebook im Arbeitszimmer per WLAN nur ein Zehntel ankommt. In der Firma würde der Admin einen zusätzlichen Access-Point näher am Schreibtisch aufstellen, doch zu Hause mangelt es in der Regel an einem Gigabit-Ethernet-Port in der Nähe.

Falls es also irgendwie geht, verlegen Sie ein Ethernet-Kabel. Das ist auf Dauer preisgünstiger, als die Nebenstrecke zu aktivieren: Fast jedes Netzwerkgerät enthält einen LAN-Port von Haus aus, während man für die Ersatzwege zusätzliche Adapter anschaffen muss, die auch zusätzlich Strom verbrauchen.

Ist das nicht machbar, gibt es glücklicherweise in vielen Häusern zwei bis drei unterschiedlich gut geeignete Kabelsysteme,

die man fürs Datenweiterleiten in der Wohnung einspannen kann: das Stromnetz (Powerline, PLC), ungenutzte Telefonleitungen (Ethernet over Phonenumber) und das TV-Koaxialkabel, kurz Koax (Ethernet over Coax, EoC).

Letzteres betrachten wir ausführlicher als die anderen Medien, weil darauf oft schon andere Dienste laufen (Digital-TV, Kabel-Internet). Dann gilt es beim parallelen Einsatz für den Inhaus-Transport ein paar Randbedingungen zu beachten, nicht nur um gegenseitige Störungen zu vermeiden, sondern um überhaupt eine Datenverbindung zu bekommen.

Beim Einordnen der Techniken helfen ein paar kurze Begriffsklärungen. Alle Systeme setzen das Ethernet-Signal auf die eigene Transportmethode über Adapter um. Viele davon arbeiten in einer Bus-Topologie: Alle Adapter hängen am selben

Medium. Bei Powerline ist das die verzweigte Stromleitung, beim EoC das Koax-Kabel des TV-Verteilsystems. Dabei gilt: Wenn einer sabbelt, müssen alle anderen schweigen (Shared Medium).

Die auf dem Medium erzielbare Bandbreite teilen sich alle Adapter und die daran angeschlossenen Geräte (Hosts). Wenn vier Hosts scheinbar gleichzeitig kommunizieren, bekommt jedes Paar im Schnitt die halbe Datenrate. Bei Powerline und Koax lassen sich je nach System maximal 8 oder 16 Adapter vernetzen.

In der Stern-Topologie gibt es dagegen einen zentralen Verteiler. Bei Ethernet ist das beispielsweise der in den Router integrierte Switch. Hier können Datentransfers zwischen verschiedenen Host-Paaren gleichzeitig laufen. Basis dafür ist eine Punkt-zu-Punkt-Konstellation (P2P): Genau zwei Adapter kommunizieren miteinander, beim Ethernet-Switch ist das einer seiner Ports und das per LAN-Kabel daran angeschlossene Gerät. Der Switch leitet die Daten intern zwischen seinen Ports weiter. So kann ein 8-Port-Switch für Gigabit-Ethernet bei gleichzeitiger Übertragung über alle Ports in beide Richtungen (Vollduplex, simultanes Senden und Empfangen) bis zu 16 Gbit/s umschlagen.

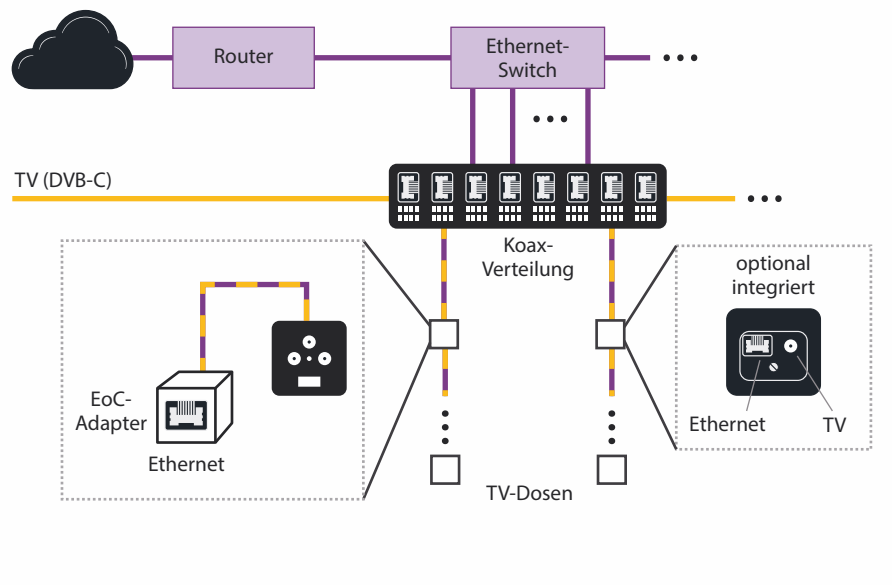
Via Stromleitung

Auch wenn das Hausstromnetz in mehreren Strängen vom Sicherungskasten als Sternpunkt verzweigt, ist es aus der Sicht von Powerline-Adaptoren ein Bus. Denn sie schicken Daten mittels eines schwachen Hochfrequenzsignals auf die Stromleitung, das fast gleichzeitig bei allen anderen PLC-Adaptoren in der Wohnung und oft auch beim Nachbarn ankommt.

Von den Nebenstrecken ist Powerline die holprigste: Stromkabel sind für den

Sternverteiler für TV und Daten

Digital-TV läuft in größeren Häusern oft über mehrere Koaxkabel-Stränge mit einem passiven Verteiler an der Einspeisung. Wenn die Dämpfung im Koax-System zu hoch für simple Ethernet-over-Coax-Adapter an unterschiedlichen Enden ist, hilft ein zentraler Verteiler.



Energietransport ausgelegt, die Datenübertragung setzt da nur parasitär auf. Deshalb ist das praktisch dafür nutzbare Spektrum mit 2 bis zirka 80 Megahertz (MHz) recht klein. Zudem sind davon einige Bereiche ausgenommen (Notching), um den Amateurfunk zu schonen. Und besonders oben im Spektrum ist die Signaldämpfung hoch und wegen der in jeder Wohnung anderen Leitungsführung stark variabel. Deshalb sind auch die zu erwartenden Datenraten sehr unterschiedlich.

Zwar hat sich die mit Powerline mögliche Bruttodatenrate seit Anfang des Jahrtausends von winzig anmutenden 14 Mbit/s

auf inzwischen 1200 Mbit/s bei der verbreiteten Übertragungstechnik HomePlug AV2 gemausert. Bei dem nicht zu HomePlug AV2 kompatiblen G.hn Wave 2 sollen nominell sogar bis 2400 Mbit/s gehen.

Doch auf Anwendungsebene schleusen Powerline-Adapter realistisch nur in wenigen Fällen 200 oder mehr Mbit/s durch, etwa bei exzellenter Verbindung zwischen zwei Steckdosen auf beiden Seiten einer Wand. Je nach Steckdosenkombination streut der Durchsatz in einer Wohnung typischerweise zwischen 10 und etwas über 100 Mbit/s [1].

Zudem beharken VDSL- und Powerline-Modems einander manchmal: Laufen eine PLC-beaufschlagte Stromleitung und die VDSL transportierende Telefonleitung im Haus nah beieinander, kann es zu Übersprechen kommen. Beide kompensieren solche Störungen unterschiedlich, aber der Durchsatz sinkt trotzdem etwas.

Allerdings kann gelegentlich die DSL-Synchronisation zusammenbrechen, dann ist für ein bis zwei Minuten „das Internet weg“. Gegen diesen besonders lästigen Effekt hat der hiesige Powerline-Entwickler Devolo ein Kraut gezüchtet [2].

Übern Telefondraht

Für den Datentransport über Strecken bis zu einigen hundert Metern hat die Tele-

Inhaus-Vernetzungstechniken abseits von Ethernet und WLAN

Methode	Medium	Übliche Topologie	Maximale Linkrate	Erzielbarer Nettodurchsatz
HomePlug AV2	Stromleitung	Bus	1200 Mbit/s	400 Mbit/s ¹
G.hn Wave 2	Stromleitung	Bus	2400 Mbit/s	400 Mbit/s ¹
MoCA 2.5	Koax-Kabel	Bus	3500 Mbit/s	2300 Mbit/s
MoCA 3.0	Koax-Kabel	Bus	> 10.000 Mbit/s ²	9500 Mbit/s ²
G.hn Wave 2	Koax-Kabel	Bus	2400 Mbit/s	1500 Mbit/s ³
G.hn Wave 2 erweitert	Koax-Kabel	Bus	> 10.000 Mbit/s ²	9500 Mbit/s ²
G.fast (Profil 106a)	Telefonleitung	Stern	1000 Mbit/s ⁴	750 Mbit/s
G.fast (Profil 212a)	Telefonleitung	Stern	2000 Mbit/s ⁴	1500 Mbit/s
G.hn Wave 2	Telefonleitung	Punkt-zu-Punkt	2400 Mbit/s	1500 Mbit/s ³

¹ unter optimalen Bedingungen; in realen Hausstromnetzen niedriger (30–240 Mbit/s bei HomePlug AV2, 50–230 Mbit/s bei G.hn Wave 2)

² geschätzt ³ MAC-Durchsatz laut Chiphersteller MaxLinear ca. 1700 Mbit/s ⁴ Summe Down-/Upstream, per Konfiguration aufteilbar, typisch 8:2

Powerline-Durchsatz in einer Wohnung

Der Durchsatz bei Powerline-Datenübertragung fällt je nach Steckdose anders aus. Je weiter weg die Gegenstelle leitungstechnisch vom Router liegt, desto niedriger ist der Durchsatz in Mbit/s. Das kann sogar Steckdosen im selben Raum treffen. Diese Messwerte von 2015 sind auch 2022 noch typisch.



fonleitung mit den 250 Mbit/s der Super-Vectoring-VDSL-Internetzugänge absehbar ihr Maximum erreicht. Oberhalb der dort eingesetzten 35 MHz steigt die Signaldämpfung schnell in unpraktikable Höhen, denn Telefonkabel waren ursprünglich nur zur Übertragung von Sprache bis knapp 4 Kilohertz (0,004 MHz) vorgesehen.

Über die innerhalb von Gebäuden deutlich kürzeren Distanzen bis einige dutzend Meter kann dieses Medium aber gute Dienste leisten: Internetanbieter von Fiber-to-the-Building (Glasfaser bis in den Keller) nutzen Telefonkabel für das Inhaus-Weiterverteilen in Stern-Topologie mittels der Technik G.fast. Sie erreicht mit rund 200 MHz Signalbandbreite bis zu 2000 Mbit/s, was die Provider typischerweise 8:2 auf Down- und Upstream verteilen. Dabei sorgt Vectoring zwischen den Adernpaaren in Sammelkabeln dafür, dass die G.fast-Datenströme verschiedener Kunden einander möglichst wenig stören.

Fürs Vernetzen über Telefonleitungen innerhalb von Wohnungen hat sich der Parallelstandard G.hn Wave 2 etabliert. Beispielsweise bietet Devolo mit der Giga Bridge einen Adapter an, der das Glasfasermodem im Keller an den Router im Wohnzimmer koppelt. Im Test [3] probierten wir diese alternative Betriebsart der Devolo-Geräte aus und erzielten über 35 Meter Telefonleitung 950 Mbit/s.

G.hn-Adapter gibt es auch von anderen Anbietern, beispielsweise Giga Copper oder Allnet. Achten Sie bei der Auswahl auf die Signalbandbreite: Manche Hersteller setzen ihren Adaptern eine niedrigere Maximalfrequenz von beispielsweise 76 MHz, um Störungen von Funkdiensten und UKW-Radios durch Abstrahlungen ungünstig verlegter Leitungen zu vermeiden. Solche Adapter schaffen maximal um die 500 Mbit/s.

Multifon

Wer mehr als zwei Punkte über Telefonleitungen verbinden muss, sollte nach G.hn-Switches für eine Stern-Topologie Ausschau halten. Der G.hn-Switch ersetzt die alte Telefonanlage; an die Stelle der Telefone kommen passende Modems. Beides bietet beispielsweise Giga Copper, wobei ein Zweiersatz Modems mit 230 Euro vergleichsweise günstig ist, ein 8-Port-Switch aber gleich mit 1700 Euro ins Kontor schlägt.

Wichtig bei dessen Einsatz: Die Telefonleitungen sollten idealerweise einzeln und nicht über längere Strecken als Bündel oder in den oben erwähnten Sammelkabeln verlegt sein. Zwar verwenden G.hn-Switches eine Störminderungstechnik (Neighbor Domain Interface Mitigation). Aber weil das für Powerline-Übertragungen ausgelegte NDIM auf Telefonkabeln wahrscheinlich nicht so effizient

ist wie das Vectoring bei G.fast, könnten G.hn-Systeme einander wegen des gemeinsam genutzten Spektrums beeinträchtigen.

Vor zwei Sackgassen beim Vernetzen über Telefonleitungen sei noch gewarnt: Lassen Sie gebrauchte HomePNA-Switches und Adapter links liegen. Diese 1999 gestartete Technik der Home Phoneline Networking Alliance erreichte 2007 mit 3.1 ihre letzte Version. HomePNA-3.1-Adapter haben 100 Mbit/s langsame Ethernet-Ports, können also auch höchstens diese Datenrate transportieren. 2013 schloss sich die HomePNA dem Homegrid Forum an, das G.hn propagiert.

Manche Heimvernetzer schließen als Notlösung eine vieradrige Telefonleitung per RJ45-Stecker direkt an Switch und PC an, denn für Fast-Ethernet-Verbindungen genügen zwei Adernpaare. So lassen sich aber nur 20, vielleicht mal 30 Meter mit 100 Mbit/s überbrücken.

Koexistenz im Koax-Kabel

Datentechnik versus Dienst	Koax frei	DVB-C/DOCSIS	DVB-S
G.hn Wave 2	✓	✓ ¹	✓
G.hn Wave 2 erweitert	✓	–	–
MoCA 2.5	✓	✓ ²	✓ ³
MoCA 3.0	✓	–	–

¹ Filter zwischen Hauseinspeisung und Inhaus-Verteiler nötig
² MoCA im D-Band, DVB-C/DOCSIS nur bis 1 GHz ³ MoCA im E-Band

JavaLand

15. – 17. März 2022

im Phantasialand bei Köln

Die Konferenz der Java-Community!

www.javaland.eu



Jetzt Ticket sichern:



Community-Partner:



Präsentiert von: **DOAG**  Heise Medien

Durchs TV-Kabel

Koaxialkabel, kurz Koax, dienen seit Dekaden als breitbandiges Medium für Funkanwendungen, darunter Radio- und Fernsehsignale. Sie leiten auch sehr hochfrequente Signale verlustarm weiter, beispielsweise in Notebooks das WLAN-Signal zwischen Platine und Antenne.

In Wohngebäuden dienen Koax-Leitungen zum Verteilen des TV-Signals (heute Digital Video Broadcasting, DVB), entweder vom Hausanschluss des Kabel-TV-Anbieters (DVB-C) oder von einer (Gemeinschafts-)Satellitenschüssel zur Set-top-Box (DVB-S). Der Internetzugang per TV-Kabel mit DOCSIS-Technik (Data Over Cable Service Interface Specification) ist ein Nebenprodukt, das sich das Spektrum im Kabel mit den DVB-C-Fernsehsignalen teilt.

Anfang des Jahrtausends tauchten erste Adapter auf, die Ethernet-Daten parallel zum TV-Signal mit 60 bis 70 Mbit/s durch das Koax transportieren (Kurztest Corinex CableLAN AV200, c't 22/2005, S. 83). Seitdem hat sich die Technik stark weiterentwickelt.

Moderne Ethernet-over-Coax-Adapter schaffen oft vollen Gigabit-Ethernet-Durchsatz [3], wofür sie die Übertragungstechniken G.hn Wave 2 der International Telecommunication Union (ITU) und MoCA 2.5 der Multimedia over Coax Alliance nutzen. EoC-Adapter, die nach älteren Standards arbeiten, sind nicht mehr zeitgemäß, weil langsamer.

Ganz frisch auf dem Markt: Der 85 Euro teure MoCA-Adapter goCoax MA2500D mit Multigigabit-Ethernet-Port

transportierte bei einem ersten kurzen Test per TCP 2,3 Gbit/s. Der Weg in die Multigigabit-Gesellschaft ist also im Koax schon gebahnt. Andere Hersteller und Anbieter wie Allnet, Axing, Cablehome oder Devolo dürften bald nachziehen.

Mit einem frequenzmäßig erweiterten G.hn Wave 2 und MoCA 3.0 werden prinzipiell auch 10 Gigabit/s auf dem Koax-Kabel möglich. Aber das funktioniert nicht mehr parallel zu anderen Diensten wie Digital-TV (DVB-C oder DVB-S), weil die Inhaus-Datenübertragung dann das volle Koax-Spektrum belegt. Jenseits von 2 Gbit/s muss man sich also für einen der Dienste entscheiden. Angesichts der stetig schwindenden Bedeutung von linearem TV via DVB-C oder DVB-S spricht künftig mehr für Ethernet, das ja auch Live-Fernsehen transportieren kann, nämlich als Multicast-IPTV-Streams wie etwa beim MagentaTV der Telekom.

Paralleldienst

In den meisten Heimen ist das Koax-Verteilssystem schon von mindestens einem Dienst belegt, typischerweise entweder Kabel-TV (DVB-C/DVB-C2) nebst Internetzugang oder Satelliten-TV (DVB-S/DVB-S2). Man muss also vor dem Kauf eines EoC-Adapters überlegen, welche Technik am besten passt. Die kleine Checkliste (Seite 24) gibt eine erste Orientierung, und die Spektrumsgrafik zeigt detaillierter, welche Dienste in welchen Frequenzbereichen arbeiten, damit man Kollisionen vermeidet.

Einfach ist, wenn das Internet per TV-Kabel an der ersten TV-Dose des Ka-



Die MoCA-Adapter goCoax MA2500D schleusten im c't-Labor schon 2,3 Gbit/s auf Anwendungsebene durchs Koax.

belstrangs ankommt und Kabel-TV ungenutzt bleibt. Dann kann man dort den Strang auftrennen (Kabel-Router an erste Dose, EoC-Adapter ans weiterführende Koax-Ende). Doch in der Praxis ist die Situation oft komplizierter und für den optimalen Einsatz ist die Kenntnis der Kabelwege unerlässlich.

EoC im Eigenbau geht nur dann glatt und risikoarm über die Bühne, wenn die Koax-Verteilung in Ihrer Bleibe vom Netz des Kabel-TV-Anbieters getrennt ist. Andernfalls kann das EoC-Signal ins Providernetz hinüberschwappen: Das Kabel-Internet der Nachbarn fällt aus, einzelne TV-Programmbouquets oder der per Kabel verteilte Digitalrundfunk werden gestört. Findet die vom Provider entsandte Technikerin den Fehler in Ihrem Eigenbau, landet neben deren Rechnung womöglich eine kostenpflichtige Unterlassungsaufforderung des Provider-Anwalts in Ihrem Briefkasten. Das Geld sollten Sie lieber für eine sachgerechte EoC-Installation durch eine Fachfirma einplanen.

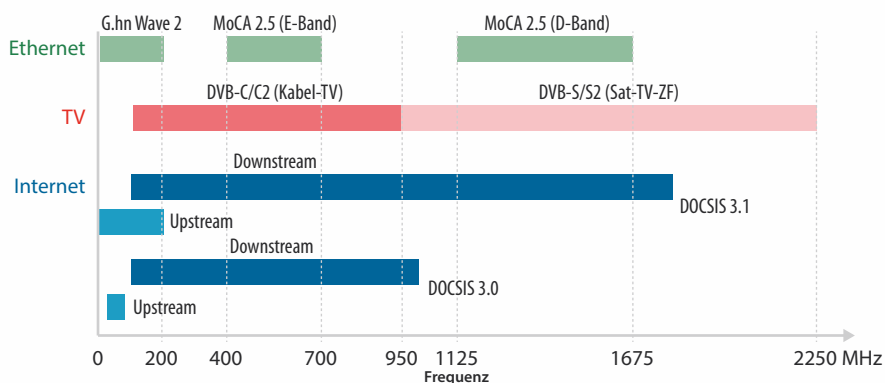
Voraussetzungen

Eine Voraussetzung für den schnellen Datentransport übers Koax-Kabel sind rückkanalfähige TV-Verteilerdosen ohne Filter, damit das gesamte Spektrum (0 bis 2,2 GHz) an allen Anschlüssen verfügbar ist. Beispiele für Durchleitungsdosen (zwei Kabelenden in der Wand) sind Axing BSD 21-11 oder Kathrein ESD-44; die Pendants als End- beziehungsweise Einzeldosen heißen BSD 21-00 und ESD-84. Damit ist man auch für das kommende Kabel-TV/Kabel-Internet mit DOCSIS 4.0 gerüstet, das voll duplex arbeitet.

Wenn die Wohnung nur einen Koax-Strang hat, dann braucht man neue Dosen an allen Stellen, wo das EoC-Signal durch-

Koax-Spektrum

Auf einem Koax-Kabel können mehrere Dienste parallel laufen, typischerweise der Internetzugang (DOCSIS) und Kabelfernsehen (DVB-C/C2). Soll das Koax zusätzlich Ethernetdaten transportieren, muss man einen Adaptertyp wählen, dessen Spektrum nicht mit dem anderer Dienste überlappt.



geht, also jenen für die Adapter und alle dazwischen. Die Durchleitungsdosen dämpfen das EoC-Signal beim Weitergeben etwas. Deshalb bauen Adapter, zwischen denen ein längerer Kabelstrang mit vielen Dosen liegt, manchmal keine Verbindung zueinander auf. Dann kann es helfen, auf dem Weg ungenutzte Dosen durch eine Kupplung zu ersetzen.

Gibt es in größeren Gebäuden mehrere Koax-Stränge und die EoC-Adapter hängen an verschiedenen, dann muss der gesamte Weg ertüchtigt werden. Im Zweifel ist es einfacher, gleich alle Dosen zu erneuern. Das betrifft auch den zentralen Verteiler im Sternpunkt, von dem die Stränge abgehen: Ein passiver Verteiler darf wie die Dosen keine Filter enthalten und muss bis 2,2 GHz geeignet sein.

Sitzt dort aber ein aktiver DVB-C-Verteiler, dann muss der durch eine Variante mit EoC-Einspeisung ersetzt werden. Solche Geräte bietet beispielsweise Digital Devices an. Die Grafik „Sternverteiler“ zeigt das Prinzip. Die Installation ist dann Sache für Fachpersonal.

Energie und Kosten

Einen Alternativweg für die Internetverteilung zu aktivieren, geht nicht ohne Investition: Man braucht mindestens zwei Adapter, die für Powerline ab zirka 50 Euro pro Stück zu haben sind, aber für Koax und Telefonleitung auch mal einen Hunderter und mehr kosten können.

Dazu kommt bei Koax als Medium der eventuell nötige Austausch der TV-Dosen und die möglicherweise nötige Installation eines Filters durch eine Fachfirma. Eine brach liegende Telefonleitung gängig zu machen kann ebenfalls einen Technikerbesuch erfordern.

Schließlich verursacht die so freigegebene Nebenstrecke Stromkosten: Die Adapter ziehen je nach Typ und Betriebszustand von knapp unter 1 Watt (Standby bei Powerline-Adaptorn) bis rund 4 Watt (aktiver Datentransfer bei MoCA-Adaptorn).

Typischerweise liegt die Idle-Leistungsaufnahme eines Geräts bei rund 2 Watt. Die schlagen sich bei 30 Cent pro Kilowattstunde jährlich mit etwas über 5 Euro auf der Stromrechnung nieder.

Fazit

Powerline, die Technik zur Inhaus-Vernetzung über die Stromleitungen, hat ihren Zenit überschritten. Zum mehr oder weniger verlustarmen Weiterleiten langsamen und mittelschnellen Internets bis 200 Mbit/s taugt sie zwar weiterhin.

Aber die Gigabit-Musik spielt woanders: Ungenutzte Telefonleitungen transportieren mit passenden Adaptern mehrere hundert bis knapp an 1000 Mbit/s über nennenswerte Distanzen. Über die TV-Koax-Verteilung geht sogar schon das Doppelte. Perspektivisch schafft das Koaxialkabel 10 Gbit/s – wenn man dafür Kabel- und Sat-TV aufgibt.

(ea@ct.de) 

Literatur

- [1] Ernst Ahlers, Stromnetz-Surfer, Magic 2 soll die Powerline-Datenrate verdoppeln, c't 25/2018, S. 55
- [2] Ernst Ahlers, Entstörsdienst, Powerline-Optimierung gegen DSL-Unterbrechungen, c't 16/2021, S. 126
- [3] Ernst Ahlers, Passagier im Koax, EoC-Adapter für Datentransfer über TV-Kabel, c't 2/2022, S. 98

Es gibt **10** Arten von Menschen.
iX-Leser und die anderen.



3x als Heft

Jetzt Mini-Abo testen:
3 Hefte + Bluetooth-Tastatur nur 19,35 €
www.iX.de/testen

„Baut intern Kompetenz auf!“

„Krawall-Influencerin“ Lilith Wittmann über staatliche Digitalprojekte

Die Aktivistin und Sicherheitsforscherin Lilith Wittmann deckte die Mängel der staatlichen Ausweis-App ID Wallet auf. Im c't-Interview fordert sie die neue Bundesregierung auf, aus dem Debakel zu lernen.

Von Holger Bleich und Christian Wölbart

Lilith Wittmann bezeichnet sich auf Twitter als „Krawall-Influencerin“ und „schwarzer Block der Verwaltungsdigitalisierung“. Regelmäßig legt sie sich öffentlich mit Behörden und Politikern an. Sie twittert aber nicht nur, sie deckt auch immer wieder Sicherheitslücken auf: Im Frühjahr zerpfückte sie eine Wahlkampf-App der CDU, im Sommer die Videokonferenzsoftware der bayerischen Schulen, im Herbst die ID-Wallet-App der Bundesregierung. c't sprach mit ihr über die Lehren aus dem ID-Wallet-Fall. Der Staat müsse endlich selbst IT-Know-how aufbauen, statt Projekte an Berater auszulagern, fordert sie. Und statt auf ID Wallet sollte die Politik auf den E-Perso setzen.

c't: Frau Wittmann, warum setzen Sie sich so intensiv mit staatlichen Digitalprojekten auseinander?

Lilith Wittmann: Ich beschäftige mich beruflich seit vielen Jahren mit Digitalisierung und habe in der Privatwirtschaft viele spannende Produkte gebaut. Irgendwann habe ich mich gefragt, warum das beim Staat nicht funktioniert.

c't: Sie haben zusammen mit einem anderen Sicherheitsforscher demonstriert, wie leicht Angreifer Daten aus der Ausweis-App ID Wallet stehlen konnten.

Wie konnte es so weit kommen, dass die Bundesregierung eine derart unsichere App veröffentlichte?

Wittmann: ID Wallet ist ein anschauliches Beispiel. Das Projekt entstand, weil Angela Merkel ihr letztes Kanzlerinnenjahr zum Jahr der Digitalisierung machen wollte. Wenn man Merkel ist, geht man dann zu seinem Digitalreferat im Bundeskanzleramt. Dort sitzt aber keine einzige Person mit IT-Hintergrund. Also wurde IBM reingeholt, plus eine kleinere Beratungsfirma namens Esatus. Die haben schnell eine App gebaut. Doch weder IBM noch Esatus noch das Bundeskanzleramt hatten Kompetenz darin, wie man das Datensicher macht. Kurz vor der Wahl kam die politische Entscheidung, die App zu veröffentlichen, damit die CDU schön digital ist. Und dann haben wir keine 48 Stunden gebraucht, um das Ding komplett zu zerlegen.

c't: Was sollte die neue Bundesregierung aus dem Fall lernen?

Wittmann: Für mich ist der Kernpunkt: Die Verwaltung hat aus diesem Debakel relativ wenig gelernt, insbesondere auf der technischen Ebene. Denn das Projekt war komplett ausgelagert. In der Verwaltung gab es nur zwei Personen, die es gesteuert haben.

Mein wichtigster Appell an die neue Bundesregierung ist deshalb: Baut endlich intern Kompetenz auf! Das Externalisieren von Digitalprojekten muss aufhören. Eine digitale ID ist kein Projekt, das man zu einer Agentur schmeißt, und dann ist

das fertig. Das ist Basisinfrastruktur, um die sich der Staat kümmern muss.

c't: Ein typisches Argument der Politik für das Auslagern von IT-Projekten an Berater lautet, dass der Bedarf temporär ist. Ist da nicht auch etwas dran?

Wittmann: Das ist völliger Bullshit. Digitalprojekte sind immer Produkte. Davon baut man eine erste Version und arbeitet darauf iterativ weiter. Gerade Basisinfrastruktur ist nie fertig. Die Schienen für die Bahn sind auch nie fertig.

c't: Trotzdem gibt es manchmal auch Arbeitsspitzen, zum Beispiel, wenn einmalig ein Algorithmus für die Grundrente programmiert werden muss.

Wittmann: Ja, manchmal hat man Spitzen, gerade am Anfang. Dann kann man für sechs oder zwölf Monate 100 Leute dazuholen. Aber es müssen auch 100 interne Leute da sein. Wenn die 100 Externen wieder gehen, darf die Kompetenz nicht weg sein.

c't: Die Corona-Warn-App wurde von SAP und der Telekom entwickelt. Bis das Bundesgesundheitsministerium so etwas alleine schafft, wäre es noch ein ziemlich weiter Weg, oder?

Wittmann: Hätte man zu Anfang der Pandemie gesagt: Wir suchen 200 festangestellte Entwickler, wir zahlen, was der Markt verlangt, und ihr dürft dabei helfen,



Bild: Martin Moeke, CC BY-SA 4.0

Deutschland vor Corona zu retten, dann hätten die Leute dem Ministerium die Bude eingerannt. Aber ich gebe zu, es hätte wohl drei Monate länger gedauert, wegen der Einarbeitung.

c't: Wie realistisch ist es, dass der Staat den Entwicklern ein marktübliches Gehalt zahlt?

Wittmann: Tatsächlich stuften viele Behörden ihre Entwickler nur in den mittleren oder gehobenen Dienst ein. Das ist zu weit weg vom Marktniveau. Aber man kann Entwickler auch in den höheren Dienst einstufen. Dann sind gemäß Tarif rund 75.000 Euro im Jahr drin. Das ist nicht top, aber gut. Manche Behörden machen das auch schon so. Und zum Vergleich: Ein externer Softwareentwickler kostet 15.000 bis 25.000 Euro pro Monat.

c't: Auf Twitter formulieren Sie Ihre Kritik oft ziemlich scharf. Zum Beispiel haben Sie der neuen Innenministerin Nancy Faeser vorgeworfen, sie sei „auf dem Schoß“ bestimmter Beratungsfirmen auf einem Kongress aufgetreten. Wie haben Sie das gemeint?

Wittmann: Genauso, wie ich es gesagt habe. Man muss sich anschauen, wer die Konferenz organisiert hat: ein großes Beratungshaus. Da waren mehr Berater als Leute aus der Bundesverwaltung, auf den Bühnen, im Publikum.

c't: Es schwingt aber auch der Vorwurf mit, dass Kumpanei herrscht und Aufträge zugeschustert werden.

Wittmann: Ich will nicht sagen, dass da Geld fließt. Aber es gibt sehr enge Beziehungen zwischen den Beratungshäusern und der

Bundesverwaltung. Wenn ich jemanden von IBM sehr gut kenne, werde ich IBM auch für das nächste Projekt fragen. Natürlich gibt es eine Ausschreibung. Aber die wird häufig auch von einer Beratungsfirma geschrieben. Nicht von der Firma, die gewinnt, aber von einer der anderen.

c't: Sie bezeichnen sich als „Krawall-Influencerin“. Glauben Sie, dass Sie mehr erreichen, wenn Sie scharf formulieren?

Wittmann: Ich glaube, das kann sehr gesund sein. Die Verwaltungsdigitalisierung ist eine Blase an Leuten, die sich den ganzen Tag selbst bestätigen. Da muss man auch mal sagen, hey Leute, das geht so nicht, das ist alles scheiße. Das ist bei mir selten unfundiert, und ich kann es erklären. Primär bin ich Aktivistin, deswegen finde ich es legitim, scharf zu formulieren.

c't: Nach dem ID-Wallet-Debakel stellt sich auch die Frage, auf welche Technik für digitale Identität die Bundesregierung setzen sollte. Auf den Ansatz der Self-Sovereign Identity (SSI), der mit ID Wallet im ersten Anlauf gescheitert ist? Oder auf den E-Perso, den seit zehn Jahren kaum jemand nutzt?

Wittmann: Diese ganze SSI-Geschichte ist fundamentaler Quatsch. Ich kann eine staatliche Identität nicht besitzen. Der Staat braucht per Definition eine gewisse Kontrolle darüber. Außerdem gehört zu SSI die Idee, dass Bürger ihre komplette Identität beliebig weitergeben. Wenn ich mich zum Beispiel bei einem Onlineshop identifiziere, bekommt dieser den digital signierten Ausweis und kann ihn speichern. Wenn es dann einen Datenabfluss gibt, fließen garantiert echte, staatlich verifizierte Daten ab. Dann haben wir irgendwann ein offenes Buch, das zeigt, wer alles in Deutschland lebt, mit allen Daten. Das finde ich gefährlich.

c't: Und der E-Perso?

Wittmann: Das Modell des E-Perso finde ich halbwegs in Ordnung. Das ist zehn Jahre abgehangen, und da gehen keine digital signierten Ausweisdaten an Dritte. Wenn Daten abfließen, ist das zwar auch schlimm. Aber es ist nicht nachweisbar, dass sie echt sind. Außerdem hat der E-Perso den Vorteil, dass er einen eigenen Chip hat. Ich bin ein Riesenfan davon,

Kryptografie in Hardware umzusetzen. Das ist in der Regel offline, niemand kann zugreifen. Wenn ich mich ausweisen muss, nehme ich das Ding aus der Hosentasche, halte es kurz ans Handy, fertig.

c't: Die Bundesregierung will den E-Perso in Smartphones integrieren. Dabei sollen die Ausweisdaten in einem speziellen Sicherheitschip gespeichert werden. Was halten Sie davon?

Wittmann: Das finde ich nicht per se falsch, das kann man machen. Ich glaube aber, dass nur wenige Handyhersteller das unterstützen werden. Wenn man bedenkt, was dieses Projekt bisher gekostet hat, wäre es deutlich sinnvoller, wenn die Bundesregierung es für Unternehmen kostenlos macht, den E-Perso in ihre Online-dienste einzubinden. Dann hätte der E-Perso einen Marktvorteil: Mehr Unternehmen würden ihn implementieren, und mehr Bürgerinnen und Bürger würden ihn nutzen. Auf diesen Plattformeffekt sollten wir setzen, statt digitale Identitäten ständig neu zu erfinden.

c't: Dann müssen wir weiter die Ausweiskarte umständlich mit dem Handy auslesen. Glauben Sie wirklich, dass der E-Perso so den Durchbruch schafft?

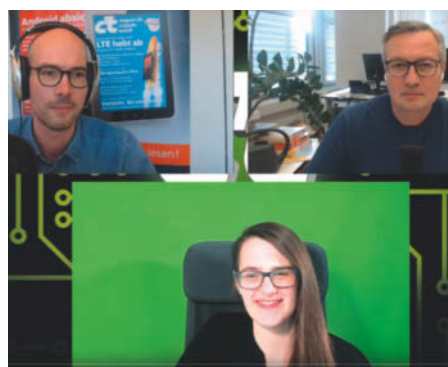
Wittmann: Der Aufwand ist halbwegs vertretbar, für das, was man da gerade tut. Man sollte den Leuten auch immer bewusst machen: Hey, du zeigst da gerade deinen Ausweis. Ich möchte das gar nicht so einfach machen, wie es irgend geht. Wir sollten nicht in einer Welt landen, in der man bei jedem Login im Internet seinen Ausweis zeigt. Denn es wird immer Datenabflüsse geben.

c't: Einige Länder nutzen eine zentrale ID-Lösung. Die Ausweisdaten liegen nicht in der Hand des Nutzers wie beim E-Perso, sondern auf einem Server. Wie sehen Sie solche Systeme?

Wittmann: Da gibt es jetzt einen Fall in der Ukraine. Die hat so ein zentrales System. Das ist richtig nutzerfreundlich, schön designet und gut gemacht. Jetzt sind aber auch 20 Millionen Ausweisdatensätze im Internet. Die hatten nämlich einen Datenabfluss. Das ist meine Antwort auf diese Frage.

(cwo@ct.de) **ct**

Interview als Video: ct.de/yxev



Das c't-Gespräch mit Wittmann sehen Sie über ct.de/yxev als Video.

Missliebige Tarnkappe

Warum sich Netzbetreiber gegen Apples Private Relay stellen

Vier europäische Netzbetreiber fordern von der Politik ein Einschreiten gegen Apples Privatsphärenschutz Private Relay. Doch viele ihrer Argumente halten einer genauen Überprüfung nicht stand.

Von Dušan Živadinović

Wie erst Mitte Januar bekannt wurde, haben die Chefs der Netzbetreiber Deutsche Telekom, Orange, Telefónica und Vodafone die EU-Kommission im August 2021 angeschrieben und sich besorgt über Apples Private-Relay-Dienst geäußert.

Mit Private Relay hat Apple im September 2021 für die aktuellen macOS-, iOS- und iPadOS-Versionen einen vielfältigen Dienst zum Privatsphärenschutz eingeführt. Er hat noch Beta-Status, aber man kann ihn bereits im Rahmen des kostenpflichtigen Online-Speicherangebots iCloud+ nutzen. Damit erhöht der Konzern die Attraktivität seines kostenpflichtigen Online-Speicherangebots iCloud+ und seines Safari-Browsers. iCloud+-Abonnenten bekommen ab 0,99 Euro monatlich 50 GByte Onlinespeicherplatz und eben Private Relay. Familienmitglieder können Private Relay ebenfalls nutzen.

Die Entwicklung der Technik treibt Apple namentlich in Person seines Mitarbeiters Tommy Pauly seit einigen Jahren voran, ein Großteil davon wird laufend in der Internet Engineering Task Force standardisiert, sodass auch andere Unternehmen oder Institutionen die Methoden implementieren können (siehe ct.de/y91n). Einer breiteren Öffentlichkeit stellte Apple den Dienst auf der Entwicklerkonferenz WWDC im Juni 2021 vor.

Private Relay soll Apple-Nutzerinnen und -Nutzer vor Tracking im Internet schützen. Bei ungeschütztem Surfen gibt es nämlich prinzipiell bis zu vier Akteure, die die IP-Adresse der Nutzer und deren Ziele für ihre Zwecke verwerten, ohne um

Erlaubnis zu fragen: Schnüffler im Netzwerk des Benutzers, Internet-Provider, Betreiber von DNS-Resolvern und von Zielservern, also etwa der angesteuerten Webseiten. Die Interessen reichen von Wirtschaftsspionage über Werbeeinnahmen bis hin zum Staatsschutz.

Wie der Anonymisierungsdienst Tor, so verbirgt auch Private Relay die IP-Adresse des Nutzers und seine Surf-Ziele nicht nur vor diesen Akteuren, sondern auch vor seinen eigenen Betreibern. Jedoch laufen bei Tor die Datenpakete über mehrere Stationen und deutlich längere Strecken mit deutlicher Verzögerung zum Ziel. Deshalb erfolgt der Webseitenaufbau nur zäh.

Mehrere Kaninchen in einem Hut

Private Relay wird oft darauf reduziert, dass es die Privatsphäre mittels zweier Proxies schützt, die die IP-Adresse des Nutzers verbergen. Tatsächlich zieht Apple aber mehrere Kaninchen aus einem Hut: Anonyme DNS-Auflösung, IP-Adressverschleierung, HTTPS-Übertragung von unverschlüsselten HTTP-Inhalten vom entfernten Proxy zum Nutzer und gesondert von den Proxies die Anonymisierung von Mail-Adressen und anonyme Abrufe von entfernten Inhalten in HTML-Mails.

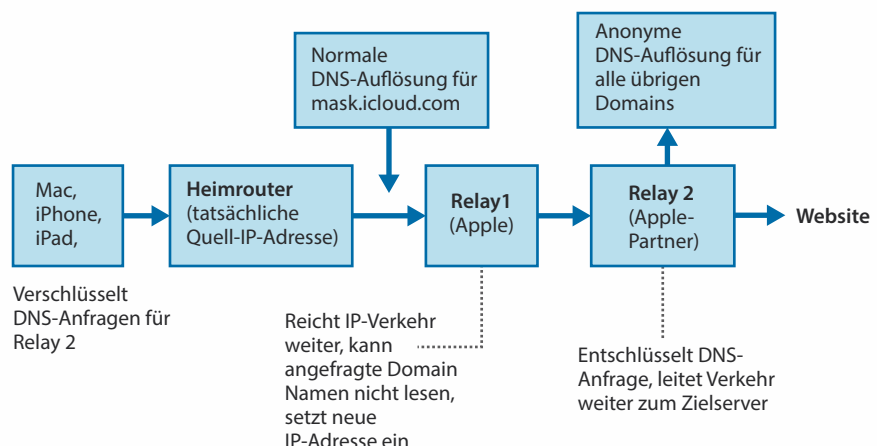
Die Methode in aller Kürze: Apples Betriebssysteme verschlüsseln ausgehende Datenpakete des Safari-Browsers und senden sie an einen Proxy, den Apple betreibt. Dieser ersetzt die IP-Adresse des Apple-Nutzers durch eine, die aus Adressblöcken der Apple-Partner Akamai, Cloudflare, Fastly oder Google stammt und ungefähr dem Aufenthaltsort der Nutzer entspricht. Diese regionale Zuordnung ermöglicht Diensteanbietern wie Netflix, erhaltene Browseranfragen zum nächstgelegenen Rechenzentrum (Content Delivery Network, CDN) auf regionale Angebote umzuleiten. Den tatsächlichen Standort verrät die neue IP-Adresse nicht.

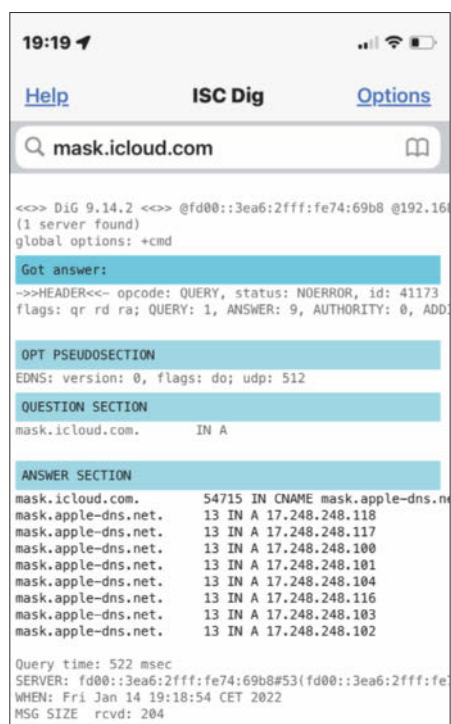
Die Pakete laufen vom ersten zum zweiten Proxy, den einer der vier Apple-Partner betreibt. Nur der zweite Proxy kann die vom ursprünglichen Absender verschlüsselten Daten entschlüsseln. Er leitet sie an den Zielserver weiter (z. B. Netflix) und löst auch DNS-Anfragen auf, und zwar anonym. So weiß nur der Benutzer selbst, wohin er surft.

Zwar bleibt der Surf-Schutz Apples Safari-Browser vorbehalten und überhaupt muss Private Relay manuell aktiviert werden. Doch allein in Deutschland erwarten Netzbetreiber 30 Millionen potenzielle

Private Relay

Apple und vier Partner aus den USA setzen auf zwei Proxies neue Techniken ein, um die Privatsphäre von Nutzern auf vielfältige Weise zu schützen. Nutzungsprotokolle fallen dabei nicht an.





Mit DNS-Tools wie dem iOS-Programm ISC Dig lässt sich prüfen, ob Apples Domain mask.icloud.com zur IP-Adresse aufgelöst wird. Hier klappt. Wenn nicht, dann vermutlich, weil der Netzbetreiber den Privatsphärenschutz Private Relay gesperrt hat.

Nutzer. Vielleicht ist es diese Menge, die sie in Bewegung gegen Apple bringt.

Schwere Geschütze

Jedenfalls fahren Orange, Telekom, Telefónica und Vodafone laut dem britischen Blatt Telegraph in einem Brief vom August 2021 an die EU-Kommission schwere Geschütze auf. Private Relay höhle die digitale Souveränität Europas aus, behindere Wettbewerb, das Netzwerkmanagement und die Erfüllung gesetzlicher Vorgaben. So würden „unsere Institutionen bei der Rechtsdurchsetzung und beim Schutz unserer Werte geschwächt“. Gemeint ist: Die Betreiber können Zugänge zu als illegal eingestuftem Inhalt nicht blockieren, wenn Nutzer Private Relay verwenden.

Doch wenn Nutzer ihre Privatsphäre mit Tor, VPN-Diensten oder anonymen DNS-Anfragen schützen (siehe ct.de/y91n), entstehen für Netzbetreiber ganz ähnliche Folgen, sodass sie sich auch dagegen stellen müssten. Falls sie das tun, dringt davon aber nichts nach außen. Und es trifft zwar zu, dass mit solchen Diensten das Netzwerkmanagement schwieriger wird. Das Argument erscheint aber zu klein, um einen solchen Brief an die EU zu

rechtfertigen – Monitoring geht auch, wenn Nutzer ihre Privatsphäre schützen.

Dass sich die vier Netzbetreiber Apple herauspicken, dürfte an der großen Zahl der potenziellen Nutzer liegen. Alle Netzbetreiberdienste und Kinderschutz- sowie Malware-Filter gründen darauf, dass Kunden ausschließlich die Infrastruktur der Netzbetreiber verwenden. Andernfalls scheitern Zugriffe auf netzinterne Dienste und die Filter der Netzbetreiber greifen nicht. Das Argument erscheint jedoch überzogen, weil es nur auf iCloud+-Kunden zutrifft und nicht auf alle Apple-User. Die Verfasser des Briefs behaupten zudem, dass solche Dienste nur noch Apple anbieten könne, wenn Private Relay aktiv ist.

Anscheinend haben sie nicht gelesen, dass man Private Relay leicht blockieren kann. Das geht am einfachsten, indem man die DNS-Auflösung zu den Domains mask.icloud.com und mask-h2.icloud.com verhindert, schreibt Apple selbst (siehe ct.de/y91n).

Außerdem läuft der Verkehr anderer Browser (Firefox, Chrome, Opera ...) am Private Relay grundsätzlich vorbei und Private Relay wird deaktiviert, sobald man ein VPN einschaltet oder eine App zur DNS-Verschlüsselung startet. Auch lenkt Private Relay nicht jeglichen Verkehr über die Proxies. Eine Ausnahmeliste hat Apple veröffentlicht (siehe ct.de/y91n).

Die Betreiber kritisieren auch, dass Private Relay Zero-Rating-Dienste verhindern. Beim Zero-Rating müssen Kunden für das Übertragungsvolumen bestimmter Dienste nicht zahlen. Die Telekom fasst solche Angebote unter dem Namen StreamOn zusammen. Tatsächlich treten Probleme mit StreamOn auf, jedoch nur in Bezug auf die Abrechnung und auch nur, wenn StreamOn-Daten unverschlüsselt via HTTP übertragen werden. Genau besehen trifft das nur auf etwa ein Viertel der Top-50-Angebote der Telekom zu. Ob er sein Angebot doch lieber HTTPS-verschlüsselt, entscheidet der tatsächliche Diensteanbieter, nicht die Telekom.

Zu Abrechnungsproblemen kommt es, weil Private Relay unverschlüsselten Verkehr ab dem zweiten Proxy HTTPS-verschlüsselt zum Kunden überträgt. Dabei sehen die Abrechnungssysteme der Telekom die IP-Adressen von Apples Partnern, schließen fälschlich darauf, dass der Datenabruf nicht aus dem Telekom-Netz kommt, und berechnen dem Kunden das Übertragungsvolumen. Nominell müsste er dafür nichts zahlen.

Die Telekom gab gegenüber Spiegel Online an, dass seit der Einführung von Private Relay eine Verkehrszunahme um fast 60 Prozent in Richtung Apple zu verzeichnen sei und „damit bekämen US-Sicherheitsbehörden Zugriff auf diese Daten“.

Zumindest der betreffende Sprecher der Telekom scheint die technische Beschreibung des Dienstes nicht gelesen zu haben (siehe ct.de/y91n). Apple schreibt zwar aus Authentifizierungsgründen mit, wann welche Nutzer ihren (anonymen) Zugangsschlüssel zum Private-Relay-Dienst erneuert haben, aber technisch lässt sich nicht protokollieren, wann welcher Nutzer welche Proxy-IP-Adresse verwendet. Somit fallen keine Daten zum Erstellen von Nutzungsprofilen an.

Möglicherweise legt die Telekom ihre tatsächlichen Interessen nicht offen. Sie zählt nämlich neben wenigen anderen Unternehmen auf der Welt zu den Tier-1-Providern, die vielen anderen Netzbetreibern Zugang zum weltweiten Internet gegen Entgelt gewähren und Inhalteanbietern ein Medium für deren Kundenkontakte bieten. Für beides möchte die Telekom gerne kassieren.

In Verhandlungen mit Inhalteanbietern hat der Konzern bisher gute Argumente, weil er anhand seines Monitorings sieht, welche Dienste viel Verkehr verursachen – etwa Amazons Video-Streams oder große Betriebssystem-Updates. Wenn aber Telekom-Kunden im großen Stil Videos über Private Relay abrufen, sieht die Telekom nur, dass große Datenmengen fließen, weiß aber nicht zuverlässig, wer sie liefert. So fehlen ihr harte Argumente gegenüber Inhalteanbietern, wenn es um deren Nutzungsentgelte geht.

Apple ist nicht ganz unschuldig an der kontroversen Diskussion. Genaue Beschreibungen findet nur, wer hartnäckig sucht; in den Betriebssystemen liefert der Konzern nur schwammige Kurzprosa. Ankreiden lassen muss sich Apple auch, dass Private Relay eigentlich eine Multi-Hop-Technik darstellt, also im Prinzip auch viele Relays mitspielen können – Apple nutzt bisher nur zwei. Zudem bestimmt allein Apple, welche Partner die DNS-Anfragen der Nutzer auflösen. Manche Firmen würden aber ihren Mitarbeitern gerne den Zugang zum eigenen DNS über das sichere Private Relay gewähren. (dz@ct.de) **ct**

Korrespondenz der EU, Spezifikationen: ct.de/y91n

Kurvenwarner im Bikerhelm

Ein Augmented-Reality-System im Motorradhelm hilft, die Kurvenfahrt zu optimieren. Ein Spin-off der ETH Zürich will diese Technik um weitere Infos im Sichtfeld ergänzen.

Ein Forscherteam um Simon Hecker aus dem Computer Vision Lab der ETH Zürich hat ein AR-Sicherheitssystem (Augmented Reality) für Motorradfahrer entwickelt. Dieses arbeitet mit Kameras am Motorrad und am Helm. Vor Kurven berechnet ein neuronales Netz aus den Kamerabildern die optimale Fahrlinie und Schräglage. Deren grafische Darstellung erscheint dann im Sichtfeld des Fahrers. Bei gefährlichen Fahrmanövern warnt das System den Piloten, beispielsweise wenn er mit zu hoher Geschwindigkeit in eine Kurve einfährt.

Mit einem Spin-off der ETH namens Aegis Rider hat Hecker inzwischen bereits den vierten Prototyp dieses AR-Systems fertiggestellt und plant für den Sommer eine Betatestphase auf der Straße. Noch in diesem Jahr wollen die Entwickler eine erste Version für den Verkauf anbieten.

„Entscheidend war es, die AR-Technik so zu miniaturisieren, dass sie in einen Motorradhelm passt“, sagt Hecker. Dem Aegis-Rider-Helm sei die AR-Technik von außen kaum anzusehen, die AR-Optik passe unter das Visier. Lediglich eine Kamera am Kinnstück verrät die Zusatzfunktion. Die Helmkamera sowie ein Eye-Tracking im Helminneren sind notwendig, um virtuelle Objekte dreidimensional passend ins Sichtfeld des Bikers einspielen zu können.

Über die Kurventechnik hinaus tüfteln die Entwickler an einigen weiteren Hilfe-

stellungen für Motorradfahrer. Gemeinsam mit einem Kartenanbieter arbeiten sie an einem integrierten Navigationssystem. Ein weiteres Ziel ist es, dem Motorradfahrer bei Bedarf eine bessere Blicktechnik zu vermitteln. Über eine Smartphone-App soll der Fahrer das AR-System konfigurieren und ungeliebte Funktionen ausblenden können. Ein Problem könnte allerdings die Helmwahl sein, da wird der Anwender nicht mehr die freie Auswahl haben. (agr@ct.de)

Aegis Rider im Video: ct.de/yyrt

Das Augmented-Reality-System zeigt dem Motorradfahrer die beste Kurvenlinie und die günstigste Neigung passend zur gefahrenen Geschwindigkeit.

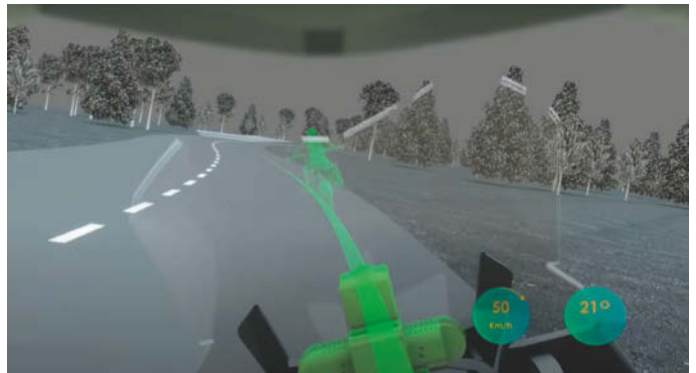


Bild: ETH Zürich / Aegis Rider

5000 Qubits in Jülich

Das Forschungszentrum Jülich hat einen **Quantenannealer von D-Wave** mit 5000 Qubits angeschafft und plant, diesen in seinen Supercomputer JUWELS Booster Module (Platz 8 der aktuellen Top-500-Liste) zu integrieren. Quantenannealer rechnen mit Qubits, sind aber keine uni-

versellen Quantencomputer, sondern auf die Berechnung von Optimierungsproblemen beschränkt. Damit können sie beispielsweise Verkehrsflüsse oder logistische Ströme verbessern, aber auch neuronale Netze für KI-Anwendungen effizient trainieren.

Der neue D-Wave-Rechner bildet neben der Quantencomputersimulation und dem Cloud-Zugriff auf einen Quantenannealer in Kanada einen weiteren Eckpfeiler des JUNIQ (Jülicher Nutzer-Infrastruktur für Quantencomputing). Er steht in einem eigens errichteten Gebäude mit vibrationsarmen Schwingungsfundamenten. Im nächsten Jahr soll hier zudem ein eigener Quantencomputer mit JUWELS-Anbindung einziehen. Laut Kristel Michielsen, Leiterin der Gruppe „Quantum Information Processing“, ist der neu erworbene Quantenannealer der erste mit Cloud-Anbindung außerhalb Nordamerikas. JUNIQ ermögliche den Zugang zu diesem System im Rechtsrahmen deutscher Gesetze und Kontrolle. (agr@ct.de)



Bild: Sascha Kreklau, Forschungszentrum Jülich

Dieser D-Wave-Quantenannealer mit 5000 Qubits ergänzt künftig die Infrastruktur für Quantencomputing in Jülich.

Avatar macht sicherer

In furchteinflößenden Situationen kann ein Begleiter beruhigend wirken. Auch **virtuelle Begleiter können aufkommende Angst lindern**, wie Forscher der Universität und des Uniklinikums Würzburg in Zusammenarbeit mit der chinesischen Zengzhou-Universität zeigten. Sie spielten Männern und Frauen Angst auslösende Geräusche vor und maßen deren Angstreaktion über die Veränderung der Hautleitfähigkeit. Zudem bewerteten die Probanden die Geräusche subjektiv. Es zeigte sich, dass vor allem Frauen weniger Angst verspürten, wenn sie in Begleitung einer Person waren. Etwa den gleichen Effekt erzielte ein lebenssecht nachgebildeter Avatar im virtuellen Raum. Insbesondere Frauen mit ausgeprägten sozialen Ängsten, die dazu neigten, sich ihrer Angstreaktion vor Dritten zu schämen, profitierten von einem Avatar, der ihr Sicherheitsgefühl sogar besser verstärken konnte. (agr@ct.de)



**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 ABONNIER 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.**



Frankreich: Hohe Bußgelder für Google und Facebook

Weil Google und Facebook mit „Dark Patterns“ die Einwilligung in Tracking-Cookies forcieren, werden 210 Millionen Euro Strafe wegen Datenschutzverstößen fällig.

Die französische Datenschutzbehörde CNIL sanktioniert Google erneut vergleichsweise hart: Der Konzern soll ein Bußgeld von insgesamt 150 Millionen Euro zahlen, davon 90 Millionen für die Google US-Mutterfirma und 60 Millionen für den europäischen Sitz in Irland. Die CNIL wirft dem Dienst vor, dass auf google.fr „Dark Patterns“ zum Einsatz kommen: Nutzer könnten Tracking-Cookies mit einem Klick durchwinken, müssten sich aber durch mehrere Fenster klicken, um sie abzulehnen. Auch Facebook Irland soll für ähnliches Vorgehen 60 Millionen Euro Strafe zahlen. Bessern die Konzerne bis Anfang April nicht nach, drohen zusätzlich 100.000 Euro Strafe täglich.

In ihrer Begründung betonte die französische Datenschutzbehörde, sie sei „materiell zuständig für die Überprüfung und Sanktionierung von Vor-

gängen im Zusammenhang mit Cookies, die von Unternehmen auf den Endgeräten von Internetnutzern in Frankreich abgelegt werden“. Das in der DSGVO vorgesehene „One-Stop-Shop“-Verfahren, nach dem für die Aufsicht von Google Irland die irische Datenschutzbehörde DPC zuständig ist, greife hier nicht. Man habe nach Artikel 82 des französischen Datenschutzgesetzes entschieden, der die E-Privacy-Regelungen der EU, nicht aber die DSGVO umsetzt.

Deshalb sei die CNIL „territorial zuständig“.

Beobachter gehen davon aus, dass Google Widerspruch einlegen wird, weil der Konzern auch frühere CNIL-Entscheidungen nicht hingenommen hat. Ein Sprecher teilte als Reaktion auf das Bußgeld immerhin mit, dass man Änderungen am Cookie-Management vornehmen und die Zusammenarbeit mit der CNIL suchen werde. Ähnliches ließ der Facebook-Mutterkonzern Meta verlauten. (hob@ct.de)

Refusing cookies should be as easy as accepting them
The CNIL fines **GOOGLE** and **FACEBOOK**

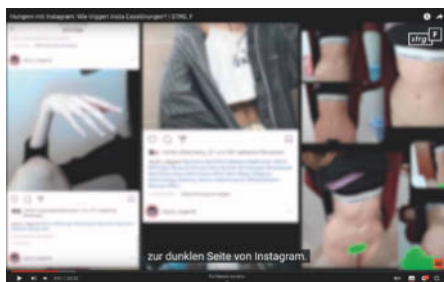
THE INVESTIGATIONS	THE BREACHES	THE DECISIONS
The CNIL has received many complaints reporting the way cookies can be refused on the websites facebook.com , google.fr and youtube.com . Online investigations were carried out on these websites.	A button allows immediate acceptance of cookies but there is no equivalent solution to refuse them equally easily . This process affects the freedom of consent of Internet users and constitutes an infringement of Article 82 of the French Data Protection Act .	The CNIL's restricted committee issued: - a fine of 60 million euros against FACEBOOK ; - a fine of 150 million euros against GOOGLE .

Bild: CNIL

Vorbildlich: Auf ihrer Website (www.cnil.fr) fasst die französische Datenschutzbehörde ihre Entscheidungen leicht verständlich zusammen.

Instagram befeuert Essstörungen

Das soziale Netzwerk Instagram kann Magersucht und vergleichbare Krankheiten fördern. Recherchen von NDR, WDR, Süddeutscher Zeitung und dem Schweizer Redaktionsnetzwerk Tamedia haben entsprechende Vorwürfe nun untermauert. Dabei spielen **sowohl der Empfehlungsalgorithmus als auch dubiose „Ernährungs-Coaches“** eine Rolle, die weitgehend ungestört ihr Unwesen treiben können.



Ein Beitrag des öffentlich-rechtlichen YouTube-Kanals STRG_F zeigt, welche verheerenden Auswirkungen Instagram auf Essstörungen haben kann.

Die Redakteure hatten Testkonten auf Instagram angelegt, in denen sie sich als essgestört ausgaben. Nachdem sie sich mit wenigen Accounts gleicher Art vernetzt hatten, bekamen sie Empfehlungen zu weiteren Konten und wurden ihrerseits empfohlen. Ein Account erreichte über 100 Abos in fünf Tagen. Dabei kamen sie auch in Kontakt zu den „Coaches“. Diese erteilten nicht nur schädliche Ernährungsratschläge und übten psychischen Druck bis zur Selbstverletzung aus, sondern fragten auch nach Bildern in Unterwäsche und bei Handlungen wie Erbrechen. Einige erpressten die Opfer damit anschließend.

Auf Meldungen reagierte Instagram nicht; erst nach Presseanfragen sperrte der Dienst die Accounts. Internen Dokumenten zufolge weiß Instagram durch eigene Versuche und Studien schon länger um das Problem, reagiere aber kaum darauf. Die Recherchen decken sich auch mit Aussagen der ehemaligen Facebook-Managerin Frances Haugen zu den Empfehlungsalgorithmen. (mon@ct.de)

PayPal plant Stablecoin

Der Zahlungsdienst PayPal will einen eigenen Stablecoin einführen. Das **private Krypto-Zahlungsmittel** soll an den wertstabilen US-Dollar gebunden sein. Der Dienst bestätigte Erkenntnisse des Entwicklers Steve Moser, der entsprechenden Code in der iPhone-App gefunden hatte, nannte aber keinen Zeitplan.

Mit dem Vorhaben konkurriert PayPal mit einem ähnlichen Projekt des vom Facebook-Konzern Meta geführten „Diem“-Konsortiums, dessen Mitglied PayPal 2019 kurzzeitig war – aber auch mit Kryptowährungen und digitalen Zentralbankwährungen (siehe S. 108). Mit 400 Millionen Nutzern weltweit könnte PayPal seine Position im internationalen Zahlungsverkehr ausbauen, zum Beispiel bei Wanderarbeitern. Anders als Meta hat PayPal langjährige Arbeitsbeziehungen zu Aufsichtsbehörden. Finanzexperten erwarten daher weniger Komplikationen bei der Zulassung. (mon@ct.de)

VPN-Turbo

WireGuard verdoppelt VPN-Geschwindigkeit bei Fritzbox 7590

AVMs nächste Firmware-Hauptversion FritzOS 7.50 wird als wichtige neue Funktion WireGuard als VPN-Technik mitbringen. In der Labor-Vorschau FritzOS 7.39 für die Fritzbox 7590 war die Umsetzung noch etwas hakelig, die Leistung aber schon sehr gut.

Von Ernst Ahlers

Bei der Produktpflege mit neuen Firmware-Versionen für seine Router führt der Berliner Hersteller AVM traditionell auch neue Funktionen ein. Im kommenden FritzOS 7.50 wird die VPN-Technik WireGuard (siehe ct.de/yhwr) die größte Neuerung sein. Wir konnten sie in der kurz vor Redaktionsschluss erschienenen Labor-Firmware 7.39 für die Fritzbox 7590 schon ausprobieren. Zu den weiteren FritzOS-Neuerungen folgt unten mehr.

WireGuard vermag beispielsweise – anders als AVMs bisherige IPsec-VPN-Implementierung – auch IPv6 als Transportprotokoll zu nutzen. Damit können künftig etwa Nutzer von DS-Lite-Internetzugängen (typisch bei Kabel-Internet- und Glasfaseranschlüssen) von außen auf ihre Heim- oder Büronetze zugreifen, solange sie die Verbindung aus einem IPv6-versorgten (W)LAN aufbauen.

Aktuell bietet FritzOS WireGuard nur für den Fernzugang an. Ein Gerät baut aus dem Internet eine Verbindung ins eigene Netz auf. Site-to-Site-Tunnel alias LAN-LAN-Kopplung hat AVM gegenüber c't für eine der nächsten Laborversionen zugesagt. Da die bisherige VPN-Umsetzung mit dem IPsec/IKEv1-Protokoll erhalten bleibt, verliert man beim Firmware-Upgrade nichts. AVM will das IPsec-VPN auch weiterentwickeln.

Um eine WireGuard-Verbindung zu erstellen, muss die Fritzbox in AVMs Clouddienst Myfritz eingebunden oder

über einen anderen DynDNS-Dienst per Domainname erreichbar sein. Der Rest braucht wenige Schritte: Unter Internet/Freigaben/VPN wählt man den Typ (Zugang für Laptop/PC oder Smartphone), benennt die Verbindung und bekommt nach einem Klick auf den „Erzeugen“-Knopf ein paar Sekunden später die Zugangsdaten angezeigt. Das ist ein Text, den man per Copy & Paste herauskopiert und als WireGuard-Konfigurationsdatei abspeichert, oder ein QR-Code, den man mit der WireGuard-App auf Smartphone oder Tablet scannt. AVM nutzt für WireGuard auch den dort optionalen Pre-shared Key, was die Sicherheit steigert.

Wichtig: Die Box zeigt die Zugangsdaten genau einmal an, nämlich an dieser Stelle, und speichert sie nicht intern. Sichern Sie Text oder QR-Code also sofort, denn anschließend kann man die Verbindung zwar bearbeiten, dabei aber nur umbenennen. Anders als beim IPsec-VPN sind die WireGuard-Zugänge nicht an einen in der Fritzbox eingerichteten Nutzer gebunden, sondern an den Client.

Mit dem bei VDSL-Anschlüssen üblichen PPPoE als WAN-Zugangstechnik maßen wir bei FritzOS 7.39 einen IPsec-Durchsatz von 76 Mbit/s Downstream (Internet ins Router-LAN) und 63 Mbit/s in Gegenrichtung, im Mittel 70 Mbit/s. Mit WireGuard waren es 188 und 103 Mbit/s, gemittelt 146 Mbit/s. Das entspricht einer Verdoppelung des VPN-Durchsatzes. Bei

IP-zu-IP (DHCP) am WAN-Port war es sogar etwas mehr (gemittelt 185 zu 67 Mbit/s, also Faktor 2,8).

Mit einer am Telekom-VDSL laufenden 7590 baute ein Client aus einem anderen Testnetz die WireGuard-Verbindung über einen IPv6-Tunnel auf. Im Tunnel lief dann aber nur IPv4, IPv6 transportierte er nicht. AVM knobelt noch daran, wie Letzteres geschickt umzusetzen ist. Eine WireGuard-Verbindung aus einem DS-Lite-Netz heraus zu einer nur mit IPv4 laufenden Fritzbox klappte reibungslos.

Mehr in 7.39

Wie üblich listet AVM in der Infodatei zur Labor-Firmware (ct.de/yhwr) zahlreiche Verbesserungen, etwa gesteigerte WLAN-Datenraten mit einigen Clients, mehr Interoperabilität und Robustheit bei verschlüsselter Telefonie, eine komfortable Steuerung von DECT-Headsets, exFAT-Unterstützung für USB-Speichermedien oder neue Vorlagen für Smart-Home-Automatiken.

Die Webseiten hat man weiter überarbeitet, einerseits für bessere Bedienbarkeit auf kleinen Bildschirmen, andererseits mit einer neuen Struktur etwa bei den WLAN-Einstellungen für mehr Übersichtlichkeit. Noch ist nicht alles rund, beispielsweise verschwindet das Menü auf der linken Seite, wenn man eine WireGuard-VPN-Verbindung bearbeitet.

Fazit

WireGuard als VPN ist für Fritzboxen nicht nur performancemäßig ein Gewinn, endlich klappen auch VPN-Verbindungen über IPv6 als Transportprotokoll. Die weitere Labor-Entwicklung bis zum finalen FritzOS 7.50 wird spannend. (ea@ct.de) **ct**

WireGuard-Artikel, Labor-Firmware:
ct.de/yhwr



In der Labor-Firmware FritzOS 7.39 fehlt noch ein Site-to-Site-WireGuard-VPN (LAN-LAN-Kopplung in AVM-Diktion) sowie eine Importmöglichkeit für eine Konfigurationsdatei. Beides will AVM nachliefern.

Angepasster Look

HDMI 2.1a mit neuem HDR-Modus, Filmmaker Mode für helle Räume und Dolby Vision IQ mit mehr Details und Kontrast

Bei Fernsehern geht es außer um immer neue Technik auch darum, aus den aktuellen Panels noch das letzte Quäntchen Bildqualität herauszuquetschen. Um dies zu erreichen, verfolgen HDMI Forum, UHD Alliance und Dolby verschiedene Strategien – eine davon setzt sogar schon beim Zusprieler an.

Von Nico Jurrán

Wer dachte, dass bei der digitalen Audio/Video-Schnittstelle HDMI mit der Spezifikation 2.1 auf Jahre alle nur denkbaren Entwicklungen erfasst sein würden, belehrt das HDMI Forum eines Besseren: Noch im ersten Quartal dieses Jahres will es die Erweiterung HDMI 2.1a veröffentlichen, die ein sogenanntes „Source-Based Tone Mapping“ (SBTM) ermöglicht.

Ausgangspunkt für die Entwicklung war der Umstand, dass nicht alle Panels in Fernsehern und Monitoren dieselben HDR-Fähigkeiten haben, sondern sich bezüglich der Helligkeit und des Farbumfangs zuweilen deutlich unterscheiden. Die Displays passen daher angelieferte HDR-Inhalte mittels des sogenannten „Tone Mapping“-Verfahrens an ihre jeweiligen Fähigkeiten an [1].

Nun kommt es allerdings vor, dass eine Quelle verschiedene Arten von Inhalten kombiniert, die sich untereinander in Kontrastumfang und Farbraum unterscheiden – dass sie also etwa statische mit dynamischen HDR-Inhalten mischt, Inhalte mit Standard- und erweitertem Kontrastumfang, Videos und Grafiken oder gleich alles auf einmal. Beispiele dafür sind ein gerendertes Menü eines Video-streamingdienstes mit unterschiedlichen Video-Thumbnails oder ein Spiel in HDR,

in das Grafiken und ein Videochat-Fenster eingeblendet werden.

Mischmasch

Laut HDMI Forum bewältigt ein HDR-Display in solchen Fällen das Tone Mapping selbst nicht mit befriedigendem Ergebnis – weshalb künftig diese Aufgabe den Zuspriehlern übertragen werden sollen. Letztere benötigen dafür vom Display allerdings Informationen über dessen Fähigkeiten, die sie per HDMI-Rückkanal empfangen. Als positiver Nebeneffekt soll sich SBTM auch nutzen lassen, um bei PCs und Spielekonsolen das Bild zu optimieren und dadurch manuelle Einstellungen überflüssig machen.

Laut HDMI Forum funktioniert SBTM am PC in einem Mehrbildschirmbetrieb sogar derart, dass sich die einzelnen Monitore auch für verschiedene Einsatzzwecke (etwa Videowiedergabe und Textdarstellung) optimieren lassen. SBTM ist aber kein neues HDR-Format und ersetzt weder die bisherigen Formate wie HDR

und HLG, noch sind spezielle Kabel nötig.

Um SBTM zu nutzen, müssen allerdings sowohl Zusprieler als auch Display diese Funktion unterstützen. Trifft dies auch nur auf eines der beiden Geräte nicht zu, wird bei HDR-Inhalten das bislang übliche Tone Mapping durch das Display durchgeführt. Laut HDMI Forum sollen aber einer Reihe von HDMI-2.1-Geräten mit einem Firmware-Update SBTM lernen. Konkrete Ankündigungen der Zusprieler- und TV-Hersteller stehen diesbezüglich aber noch aus.

Im Dunkeln

Über die Frage, wie ein Fernseher die angelieferten Bilddaten am besten darstellen kann, wird wiederum schon lange diskutiert. TV-Hersteller ließen dabei keine Gelegenheit aus, um auf die in ihren Fernsehern integrierten „Bildverbesserer“ hinzuweisen, die angeblich erst das Optimum aus dem zur Verfügung stehenden Quellmaterial holten. Auf Initiative berühmter Filmemacher wie Martin Scorsese spezi-



Ein Beispiel, wann „Source-Based Tone Mapping“ zum Einsatz kommen könnte: Ein PC liefert ein Spiel in HDR aus, blendet in Fenstern aber Videochats mit Standardkontrastumfang und Grafiken ein.

Bild: HDMI Licensing Administration Inc.

fizierte die UHD Alliance 2019 dann jedoch als Gegenansatz den sogenannten „Filmmaker Mode“ für Filme und Serien.

In dieser Betriebsart werden Zwischenbildberechnungen und alle Algorithmen abgeschaltet, die das Bild nachträglich schärfen, Farben intensivieren, deren Sättigung verändern oder Rauschen (Filmkorn) entfernen [2]. Und siehe da: Die Funktion ist mittlerweile auf allen neueren LG- und Samsung-TVs sowie ausgewählten Modellen von Hisense, Panasonic und Philips verfügbar. Auch einige neuere Projektoren bieten den Modus an.

In diesem Jahr will die UHD Alliance nun die nächste Phase des Filmmaker Mode einläuten – mit einer überarbeiteten Spezifikation, die nicht nur auf die Wiedergabe in dunklen Räumen abzielt, sondern auch das Umgebungslicht einbezieht. Für das menschliche Auge ändert sich der Bildeindruck, wenn die Umgebung heller ist – und abhängig davon, ob natürliches oder künstliches Licht zum Einsatz kommt.

Tatsächlich erwähnte die UHD Alliance das Umgebungslicht als Faktor bereits bei der Filmmaker-Mode-Einführung – und nicht nur das: Panasonic bewirbt beim aktuellen OLED-Topmodell JZW2004 sogar unter dem Begriff „Filmmaker Mode with Intelligent Sensing“ die Kombination von Filmmaker Mode und Umgebungslichtsensoren. Weiterhin läuft der Filmmaker Mode auch bereits in Kombinationen mit „Dolby Vision IQ“ und

„HDR10+ Adaptive“, bei denen im Fernseher integrierte Sensoren das Dolby-Vision- beziehungsweise HDR10+-Bild ans Umgebungslicht anpassen. Die UHD Alliance legt folglich mit der neuen Spezifikation nun den Rahmen offiziell fest.

Detailfragen

Dolby ist derweil schon wieder einen Schritt weiter: In diesem Jahr sollen die ersten Fernseher mit einer überarbeiteten Version von Dolby Vision erscheinen, die den Zusatz „with Precision Detail“ führt. Wie der Name schon sagt, verspricht sie ein kontrastreicherer Bild mit mehr Details. Sehen soll man den Unterschied bei allen Dolby-Vision-Inhalten; besondere Fassungen etwa mit zusätzlichen Metadaten sind laut Dolby nicht nötig.

LG wird der erste Hersteller sein, der diese nächste Evolutionsstufe in kommenden OLED- und QNED-TVs mit Dolby Vision IQ anbietet – also in Geräten mit integrierten Umgebungslichtsensoren. Allerdings soll „with Precision Detail“ laut Dolby nicht von diesen Sensoren abhängen, sodass die Fassung künftig auch in Modellen mit Dolby Vision ohne IQ zu finden sein könnte. Allerdings ist es gut möglich, dass die TV-Hersteller „with Precision Detail“ als neue Referenzklasse jenseits von Dolby Vision IQ vermarkten und daher nicht in Kombination mit gewöhnlichem Dolby Vision anbieten. Abzuwarten bleibt auch, ob es ein spezielles Logo



Bild: UHD Alliance

Der Filmmaker Mode muss meist manuell aktiviert werden, neuere LG-TVs können bei Streams von Amazon Prime Video auch automatisch umschalten. Der Modus ist stets deaktivierbar.

für die neue Variante geben wird oder Interessenten danach in Prospekten und Datenblättern Ausschau halten müssen.

Dolby steht nach eigenen Angaben aktuell bereits mit weiteren TV-Herstellern in Verhandlungen, nannte auf Nachfrage aber noch keine Namen. Da der hinter der Funktion stehende Algorithmus aktuelle Prozessoren voraussetzt, ist allerdings auszuschließen, dass sich bereits erhältliche Dolby-Vision-Fernseher per Firmware-Update nachrüsten lassen. (nij@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Nico Jurrán, Kontrastmittel, Startschuss für Dolby Vision auf Ultra HD Blu-ray, c't 16/2017, S. 102
- [2] Nico Jurrán, Natürliche Schönheit, Dolby Vision und Filmmaker Mode fürs perfekte TV-Bild, c't 5/2020, S. 58



CAK
Cyber Akademie
Zentrum für digitale Souveränität

IT-Sicherheit
Datenschutz
Business Continuity
Digitalisierung



Unsere Highlights im Februar/März 2022

- Grundkurs Open Source Intelligence (OSINT) & Operational Security (OPSEC):
21.02.2022, Online
- Organisation des Datenschutzes in Behörden und öffentlichen Einrichtungen:
22.02.2022, Online
- Datenschutz im Arbeitsalltag – Verstehen, begreifen, erkennen:
02.03.2022, Online

- Update IT-Sicherheit für Experten: Aktuelle Schwachstellen, Angriffe und Patches:
15.03.2022, Online
- IT-Sicherheit auf Entscheider-Ebene platzieren – Erfolgreiches Security-Branding:
16.03.2022, Online
- Crashkurs ISMS - Erste Schritte zu stabiler IT-Sicherheit:
22.03.2022 - 23.03.2022, Köln



Allianz für
Cyber-Sicherheit
Partner

Weitere Informationen zu diesen und anderen Seminaren unter: www.cyber-akademie.de



Von Haus aus smart

Samsung integriert Smart-Home-Hub in Smart-TVs, Monitore und Kühlschränke

Mit seiner Automatisierungsplattform „SmartThings“ versucht Samsung schon seit einiger Zeit, sich auch im Smart-Home-Bereich einen Namen zu machen – hierzulande bislang mit eher mäßigem Erfolg. Damit der große Durchbruch endlich gelingt, wird der nötige Hub in kommende Geräte des Herstellers ab Werk eingebaut.

Von Nico Jurrán

Während Samsung bei Handys und Fernsehern hierzulande eine echte Größe ist, blieb das Unternehmen im Bereich Smart Home bislang recht blass. Dabei betreibt Samsung seit Jahren die Automatisierungsplattform „SmartThings“. Im Kern handelt es sich dabei um einen Clouddienst, über den die Bewohner eines Smart Homes ihre heimische Technik dirigieren können. Via App schickt man dafür manuell Steuerbefehle über die Cloud an einzelne Geräte und Gruppen oder hinterlegt Regeln für automatische Abläufe.

Neben einem Cloudkonto benötigt der Kunde eine passende Funkschaltzentrale, den SmartThings Hub. Den gab es zunächst nur für Vodafone-Kunden (siehe c't 8/2019, S. 114), später aber auch im freien Handel (c't 5/2020, S. 90). Ab diesem Jahr geht Samsung einen Schritt weiter und stattet ausgewählte Smart-TVs, Monitore und sogar Kühlschränke und wohl auch Waschmaschinen ab Werk mit der Schaltzentrale aus.

Keine 1:1-Kopie

Bei Samsungs Ankündigung wurde schnell klar, dass der integrierte Hub keine exakte Kopie der separaten Zentrale wird. So unterstützt auch er zwar von Haus aus IP-

Verbindungen über WLAN und Ethernet. Möchte man jedoch Zigbee (in der Version 3.0) nutzen, um etwa smarte Lampen zu steuern, benötigt man einen zusätzlichen Dongle, der über USB an Kühlschrank & Co. angeschlossen wird.

Das Smart-Home-Funkprotokoll Z-Wave, das von Samsungs externem Hub ebenfalls unterstützt wird, fand in der Ankündigung hingegen überhaupt keine Erwähnung. Ein Wegfall von Z-Wave wäre ein herber Verlust, da der Standard von hunderten Herstellern mit unzähligen Produkten unterstützt wird. Auf eine entsprechende Nachfrage erklärte Samsung lediglich, dass der genannte Dongle Z-Wave nicht unterstützen wird. Zu anderweitigen Integrationen könne man aktuell noch keine Aussagen treffen.

Wenig überraschend ist, dass Samsung bei seinem neuen Hub mit der Unterstützung des von dem Unternehmen mitinitiierten Verbindungsstandards „Mat-

ter“ wirbt. Dieser soll die plattformübergreifende Steuerung von Komponenten ermöglichen, die über (W)LAN oder das drahtlose Mesh-Netzwerk Thread eingebunden sind. Es gibt zahlreiche weitere namhafte Unterstützer, darunter Amazon, Apple, Google, Eve und Philips Hue. Der Start soll nach einer Verschiebung nun im Sommer 2022 stattfinden, was nach aktuellem Stand durchaus klappen könnte (siehe c't 24/2021, S. 42).

Bedienung, bitte!

In der Vergangenheit machte Samsung seine „SmartThings“-Bedienoberfläche bereits über verschiedenste Geräte zugänglich – darunter neben Smartphones und TVs auch Kühlschränke mit eingebautem Touchscreen. Der neue Hub soll laut Samsung aber auch in Haushaltsgeräte ohne Display eingebaut werden; die Steuerung erfolgt dann etwa über die SmartThings-App auf Smartphone, Tablet oder Watch.

Passend dazu stellte Samsung auf der CES bereits einen externen „Home Hub“ als zentrales Ein- und Ausgabegerät vor: ein Tablet mit 8,4 Zoll großem Display, das man durchs Haus tragen oder auf einem Ständer positionieren kann. Das Gerät hat zwei Lautsprecher und zwei Mikrofone, über die der Nutzer Benachrichtigungen erhalten beziehungsweise Sprachbefehle absetzen kann. Als Assistenzsystem kommt Samsungs Bixby zum Einsatz. Der Home Hub soll im März in Korea Premiere feiern und später weltweit erhältlich sein. Eine konkrete Ankündigung für den deutschen Markt gibt es noch nicht.

Fazit

Samsungs Strategie ist nachvollziehbar: Die Integration des „SmartThings“-Hubs in alltägliche Produkte macht zusätzliche Smart-Home-Zentralen überflüssig – und senkt damit die Schwelle, sich ein vernetztes Heim einzurichten. Auch der Verbindungsstandard Matter dürfte dadurch zusätzlichen Auftrieb erhalten.

Weniger erfreulich wäre jedoch, wenn Samsung im Gegenzug die Protokollunterstützung im Vergleich zum externen Modell deutlich reduzieren würde. Ein solcher Schritt könnte dem Umstand geschuldet sein, dass der Hub ansonsten den Standby-Verbrauch seines Hosts deutlich in die Höhe treiben würde. Die „SmartThings“-Plattform würde man damit aber nur noch in einer Light-Variante bekommen. (nij@ct.de) 

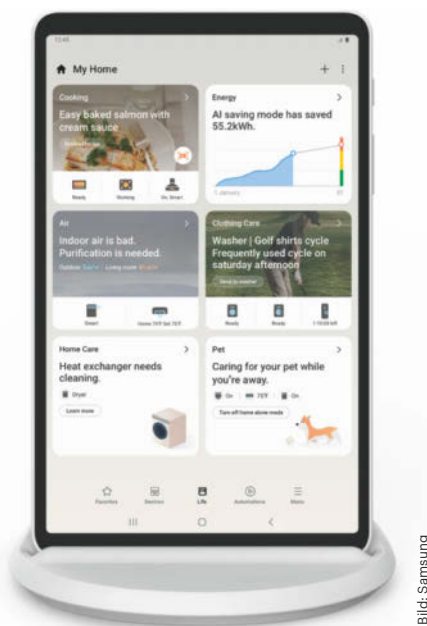


Bild: Samsung

Samsung will künftig ein spezielles Tablet anbieten, über das sich die „SmartThings“-Plattform steuern lässt.

Winziger Lautsprecher mit DSP-gesteuerter Entlüftung

Geschlossene Ohrhörer und Hörhilfen lassen sich je nach Modell nur kurz tragen, bevor sich unangenehme Klangeindrücke einstellen. Diese will die Firma xMEMS mit einem einzigen Chip und sensor-gesteuerter Entlüftung abstellen.

Die in Kalifornien ansässige Firma xMEMS Labs hat einen winzigen Lautsprecher konzipiert, der den Klang- und Tragekomfort von Ohrhörern und Hörhilfen deutlich verbessern soll. Der Schlüssel dazu sei eine dynamische, bedarfsgerecht gesteuerte Entlüftung, die unangenehme Druck- und Staugefühle im Ohr sowie überbetonte körpereigene Geräusche (Okklusion) minimiert. Das Montara Pro genannte Lautsprecherchen vereint alle Komponenten auf einem einzigen MEMS-Chip (Micro-Electro-Mechanical System), also auch die für die Reduzierung der Okklusion erforderlichen Elemente.

Den winzigen Luftschacht öffnet und schließt ein an Bord angebrachter digitaler Signalprozessor (DSP) auf Grundlage von Umgebungsgeräuschen, welche Mikrofone liefern oder ausgelöst durch Aktivitäten des Nutzers, welche die ebenfalls eingebauten Bewegungssensoren aufnehmen.

Bei geschlossener Belüftung stelle Montara Pro eine für den Musikgenuss und Medienkonsum von der Umwelt gut abgekoppelte Hörumgebung her, die Außen-geräusche unterdrückt. Bei geöffneter Entlüftung liefere der MEMS-Chip eine verbesserte räumliche Wahrnehmung der Umgebung bei gleichzeitig verbessertem Hörkomfort und reduzierter Okklusion. So klinge die Stimme des Sprechers trotz eingesetzter Ohrhörer oder Hörhilfen nicht zu laut, dumpf oder hohl. Traditionelle, statische Entlüftungen, denen Verluste im Bassbereich geschuldet seien, könne man sich nun sparen, glaubt xMEMS. Die Firma hat

sich die Technik unter dem Namen DynamicVent patentieren lassen.

Die Entlüftung erzeugt laut Hersteller keine Öffnungs- und Schließgeräusche und sie entlastet den Gehörgang entsprechend einem Loch mit der Fläche von 1,5 Quadratmillimetern. Muster des Lautsprechers und zugehörige Entwickler-Kits sind bereits erhältlich und für den Audioverstärker xMEMS Aptos Class-H ausgelegt (WLCSP-Gehäuse, 1,92 mm × 1,92 mm × 0,6 mm). Die Massenproduktion soll im dritten Quartal 2022 beginnen (LGA-Bauweise, 5,15 mm × 1,15 mm × 10,8 mm). (dz@ct.de)

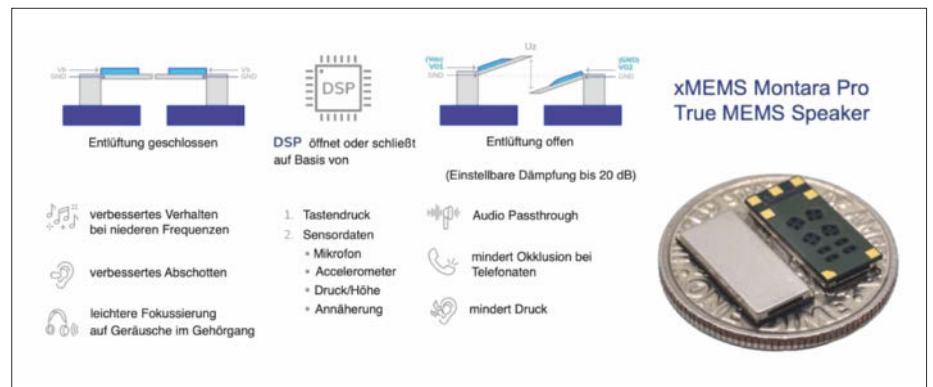


Bild: xMEMS

Im MEMS-Chip Montara Pro steckt nicht nur ein Lautsprecher für Ohrhörer und Hörhilfen, sondern auch ein DSP, der eine gleichfalls integrierte Entlüftungs-klappe sensorgesteuert öffnet und schließt.

Mobiler Unkrautkiller

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart hat mit Bosch und KommTek das mobile Robotersystem AMU-Bot entwickelt, das Unkraut vollautomatisch mechanisch entfernt, also ohne chemische Giftstoffe.

Das autonome Raupenfahrzeug (AMU, autonome mechanische Unkrautbekämpfung) fährt in der Baumschule zwischen den Baumreihen entlang und entfernt Unkraut mit Kreiseleggen. Mit Kreiseleggen hat man in der Landwirtschaft bisher nur den Boden vor dem Aussäen aufgelockert. Die rotierenden Messer sind an einem höhenverstellbaren Manipulator befestigt. Auch dem Beikraut in den Zwischenräumen der Pflanzen macht der Roboter den Garaus, und zwar indem er den Manipulator in die Pflanzenzwis-

schenräume führt. Am Ende der Baumreihe **wendet er und biegt selbstständig** in die nächste Baumreihe ein. Dank Raupenantrieb lasse sich der fahrende Un-



Bild: Fraunhofer IPA

Der im AMU-Bot eingebaute LiDAR-Scanner (roter Pfeil) sendet während der Fahrt kontinuierlich Laserimpulse aus und erkennt damit Pflanzenreihen.

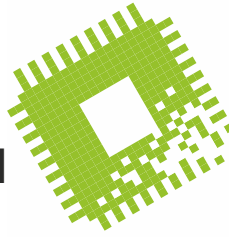
krautkiller auch von Löchern im Boden nicht aufhalten.

Zur Navigation setzt das Projektteam um Kevin Bregler optische Sensoren ein. Die darin verbauten LiDAR-Scanner (Light Detection and Ranging) senden während der Fahrt kontinuierlich Laserimpulse aus, die die Objekte in der Umgebung reflektieren. Aus den unterschiedlichen Laufzeiten berechnen sich die Entfernungen. So entsteht eine 3D-Punktwolke der Umgebung, die der Roboter nutzt, um seinen Weg zu finden und die Position von Pflanzen oder Bäumen zu erkennen.

Unterstützt wird das Projekt vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (dz@ct.de)

Bit-Rauschen

SGX-Abschaltung, Zen-2-Revival und ARM-CPU mit AMD-GPU



Intel deaktiviert die Sicherheitsfunktion SGX bei aktuellen PC-Prozessoren. AMD reaktiviert angestaubte Mittelklasse-CPUs. Samsung verstopft den Start des Smartphoneprozessors Exynos 2200 mit AMD RDNA2.

Von Christof Windeck

Kaum schaut man kurz nicht hin, schon zwackt Intel eine weitere CPU-Funktion ab: Core-i-Prozessoren der Generationen 11 und 12 fehlen die Software Guard Extensions (SGX). Die 2015 eingeführte Funktion für vertrauenswürdige Enklaven (Trusted Execution Environments, TEE) ist somit den Serverprozessoren vorbehalten. Als Folge davon lassen sich auf aktuellen Desktop-PCs und Notebooks keine UHD-Blu-ray Discs mehr abspielen. Denn die einzige dafür geeignete Player-Software CyberLink PowerDVD Ultra nutzt SGX zum Schutz des DRM-Schlüssels. Mit AMD-Prozessoren funktionierte die Wiedergabe von Blu-ray Discs mit 4K-Auflösung mangels SGX ohnehin nie.

Nun ist der Verlust einer – in Zeiten von Streamingdiensten wie Netflix, Disney+ und Amazon Prime – selten genutzten Funktion für sich genommen kein Drama. Aber in den vergangenen Jahren warf Intel bereits andere Funktionen wie Transactional Memory (TSX) und die Memory Protection Extensions (MPX) über Bord, einige wurden sogar nachträglich per Microcode-Update abgeschaltet. Das traf zuletzt auch die mächtige Befehlssatzerweiterung AVX-512 bei Core-i-12000-Prozessoren, was sich anfangs noch einschalten ließ, obwohl es Intel ausdrücklich „nicht unterstützte“. Intels Abschwung unterminiert das Vertrauen in neu angekündigte CPU-Features. Viele Programmierer warten dann lieber noch ein paar Jahre länger ab, bevor sie ihren Code anpassen – doch es

dauert ohnehin schon kleine Ewigkeiten, bis neue CPU-Funktionen endlich auf breiter Fläche zum Einsatz kommen.

Um diese Trägheit zu überwinden, braucht es klare Kommunikation seitens der CPU-Hersteller. Intel tut jedoch das Gegenteil. Selbst die steinalten AVX2-Erweiterungen gönnte Intel den Billigheimern der Familien Pentium Gold und Celeron jahrelang nicht; erst jetzt bei deren Alder-Lake-Versionen sind sie nutzbar. Die AVX-512-Erweiterung dürfte nach der Abschaltung beim Core i-12000 für typische Windows-Software tot sein.

Da darf man gespannt sein, wie lange es dauert, bis kommende KI-Spezialbefehle wie VNNI und die Advanced Matrix Extensions (AMX) tatsächlich Nutzen bringen. Apple hingegen macht vor, wie hoch optimierte Software die Hardware ausreizt. Apple liefert allerdings auch M1-CPU, Betriebssystem und Compiler aus einer Hand.

Ungewisse Optane-Zukunft

Keine rosigen Aussichten hat auch Intels nichtflüchtige Speichertechnik Optane. Mag sein, dass sie einige Datenbankserver zum Fliegen bringt – aber ansonsten krepelt sie in einer Nische vor sich hin. Fertigungspartner Micron, der Optane eigentlich unter der Marke 3D XPoint verkaufen woll-

te, ist ausgestiegen. Das Micron-Fertigungswerk für Optane-Chips in Lehi/Utah wurde bereits an Texas Instruments verkauft. Intel selbst produzierte Optane-Chips im chinesischen Dalian, verkaufte das Werk dort aber mitsamt der NAND-Flash-Sparte an SK Hynix. So bleibt als angeblich einzige Optane-Fab das Werk in Rio Rancho, New Mexico, wo Intel derzeit jedoch vor allem die eigenen Packaging-Innovationen wie EMIB und Foveros aufbaut. Damit will man in Zukunft außer FPGAs auch Prozessoren und Rechenbeschleuniger aus mehreren Chipletern alias Tiles (Kacheln) zusammensetzen, also Sapphire Rapids, Ponte Vecchio und Meteor Lake. Laut der Zeitung „The Columbus Dispatch“ plant Intel derzeit auch eine riesige neue Chip-Fab nahe Columbus, Ohio.

Aber Intel wird auch wieder einmal von Verspätungen geplagt, wie einige Spatzen von ihren Dächern pfeifen. Angeblich kommen die Arc-Grafikkarten eher erst im Sommer als im Frühjahr und größere Stückzahlen der erwähnten Sapphire-Rapids-Xeons erst ab Herbst.

Zen-2-Konter

AMD arbeitet daran, das Angebotsloch in der Holz- und Mittelklasse der Desktop-Prozessoren zu stopfen. Denn da prescht Intel mit starken Alder-Lake-Typen wie Core i3-12100, Core i5-12400 und dem erstaunlich flotten Celeron G6900 vor, siehe Seite 94. Angeblich will AMD mit angestaubter Zen-2-Technik kontern, nämlich mit Ryzen-4000G-Chips mit deaktivierter GPU. Diese Zen-2-Prozessoren mit vier, sechs oder acht Kernen sind kleiner als ihre Zen-3-Nachfolger, daher passen mehr davon zusammen auf einen der knappen Wafer vom AMD-Zulieferer TSMC.

Verwirrung stiftete Samsung mit der Vorstellung des 4-Nanometer-Prozessors Exynos 2200 für Smartphones, der vermutlich das kommende Galaxy S22 antreibt. Die für den 11. Januar erwartete Präsentation wurde abgesagt und genau eine Woche später tauchte der Exynos 2200 sang- und klanglos auf der Samsung-Webseite auf. Seine Besonderheit ist die eingebaute AMD-GPU mit RDNA2-Technik namens Xclipse 920 – wir sind gespannt, was sie kann. Der CPU-Teil hingegen gleicht dem von Qualcomm Snapdragon 8 Gen 1 und Mediatek Dimensity 9000: Acht ARMv9-Kerne der Typen Cortex-X2, -A710 und -A510.

(ciw@ct.de) **ct**

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



Der zwei Jahre alte AMD Ryzen 4000 mit Zen-2-Kernen – im Bild die Mobilversion 4000U – soll als „Renoir-X“ in Desktop-PCs wiederauferstehen: mit vier bis acht CPU-Kernen, aber ohne GPU.

Kanban Day

Kanban im Unternehmen –
mehr als nur Projektmanagement

22. Februar 2022 ONLINE

Jetzt
anmelden!

Der Kanban Day bietet einen praxisorientierten Überblick, wie sich Kanban in Organisationen gewinnbringend einsetzen lässt und welche Metriken sinnvoll sind. Der Schwerpunkt liegt auf Kanban als Managementmethode.

- ✓ Kanban – das Schweizer Messer zur Unternehmensverbesserung
- ✓ Warum Kanban gerade für Teams wichtig bleibt
- ✓ Flow in der Strategiefindung
- ✓ Kanban und Verantwortung: Leadership auf allen Ebenen
- ✓ Navi für Ihren Change – das Kanban Maturity Model
- ✓ Kanban-Metriken in der Praxis

Veranstalter

 heise Developer

 dpunkt.verlag

in Kooperation mit

 it-agile

 leanovate
beyond product

+++ 23. Februar: Online-Workshop »Flight-Levels-Einführung« +++

kanban.inside-agile.de

PCI Express 6.0 für Server

Ab 2024/2025 dürften Server auf den Markt kommen, die sich dank PCI Express und Compute Express Link (CXL) je nach Anwendung umkonfigurieren lassen.

Im laufenden Jahr 2022 wollen sowohl Intel (Xeon-SP der vierten Generation „Sapphire Rapids“) als auch AMD (Epyc „Genoa“ mit Zen 4) ihre ersten Serverprozessoren mit PCI Express 5.0 (PCIe 5.0) verkaufen. Die Industrievereinigung PCISIG hat aber bereits die Spezifikation für PCIe 6.0 finalisiert, die die maximale Datentransferrate abermals verdoppelt, nämlich von 4 auf 8 GByte/s pro PCIe-Lane. Dazu überträgt PCIe 6.0 pro Transferzyklus 2 Bit, nutzt also vier verschiedene Spannungspegel statt bisher zwei (vierstufige Pulsamplitudenmodulation, PAM4).

Per PCIe 6.0 x4 lassen sich in Zukunft folglich 32 GByte/s übertragen, was mehr ist, als ein DDR4-3200-Speicherkanal schafft (25,6 GByte/s). Server mit PCIe 6.0 könnten ab etwa 2024 serienreif werden. Die enormen Transferraten machen PCIe schnell genug für neuartige Komponenten wie CXL-Speichermodule, also eine RAM-Erweiterung per Compute Express Link

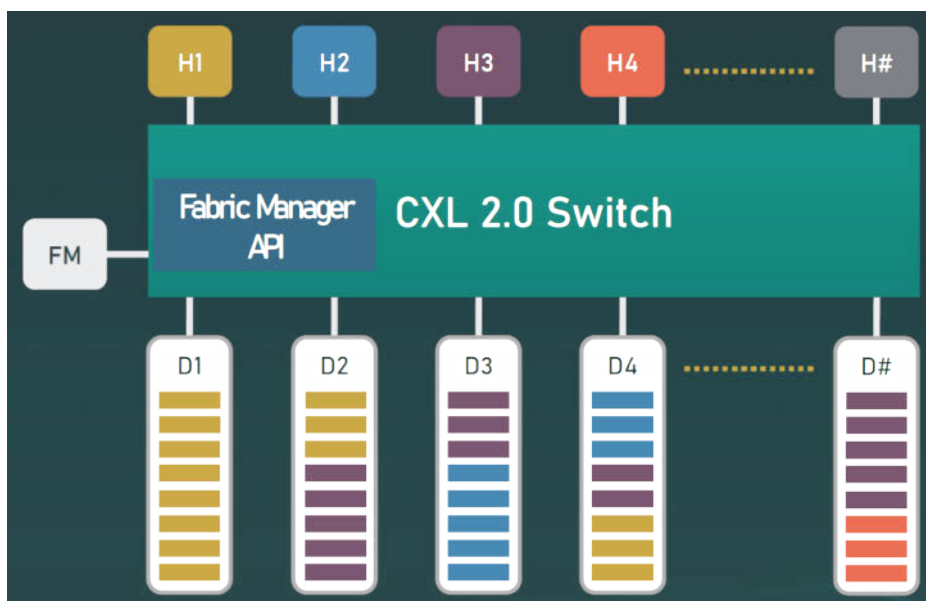


Bild: CXL Consortium

Per CXL 2.0 und PCIe 5.0/6.0 sollen sich künftige Server (Hosts, hier mit „H“ abgekürzt) flexibel mit Speicherpools (Devices, D) koppeln lassen.

(CXL). Ähnlich wie Non-Volatile Memory Express (NVMe) für SSDs setzt CXL auf PCIe auf, genauer: auf PCIe ab Version 5.0. Die erste CXL-Version bringt vor allem Cache-Kohärenz, die bei Rechenbeschleunigern Vorteile verspricht. CXL 2.0 bringt

später Switches sowie Unterstützung für nichtflüchtigen Speicher. In Zukunft könnten sich Server mit PCIe 6.0 und CXL 2.0 flexibel aus einem Pool aus Hardware-Ressourcen zusammenstellen lassen, zumindest innerhalb eines Racks. (ciw@ct.de)

Core i-12000 für IoT-Geräte

Von den Mobilprozessoren Core i-12000H, Core i-1200P und Core i-1200U sowie von den Desktop-Prozessoren Core i-12000 verkauft Intel auch 18 „E“-Versionen für Embedded Systems, Edge-Server und IoT-Geräte. Diese „IoT-SKUs“ will Intel mehrere Jahre lang liefern, nennt aber keinen konkreten Zeitraum. Außerdem bieten die Embedded-CPUs einige Spezialfunktionen: Sie steuern Arbeitsspeicher mit dem RAM-Fehlerschutz Error Correction Code (ECC) an, einige Versionen haben eingebaute GPUs mit Single Root I/O Virtualization (SRIOV) und Genlock-Synchronisierung für Videowände. Je nach Chipsatz sind die Funktionen Time Sensitive Networking (TSN) und Time Coordinated Computing (TCC) für Industrial Ethernet und Echtzeitanwendungen nutzbar. Außerdem gibt es Treiber für Embedded-Betriebssysteme wie Yocto Project Linux, Windows 10 IoT Enterprise

2021 LTSC und WindRiver VxWorks 7 sowie Support für die Hypervisoren KVM, ACRN und Real-Time Systems RTS.

Ebenso wie ihre „normalen“ Alder-Lake-Verwandten haben die meisten der

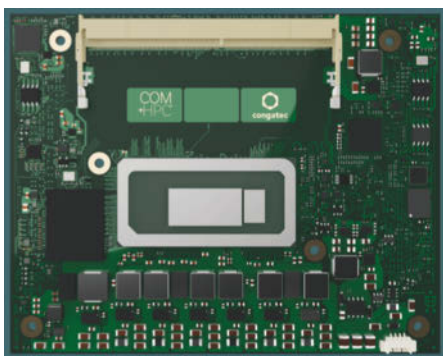


Bild: Congatec

Congatec bestückt den Einplatinencomputer conga-HPC/cALP mit einem Core i-12000HE mit bis zu 14 Kernen und 45 Watt.

E-Varianten unterschiedliche Kerne, nämlich starke und effiziente (Performance/Efficiency, P/E). Die Xe-GPU hat je nach CPU-Typ 24 bis 96 Execution Units (EUs). Die konfigurierbare Processor Base Power (PBP) reicht von 12 (U-Typen) bis 65 Watt (Desktop). Die Desktop-Versionen passen in die Wechselfassung LGA1700 und sind auch in 35-Watt-Ausführungen lieferbar. Die U-, P- und H-Versionen müssen aufgelötet werden.

Die Firmen Adlink, Congatec und On-Logic haben Einplatinencomputer in verschiedenen COM-Express-Platinenformaten beziehungsweise lüfterlose Industrie-PCs mit verschiedenen Alder-Lake-Prozessoren angekündigt. Sie sollen ab dem Frühling ausgeliefert werden. Die meisten lassen sich mit bis zu 64 GByte DDR4- oder DDR5-RAM bestücken, einige haben aufgelöteten LPDDR5-Speicher. (ciw@ct.de)

Kompakte PC-Barebones für Ryzen und Core i-12000

Asrock hat drei neue Gehäuse mit vorinstallierten Mainboards und Netzteilen vorgestellt. Die DeskMeet B660 und X300 sind groß genug für Grafikkarten und taugen somit auch als Gaming-PCs.

Die Barebones der Serie DeskMini von Asrock hatten wir schon mehrfach als Grundlage für c't-Bauvorschläge genommen. Jüngster Spross im Bunde ist der DeskMini B660 für Core-i-Prozessoren der 12. Generation mit der Fassung LGA1700 (siehe S. 94). Er eignet sich insbesondere für Multimonitor-Officesysteme, denn er ist mit 1 × DisplayPort 1.4, 1 × HDMI 2.0 sowie einer USB-C-Buchse ausgestattet, die im Alternate-Mode DisplayPort-Signale ausgibt. Zusätzlich versorgt sie Notebooks und Tablets per Power Delivery mit bis zu 60 Watt und dient als Anschluss für USB-3.2-Gen-2-Geräte (10 Gbit/s). Der zweite USB-C-Anschluss in der Front liefert 20 Gbit/s.

Im Inneren des DeskMini B660 haben auf einem Mini-STX-Board mit

B660-Chipsatz zwei DDR4-SODIMMs sowie zwei schnelle M.2-SSDs Platz. Einer der Slots arbeitet mit PCI-Express-5.0-Tempo von bis zu 16 GByte/s, der andere mit PCIe-4.0-Geschwindigkeit (8 GByte/s). Zur weiteren Ausstattung gehören Gigabit-Ethernet und die Option, ein WLAN-Modul nachzurüsten.

Deutlich größer und flexibler sind die Kompakt-Barebones DeskMeet B660 und X300 mit Mini-ITX-Boards und Platz für je eine 20 Zentimeter lange Dual-Slot-Grafikkarte, wodurch sich diese auch fürs Gaming eignen. Die B660-Variante nimmt Core-i-12000-CPU's auf. In den DeskMeet X300 passen Ryzen-Prozessoren der Serien 2000 bis 5000 mit maximal 65 Watt TDP. Die Barebones lassen sich mit 128 GByte DDR4-RAM und mindestens einer M.2-SSD bestücken. Die Energieversorgung der Komponenten übernimmt ein internes 500-Watt-Netzteil. Die drei neuen Barebones sollen voraussichtlich im April in den Handel kommen. (chh@ct.de)



Der DeskMini B660 kann nicht nur drei Monitore ansteuern, sondern auch Notebooks mit USB-C-Anschluss per Power Delivery laden.

UHD-Blu-ray am PC ade!

Aus Angst vor möglichen Raubkopien hatte die Blu-ray Disc Association vor einigen Jahren extrem strikte Hardware-Vorgaben für die Wiedergabe von Ultra HD Blu-rays (UHD-BDs) mit 4K-Auflösung auf PCs durchgesetzt. Dazu zählt neben den Kopierschutzverfahren HDCP 2.2 für HDMI 2.0 und AAC 2.0 beim Blu-ray-Laufwerk ein Intel-Prozessor mit der **Sicherheitsenkave Software Guard Extensions (SGX)**, auf die das Betriebssystem

nicht zugreifen kann. Dadurch konnten UHD-BDs nur auf Rechnern mit einer CPU ab der Serie Core i-7000 abgespielt werden, denn AMD hat die von Intel entwickelte SGX-Technik nie integriert.

Bereits im vergangenen Jahr mit Vorstellung der 11. Generation der Core-i-Prozessoren hat Intel SGX in Desktop-CPU's wohl wegen Sicherheitsproblemen eher beiläufig beerdigt. Gleiches gilt für die wenige Monate alten Core-i-12000-Prozessoren. Dadurch lassen sich hoch aufgelöste Blu-rays auf modernen Systemen nicht abspielen. In einem FAQ-Beitrag weist der Hersteller Cyberlink der Abspielsoftware PowerDVD darauf hin, dass sich dieses Problem auch anderweitig nicht beheben lässt. Obendrein gibt Cyberlink Nutzern eines bestehenden PCs mit Core i-7000 bis Core i-10000 den Rat, möglichst nicht das BIOS, die Intel-Treiber oder Windows auf Version 11 zu updaten. Denn es sei nicht ausgeschlossen, dass auch dort künftig SGX abgeschaltet wird und damit die UHD-BD-Wiedergabe nicht mehr funktioniert. (chh@ct.de)

Fehlerhafte Wärmeleitpaste

Von der **Wärmeleitpaste Arctic MX-5** sind in den vergangenen Wochen mangelhafte Exemplare im Handel aufgetaucht. Einer unserer Leser hatte uns darauf hingewiesen, dass sich bei einer frisch gekauften Tube die Paste in eine flüssige und eine extrem zähe Masse getrennt hatte. Dadurch ließ sie sich nur schwer aufbringen und verklebte zudem Prozessor und Kühler. Bei Ryzen-CPU's kann das dazu führen, dass man beim Abnehmen des Kühlkörpers den Prozessor mit aus der AM4-Fassung reißt und dabei einige der empfindlichen Beinchen verbiegt.

Auf Rückfrage bestätigte Arctic c't gegenüber, dass es bei einigen Chargen zu einem Produktionsfehler gekommen sei. Betroffene Käufer einer MX-5 können sich über ein Support-Formular (Link unter ct.de/yyxm) und Vorlage des Kaufbelegs an Arctic wenden und erhalten Ersatz. (chh@ct.de)

Support-Formular Arctic: ct.de/yyxm



Ohne Prozessor mit Intels SGX-Technik lassen sich keine 4K-Blu-rays abspielen.



Bild: Karl-Josef Hildenbrandt/dpa

Medizinischer Pannendienst

Erhöhte Ausfälle beim Datenabgleich im Gesundheitssystem

Über die Telematische Infrastruktur (TI) tauschen Ärzte, Apotheken, Patienten und Krankenkassen wichtige Gesundheitsdaten aus. Damit das reibungslos klappt, braucht die TI eine hohe Ausfallsicherheit. Meldungen der Betreiber und Ärztevertretungen sowie Stichproben von c't deuten jedoch auf eine hohe Zahl technischer Probleme hin.

Von Thomas Maus

Arztpraxen haben im Winter Hochbetrieb: Sie müssen nicht nur mehr Patienten mit Erkältungssymptomen behandeln, auch der Datenaustausch mit den Krankenkassen leidet offenbar unter

der kalten Jahreszeit. So meldete die Gematik, Betreiber der Telematischen Infrastruktur (TI), Mitte Januar ungewöhnlich viele Fehler beim Lesen der elektronischen Gesundheitskarte (eGK). Praxen müssen diese mindestens einmal pro Quartal einlesen, um Stammdaten mit den Krankenkassen abzugleichen.

Dazu müssen die eGKs etwa in das weit verbreitete Kartenterminal „ORGA 6141 online“ von Worldline Healthcare gesteckt werden, das den Kartenchip ausliest und Daten auf der Karte aktualisiert. Laut Gematik wurden bei neuen eGKs der Version 2.1, die seit Dezember ausgeliefert werden, „drei Fehlerbilder“ beobachtet: Das Kartenterminal „hängt sich auf“, zeige den Fehler „C2C-Authentisierung“ oder „Keine freigeschaltete SMC-B“ an.

Als Ursache nennt die Gematik „elektrostatische Aufladungen“, die einen „Entladungspuls“ beim Stecken der Karte auslösen. Dies werde unter anderem von „Witterungsverhältnissen wie trockener

Winterluft“ begünstigt. Die Entladungen träten verstärkt auf, seitdem Versicherte die Karte selbständig ins Terminal stecken würden. Praxen sollten deshalb sicherstellen, dass die Karte vor dem Steckvorgang elektrostatisch entladen werden kann. Der Gematik sei „bewusst, dass das Problem im Praxisbetrieb erheblich stört“ und man arbeite „mit Hochdruck“ zusammen mit Industriepartnern an einer Lösung.

Eine kleine geerdete Entladematte am Praxistresen dürfte dieses spezielle saisonale Problem mildern. Dennoch sieht die Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV) durch diese erneute Panne das „Grundvertrauen in die Gematik zum wiederholten Mal erschüttert“.

„Unbekannte Versicherte“

Bereits zuvor klagte die Kassenärztliche Vereinigung Westfalen-Lippe (KVWL) über eine massive Zunahme der Prüf-anträge von Krankenkassen, insbesondere in der Kategorie „unbekannte Versicherte“. Diese treten beispielsweise auf, wenn beim Abgleich der eGK-Daten beim Versichertenstammdaten-Management (VSDM) irgendetwas schiefgeht.

Da uns bereits im vergangenen Jahr zahlreiche Ärzte auf erhöhte Ausfälle der TI in ihrer Praxis aufmerksam machten und ebenso Gematik und KVWL mit der Ursachensuche beschäftigt sind, führten wir von c't eigene Stichproben durch.

Dazu werteten wir Log-Dateien von 15 über das Bundesgebiet verteilten Konnektoren aus, mit denen die Praxen an die TI angeschlossen sind. In diesen Logs sammelten sich von Anfang 2019 bis Mitte 2021 rund 48.000 VSDM-Vorgänge. Das klingt viel, ist aber angesichts von rund 140.000 Praxen mit über einer Milliarde solcher Vorgänge in diesem Zeitraum nur eine kleine Stichprobe.

Die von uns beobachteten VSDM-Fehler lassen sich in drei Kategorien unterteilen: Erstens Störungen im Zugriff auf die zentrale Infrastruktur der Telematik, zweitens Lese- und Schreibfehler der elektronischen Gesundheitskarte sowie drittens lokale Fehler, die mit der TI-Hardware in den Praxen zusammenhängen. Lokale Fehler, beispielsweise nach Reboot oder PIN quengelnde Konnektoren und Kartenterminals, kann das Praxispersonal meist schnell beheben und spielen daher im Folgenden keine Rolle.

Vor 2020 betrug die Fehlerquote bei VSDM-Anfragen rund 5 Prozent – das ist für einen IT-Produktiv-Betrieb bereits be-

denklich. Seit 2020 scheint richtig der Wurm drin zu sein: Ohne lokale Fehler lag die VSDM-Verfügbarkeit bei unter 75 Prozent, mehr als jeder vierte Vorgang schlug also fehl. Bei Praxen von Landärzten im Outback dieser Republik, die mit Internet-Datenraten auf dem Niveau von Brieftauben (RFC 1149) zu kämpfen haben, sahen wir sogar Fehlerquoten der zentralen TI von 60 bis 80 Prozent – vermutlich wegen Time-outs. Diese hohen Ausfallquoten in den Log-Dateien bestätigten uns auch Alltagsberichte der Ärzte und des Praxispersonals.

Um die Aussagekraft unserer Stichprobe zu prüfen, stellte uns die KVWL vorläufige Zahlen der oben genannten Prüfanträge für 2019 und 2020 zur Verfügung. Aufgrund der zum Teil vorläufigen Zahlen und anderer Faktoren war nur ein Vergleich der Quartale Q2 2019 bis Q2 2020 mit unserer Stichprobe sinnvoll möglich.

In diesem Zeitraum korrelieren die Zahlen der Prüffälle bei der KVWL mit denen der VSDM-Fehler unserer Stichprobe statistisch mit 99,64 Prozent – also sehr gut. Die Werte deuten darauf hin, dass die EDV der untersuchten Praxen (lokale TI-Fehler) durchaus eine Ausfallsicherheit auf dem Niveau einzelner Geldautomaten erreicht. Für diese ist eine 24/7-Verfügbarkeit von 99,5 Prozent üblich – also maximal 1,8 Tage Ausfall pro Jahr.

Typische Service Level Agreements (SLA) für zentrale Infrastrukturen wie die von Geldautomaten erlauben allerdings nur maximal acht Stunden Ausfall pro Jahr – geplante Wartungsfenster inklusive. Von einer entsprechenden Verfügbarkeit von 99,9 Prozent ist die

zentrale TI jedoch Lichtjahre entfernt – zumindest aus Sicht der Praxen in unserer Stichprobe. Das gilt vor allem für den Sommer 2020, als Fehler der zentralen TI rund 80.000 Konnektoren ausknockten. Oder für den Dezember 2021, als die TI aufgrund der Log4j-Lücke komplett abgeschaltet werden musste.

Lückenhaftes Monitoring

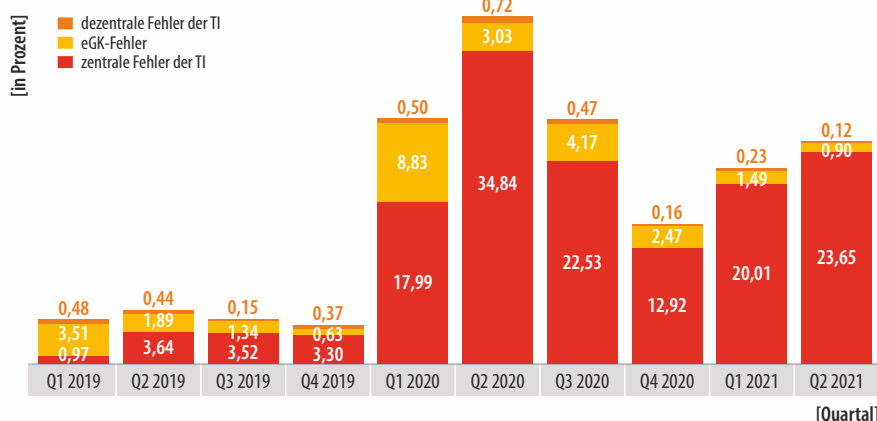
Die Gematik gibt zwar auf ihrer Internetseite ein rudimentäres „Monitoring Lagebild der TI“, dessen Aussagekraft ist jedoch gering: Es gibt weder eine Verlaufsanzeige noch eine Historie der aufgetretenen Störungen. Die Erläuterungen zum TI-Status verbieten ausdrücklich Ableitungen zur Qualität einzelner Dienste sowie Rückschlüsse auf die Erreichbarkeit der TI über VPN-Zugangsdienste der medizinischen Einrichtungen. Wesentliche Fehlerquellen werden also nicht erfasst, die Messverfahren sind unklar. Eine automatische Auswertung der Log-Dateien aus den Konnektoren, verbunden mit einer detaillierten Landkarte für Störungen, könnte den IT-Dienstleistern vor Ort sicherlich bei der Fehlerdiagnose helfen.

Bislang leiden unter den VSDM-Störungen zwar „nur“ einige Buchhalter. Mit Einführung der E-Rezepte und elektronischen Patientenakte haben derartige Ausfälle jedoch direkte Auswirkungen auf die Gesundheit von Millionen Patienten. Bundesgesundheitsministerium und Gematik sind deshalb gut beraten, Monitoring und Ausfallsicherheit der TI auf ein Niveau zu bringen, das einer kritischen Infrastruktur würdig ist.

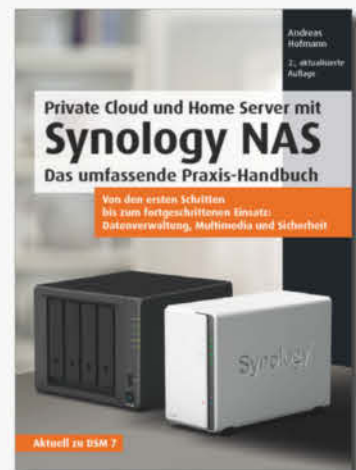
(hag@ct.de) **ct**

Fehlerhafte VSDM-Anfragen über die TI

Bei der Stichprobe wurden Fehlerprotokolle von 15 TI-Konnektoren aus verschiedenen Arztpraxen in Deutschland untersucht und nach Fehlern in den zentralen und dezentralen Bereichen der telematischen Infrastruktur (TI) sowie Lesefehler der elektronischen Gesundheitskarte (eGK) unterteilt.



Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0482



Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0476



Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0440

Linux-Kernel 5.16 optimiert die Speicherverwaltung

Eine neue Thread-Synchronisierung im Linux-Kernel vereinfacht es, Windows-Spiele unter Linux performant auszuführen. Linux 5.16 widmet sich auch der Mammutaufgabe, durch Folio-Pages eine effiziente Speicherverwaltung zu schaffen.

Von Oliver Müller

Mitte Januar hat Linus Torvalds die jüngste Version des Linux-Kernels veröffentlicht. Linux 5.16 gibt den Startschuss für den Locking-Mechanismus Futex2 und verspricht insbesondere bei der Ausführung von Windows-Spielen unter Linux bessere Performance.

Futex steht für „Fast User Mutex“. Es erlaubt Sperren (Mutexes) für den konkurrierenden Zugriff nicht nur im Kernel-Space, sondern auch im Userspace zu verwenden. Ein Aufruf von `futex()` blockiert den Prozess beziehungsweise dessen Thread, bis die betreffende Ressource frei wird. Futex2 soll auf lange Sicht den in die Jahre gekommenen und historisch gewachsenen System-Call `futex()` ablösen. Von einem umfassenden Ersatz für das alte `futex()` ist Futex2 in Linux 5.16 noch entfernt. Der eingeflossene Ansatz ist eine Light-Variante, die ein spezifisches Problem adressiert.

Die bisherige Funktion kann lediglich einen Futex abfragen. Sind mehrere zu berücksichtigen, geht das nur hintereinander, mit dem Manko, in mehrere blockierende Aufrufe von `futex()` in Serie zu laufen. Das hat gerade bei Windows-Spielen Nachteile, die mit einer Kompatibilitätsschicht wie WINE oder Proton ausgeführt werden.

Denn das Windows-API bietet die Funktion `WaitForMultipleObjects()`, die das Abfragen mehrerer Objekte erlaubt. Diese Objekte lassen sich analog zu den Ressourcen und Futexes in Linux verwenden. Windows kann die Abfrage aber in einem Aufruf parallel durchführen, Linux bislang nicht. An dieser Stelle setzt Linux 5.16 mit dem ersten Futex2-Patch an. Der Kernel führt den System-Call `futex_waitv()` ein, der auf mehrere Mutexes beziehungsweise deren Freigabe gleichzeitig warten kann. Damit kann Linux 5.16 für Kompatibilitätsschichten die Funktion `WaitForMultipleObjects()` eleganter und effizienter nachbilden. Windows-Spiele unter Linux profitieren von einem Geschwindigkeitsgewinn.

Linux 5.16 krepelt die Speicherverwaltung gehörig um, indem es die sogenannten Folio-Pages einführt. Die machen aufwendige Prüfungen beim Adressieren von Speicherseiten überflüssig, erfordern aber auch umfassende Umbauten in unzähligen Speicherfunktionen.

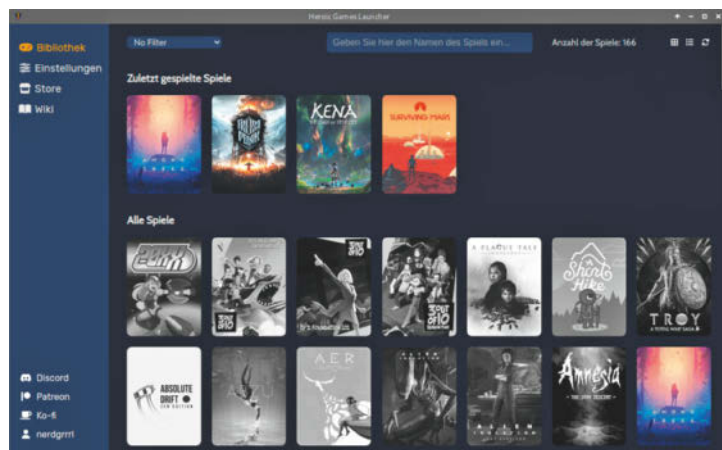
Zum Verständnis: Virtuellen Arbeitsspeicher verwaltet Linux mit Speicherseiten (Pages). Die Größe der Pages spielt für die Leistung des Systems eine Rolle, aber die optimale Größe hängt von der genutzten CPU-Architektur ab. Da der Linux-Kernel auf einer Vielzahl unterschiedlicher Architekturen läuft, nutzt es intern zu Verwaltungszwecken eine (logische) Basisgröße für Pages.

Um die Hardware-implizierte Page intern abzubilden, verwendet der Linux-Kernel Verbünde von Pages (Compound-Pages). In diesen Verbünden hängt der Kernel logische Basis-Pages aneinander, um auf die Größe der physischen Seiten zu kommen. Den Anfang des Verbundes repräsentiert eine Head-Page; alle folgenden Pages im Verbund sind die Tail-Pages.

Wird einer Kernel-Funktion eine Tail-Page als Parameter übergeben, muss zunächst die Head-Page ermittelt werden. Die dafür verwendete Funktion `compound_head()` ist, um wenigstens ein paar Taktzyklen zu sparen, als Inline-Funktion umgesetzt. Im ausführbaren Kernel findet kein echter Funktionsaufruf statt, sondern der Code wird stattdessen an die Stelle hineinkopiert. Das bläht den Kernel schließlich in Summe auf.

Das Folio-Konzept beseitigt diese Ineffizienz. Eine Folio-Page ist nichts anderes als eine Page, die garantiert eine Head-Page ist. Prüfungen und Konvertierungen mit `compound_head()` fallen weg. Gerade bei vielen Funktionen des Kerns der Speicher-verwaltung, aber auch bei Dateisystemen verschlankt das den Code und hilft die Leistung zu steigern.

Der Ansatz wurde lange kontrovers diskutiert, denn er zieht einen Gewaltakt nach sich. Einerseits wird eine Parallelwelt für die Page-Verwaltung geschaffen. Neben den bestehenden Page-Funktionen sind zusätzliche Folio-Funktionen notwendig. Zudem müssen Unmengen von Kernel-Funktionen auf das API angepasst werden. Die potenzielle Leistungssteigerung überzeugte schließlich und ließ das Kernel-Team in Linux 5.16 den Schritt wagen. *(ktn@ct.de)* **ct**



Unter Linux ausgeführte Windows-Spiele sollen von Futex2 profitieren, das eine Thread-Funktion von Windows nachbildet.

CLAP: Neues Interface für Audio-Plug-ins

Die Berliner Software-Entwickler u-he und Bitwig unterstützen ein neues Plug-in-Format namens CLAP, das eine plattformunabhängige Einbindung von Software-Instrumenten und Audio-Effekten erlaubt.

Moderne Audiosoftware ist modular aufgebaut. Digital Audio Workstations (DAWs) arbeiten als Host-Programme, in die sich verschiedene Plug-ins als Software-Instrumente und Effekte einklinken lassen. Host und Plug-in kommunizieren über eine definierte Schnittstelle miteinander, über die sie unter anderem Audio- und MIDI-Daten sowie Parameter austauschen. Die am weitesten verbreitete Programmierschnittstelle ist VST von Steinberg, daneben findet man noch AU von Apple, AAX von Avid sowie einige Exoten. Das offene Format LV2 konnte sich bislang außerhalb von Linux-Software nicht durchsetzen.

Zwar existiert für VST auch eine GPL-Lizenz, zahlreiche unabhängige Entwickler wünschen sich aber eine offene, einfacher zu handhabende und plattformübergreifende Schnittstelle. Mit diesem Ansatz ersann der Entwickler Alexandre Bique um 2015 herum ein neues Interface namens CLAP (CLever Audio Plug-in). Abseits seiner GitHub-Seite dümpelte das Projekt lange vor sich hin, bis kurz vor Weihnachten Urs Heckmann, Chef des Berliner Plug-in-Herstellers u-he, CLAP im Audio-Forum KVR vorstellte und eine wahre Begeisterungswelle auslöste. Zusammen mit dem DAW-Hersteller Bitwig will u-he das offene und lizenzfreie CLAP-

Format künftig unterstützen und Bique bei der Entwicklung unter die Ärmel greifen.

Im Unterschied zu VST ist CLAP keine Programmierschnittstelle (API), sondern eine Binärschnittstelle (C ABI). CLAP-Plug-ins setzen die in Maschinsprache definierte Schnittstelle um und lassen sich mit jeder Hochsprache programmieren. Das habe laut Heckmann den Vorteil, dass CLAP-Plug-ins unabhängig von der Plattform laufen: Neben Windows, macOS und Linux wären iOS und Android ebenso umsetzbar wie Embedded-Systeme für Stomp-Boxen und Digitalmischpulte.

Laut Heckmann sei die Schnittstelle sehr übersichtlich aufgebaut und lasse sich im Handumdrehen implementieren. Typische Inkompatibilitäten zwischen Hosts und Plug-ins würden minimiert. Die Schnittstelle würde alle modernen Funktionen unterstützen, die man heutzutage erwartet. Möglich seien nicht destruktive, polyfone Parametermodulationen und Event-basierte Übertragungen von Tempo- und Timing-Wechseln. Ähnlich wie bei der ARA-Schnittstelle von Melodyne soll CLAP auch Takt-Informationen übertragen, damit Plug-ins ins Arrangement eingreifen können. Surround-Kanäle würden ebenfalls unterstützt.

Hosts könnten die Plug-ins schnell scannen und automatisch updaten. Um die CPU besser auszulasten, kontrollieren die Hosts zudem das Multithreading der CLAP-Plug-ins. Zusätzliche Metadaten sollen den Überblick und die Organisation der Plug-ins im Host verbessern.

Auf Biques GitHub-Seite (github.com/free-audio/clap) findet man bereits



Als erstes kommerzielles Plug-in soll der Echo-Effekt MFM 2.5 von u-he das CLAP-Format unterstützen.

ersten Quellcode sowie Funktionserweiterungen und Beispiele von CLAP. Zudem liegen Prototyp-Implementierungen für die Entwicklungsumgebung JUCE und die DAW Reaper vor. Dank MIT-Lizenz lässt sich CLAP völlig kostenlos und uneingeschränkt nutzen. Um die Verbreitung zu beschleunigen, werde an Wrappern gearbeitet, mit denen sich CLAP-Plug-ins ohne merkliche Leistungsverluste in VST- und AU-Hosts einsetzen lassen.

Noch bevor die Spezifikation in der Version 1.0 fertig wird, will u-he in Kürze seinen Echo-Effekt „More Feedback Machine“ (MFM 2.5) als erstes kommerzielles Plug-in veröffentlichen, das auch CLAP unterstützt. Eine Vorabversion lässt sich bereits herunterladen. Parallel arbeitet Claes Johanson an einer CLAP-Version des Freeware-Synthesizers Surge XT. Wann CLAP in Bitwig Studio und anderen DAWs Einzug findet, steht noch nicht fest. (hag@ct.de)

CLAP, MFM und Surge XT: ct.de/y486



BEN WEBER
Grumpy of IT Security

RATEN SIE MAL, WER NOCH VOR DEM BRAND GEWARNT WURDE?



THOMAS SCHNEIDER
IT Monitoring Engineer
und Kentix Kunde



Mit Kentix SmartMonitoring schützen Sie Ihre IT vor teuren Ausfällen. Dank MultiSensor® Technologie überwachen Sie bis zu 37 physische Gefahren wie Übertemperatur, Einbruch oder Feuer – vorausschauend und mit nur einem System. Verzichteten Sie doch einfach auf böse Überraschungen: kentix.com

KENTIX
Innovative Security

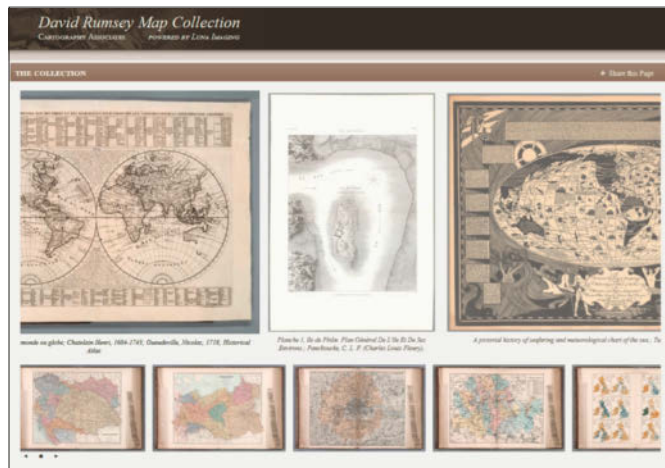
Kartenzauber

<https://digitalcollections.nypl.org/collections/lane/maps-atlases>

<https://www.davidrumsey.com>

<https://www.openculture.com/category/maps>

Stadt- und Landkarten üben auf viele Menschen eine besondere Faszination aus, und das nicht nur, weil sie einem zeigen, wie man von A nach B kommt. Vor allem historisches Material lädt zum genauen Hinsehen ein. Es enthält schließlich auch vergangenes Wissen und Geheimnisse – die wahren Schätze verbergen sich oft dort, wo man keinen Eintrag sieht.



Die **New York Public Library** hat mehr als 20.000 kartografische Werke online verfügbar gemacht. Der Schwerpunkt liegt auf den Vereinigten Staaten. So kann man etwa eine 150 Jahre alte Karte von Kalifornien samt seiner Bezirke erkunden. Alle Karten stehen zum freien Download zur Verfügung.

Auch die Sammlung von **David Rumsey** ist US-lastig, es finden sich aber darüber hinaus etliche Karten von deutschen Städten aus der Zeit vor 1900. Toll: Diese lassen sich isoliert betrachten oder als Overlay über einen aktuellen Stadtplan legen. Wer nach weiteren Kartenanregungen sucht, wird zudem im Blog von **Open Culture** fündig, das breiter aufgestellt ist und auch über Themen wie Vogelflug-Karten berichtet.

(Tobias Engler/hob@ct.de)

Datenschutz-Kartografie

<https://dataprotection-landscape.com>

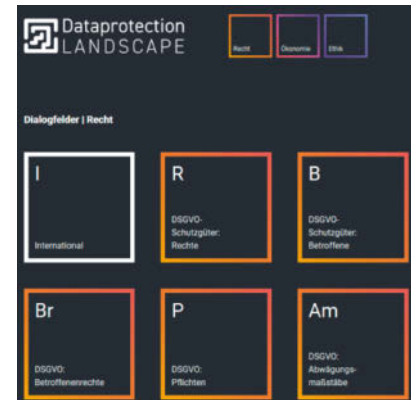
Das gewachsene Datenschutzrecht stellt sich Laien als dichtes Gestrüpp von Gesetzen und Verordnungen dar. Auch deshalb kursieren in der Öffentlichkeit viele Fehlinterpretationen und unsinnige Meinungen. Der Jurist Winfried Veil und der Datenethik-Professor Stefan Heinemann haben mit **Dataprotection Landscape** einen spannenden Versuch gestartet, den Regelungswust thematisch zu strukturieren und optisch aufzubereiten.

Sie visualisieren einzelne thematische Gebiete als Kacheln („Dialogfelder“). Über die Hauptrubriken „Recht“, „Ökono-

mie“ und „Ethik“ gelangt man immer tiefer hinein in die Welt des Datenschutzes. Naturgemäß nehmen die Regelungen der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) viel Raum ein. Zur Sprache kommen aber etwa auch die Institutionen, Kritik am Datenschutz, Reformkonzepte und Rechtsprechung. Wer sich hier durchklickt, bekommt ein Gefühl für die vielen Dimensionen dieses Themas, ohne dröge Rechtsliteratur oder Fachaufsätze lesen zu müssen.

Zusammen mit mittlerweile vielen freiwilligen Autoren nehmen sich Veil und Heinemann auch ganz aktueller Themen an. So haben sie den Koalitionsvertrag der neuen rot-grün-gelben Bundesregierung auf datenschutzrelevante Aussagen hin abgeklopft und in der Rubrik „Recht“ als eigene Matrix aufbereitet. Diese verschafft einen prima Überblick darüber, welche Buzzwords, etwa „Datendrehzscheiben“ oder „Datenqualität“, bereits mit konkreteren Projekten verknüpft sind.

(hob@ct.de)



Kreativer Overload

<https://neal.fun>

Neal Agarwal bezeichnet sich selbst als „Entwickler mit einer Leidenschaft für kreatives Programmieren“. Dieser Passion frönt er offensichtlich in der Freizeit sehr oft, wie die tollen kleinen Web-Projekte auf seiner Site **neal.fun** belegen. Agarwal bereitet mal simple Statistiken fantasievoll und interaktiv auf (zum Beispiel „Baby Map“), dann wieder erfindet er einen visuell ungemünzt hübschen Zeitvertreib und lässt die Besucher Steine übereinander stapeln („Rocks“).

Es ist unmöglich, hier all die tollen Umsetzungen einzeln zu würdigen. Besonders stark fanden wir Agarwals Ideen, den Nutzer durch Skalen wandern zu lassen: Die Visualisierung „The Size of Space“ etwa setzt die Größe der ISS-Raumstation in Verhältnis zu Asteroiden, später zu Planeten. In „The Deep Sea“ taucht man langsam von der Meeresoberfläche hinab in den Ozean und bestaunt dabei Meerestiere, die in entsprechender Tiefe zu Hause sind. Achtung: Obwohl es nur ein riesiges Bild ist, kann dabei schnell mal eine ganze Mittagspause draufgehen!

(hob@ct.de)



Diese Seite mit klickbaren Links: ct.de/ye5p

Das Magazin von Fotografen für Fotografen



**Drohnenfotografin und
c't Fotografie-Autorin**

Andrea Künstle, fotografiert u. a.
in Deutschland, Sumatra,
Kambodscha und vielen anderen
Ländern.

*„Fotografie ist für mich nicht
schauen, sondern fühlen!“*

Andrea Künstle



© Andrea Künstle

2 x c't Fotografie testen

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



Jetzt bestellen:

www.ct-foto.de/miniabo



Entstörungshemmungen

Deutsche Glasfaser verschleppt Reparatur am Kundenanschluss

Für viele Kunden ist es ein Supergau, wenn ihr Internetanschluss nicht mehr funktioniert. Ein neues Gesetz soll für rasche Entstörung sorgen. Bei den Providern scheint das noch nicht ganz angekommen zu sein.

Von Tim Gerber

Schon seit 2015 gehört Jürgen W. zu den glücklichen Besitzern eines Glasfaseranschlusses, der schnelles Internet bis zu einem Gbit/s erlaubt. Für sich und seine Familie genügte ihm jedoch ein Tarif mit

400 Mbit/s, der vom örtlichen Energieversorger angeboten wurde und mit dem er recht zufrieden war. Im April vergangenen Jahres flatterte ihm jedoch ein Angebot der Deutschen Glasfaser (DG) ins Haus, das eine deutliche Kostenersparnis bei gleichen Leistungen versprach. Das wollte sich Jürgen W. nicht entgehen lassen und schloss zum nächstmöglichen Termin, dem 20. Dezember, einen Vertrag mit dem neuen Anbieter. Der Vertragsabschluss einschließlich der Mitnahme bisheriger Telefonnummern für den Anschluss wurden ihm in den folgenden Tagen mehrfach per E-Mail und postalisch bestätigt, alles schien in Ordnung.

Doch am Morgen des 20. Dezember musste Jürgen W. feststellen, dass sein Anschluss tot war. In der Nacht hatte der bisherige Provider die Verbindung abgeschal-

tet. Sein neuer, die Deutsche Glasfaser, hatte ihn offenbar nicht wieder aktiviert. Das bestätigte man ihm bei einem Anruf beim Kundenservice gegen halb zehn Uhr. Den Grund kenne man nicht, der Anschluss werde jetzt aktiviert, versicherte man dem Kunden.

Doch eine Stunde später hatte sich noch immer nichts getan. Weder mit seinem Router noch direkt mit einem per Netzkabel an den Glasfaseranschluss (NT) verbundenen Laptop konnte Jürgen W. ins Internet gelangen. Sein nächster Anruf wurde zum technischen Support geleitet, der den Kunden um Zurücksetzen des Netzabschlussgeräts (NT) und anschließend um Tausch seines Netzkabels bat. Da all dies keinen Erfolg zeigte, erstellte der Service-Mitarbeiter nun ein Störungsticket.

Am späten Nachmittag des 20. Dezember erhielt Jürgen W. dann noch eine Willkommens-Mail der Deutschen Glasfaser, aber der Anschluss funktionierte immer noch nicht. Und ein weiterer Anruf beim Service brachte auch nichts. Gleich am folgenden Morgen rief Jürgen W. erneut bei der DG an, aber auch da konnte man ihm nichts Neues sagen. Wenige Minuten nach seinem Anruf erhielt er aber immerhin eine Bestätigung, dass seine Störungsmeldung aufgenommen wurde, auch wenn der Text nichts Konkretes enthielt: „Unser Techniker-Team arbeitet bereits intensiv und mit höchster Priorität an der Störungsbehebung“, hieß es in der Mail. „Wir können Ihnen aktuell leider noch kein Enddatum nennen. Sobald wir über ausreichende Informationen verfügen, nennen wir Ihnen gern umgehend ein Enddatum. Wir halten Sie auf dem Laufenden“, versprach die DG.

Bei einem weiteren Telefonat am Nachmittag mit der Vertragshotline des Anbieters sagte man dem Kunden, dass ein Techniker zu ihm kommen und eine IP in das Netzabschlussgerät eintragen müsse. Vor Weihnachten werde das wohl nichts mehr. Am Nachmittag des 23. Dezember telefonierte Jürgen W. wieder mit der technischen Hotline der DG. Er müsse warten, hieß es. Zehn Minuten später versprach ihm die Vertrags-Hotline, einen Techniker auf seinen Fall anzusetzen.

Tägliches Gemurmel

Trotz täglicher Anrufe und E-Mails des Kunden tat sich bis zu den Feiertagen nichts. Jürgen W. und seine Familie blieben ohne Internetanschluss. Auch in den Tagen zwischen Weihnachten und Neujahr änderte sich daran nichts. Der ältere Sohn, der für sein Studium dringend auf einen Internetanschluss angewiesen ist, übersiedelte einstweilen zu den Großeltern.

Bei seinen täglichen Anrufen sagte man dem Kunden immer wieder, dass sein Anschluss in Ordnung sei, nur die Verbindung zwischen Netzabschlussgerät (NT) und seinem Router funktioniere wohl nicht. Dies sei das Ergebnis der Ferndiagnose, auf deren Grundlage man nun Jürgen W. immer wieder aufforderte, NT und Router zurückzusetzen, andere Netzkabel zu verwenden und dergleichen mehr. Das alles tat der Kunde Mal ums Mal genervter, denn es brachte nichts. Sein Anschluss blieb tot.

Auch Anfang des neuen Jahres stand Jürgen W. noch immer ohne Internet da.

Der jüngere Sohn fürchtete nun, auch bei Beginn der Schule kein Internet zu haben. Einstweilen halfen freundliche Nachbarn mit einem Kabel durchs Fenster, damit die Familie übergangsweise darüber ins Netz kann.

Bereits am 30. Dezember hatte sich Jürgen W. an die c't-Redaktion gewandt und von seinen Problemen mit dem Anschluss berichtet. Wir kontaktierten am 3. Januar die Pressestelle der DG und baten um Auskunft, was die Ursache für den Ausfall des Glasfaseranschlusses bei Jürgen W. ist und wie lange die Behebung der Störung noch dauern sollte.

Am selben Tag noch bestätigte uns der Pressesprecher, dass er die Anfrage in die Kundenbetreuung weitergegeben habe und uns informieren werde, wenn es von dort eine Rückmeldung gäbe. Am 5. Januar fragten wir nach, warum man denn nicht mal einen Techniker zu Jürgen W. schicke, der sich des Problems vor Ort annehmen würde. Daraufhin konnte tatsächlich ein Termin gleich für den nächsten Morgen vereinbart werden.

Schnell erledigt

Der Techniker erschien auch pünktlich und stellte innerhalb weniger Minuten fest, dass er den Verteilerkasten einige hundert Meter vom Haus der W.s entfernt aufsuchen müsse, und verschwand erst einmal wieder in Richtung Verteiler. Nach kaum einer halben Stunde war er zurück und der Anschluss funktionierte nun prompt.

Es stellte sich heraus, dass in der Verteilung der Steckplatz für den Anschluss von Jürgen W. ausgefallen war. Der Techniker musste nur das Modul tauschen. Der Provider hätte die Störung also ohne Weiteres auch gleich am 20. Dezember beheben können, statt den Kunden über Weihnachten und Neujahr ohne Internet und Festnetztelefon zu lassen.

Da die Politik inzwischen erkannt hat, wie sehr ein solcher Ausfall den Alltag auch in privaten Haushalten beeinträchtigt, hat sie zu Anfang Dezember das Telekommunikationsgesetz angepasst (§ 58 TKG, siehe ct.de/y4pk).

Neu ist unter anderem, dass Kunden in solchen Fällen von Störungen pauschal einen Schadensersatz von mindestens 5 Euro pro Tag geltend machen können. Das gilt allerdings erst ab dem dritten Tag der Störung. Ab dem fünften Tag gibt es dann aber auch schon mindestens zehn Euro.

Bei Anschlüssen, die im Monat mehr als 100 Euro kosten, kann es auch mehr sein, nämlich 5 Prozent davon ab dem dritten und 10 Prozent ab dem fünften Tag. Die für die Zeit der Störung wegfallenden Entgelte können die Provider allerdings gegenrechnen.

Gerade bei Vertragsbeginn gelten für Neukunden oft aber erst mal Sonderrabatte und Nulltarife in den ersten Monaten.

**VOR
SICHT
KUNDE!**

Geht es dann mit dem Wechsel schief wie bei Jürgen W., hatte der Kunde bisher das Nachsehen und der Provider im Grunde keine Kosten, also auch keine Motivation, die Störung rasch zu beseitigen. Dem trägt das neue Gesetz durch Mindestbeiträge Rechnung, die dem Kunden selbst dann zustehen,

wenn er aktuell gar keine monatlichen Kosten für den Anschluss hat. Einen konkreten Schaden durch den Ausfall müssen die Kunden nicht mehr nachweisen.

Schwarz auf weiß

Voraussetzung ist lediglich, dass man die Störung dem Provider nachweislich gemeldet hat. Damit die Provider den drohenden Schadensersatz nicht vereiteln, hat ihnen der Gesetzgeber die Pflicht auferlegt, solche Meldungen unverzüglich für den Kunden nachweisbar zu dokumentieren. Wird die Störung nicht binnen zweier Tage behoben, dann muss eine weitere Mitteilung über die geplanten Maßnahmen und das voraussichtliche Ende an den Kunden erfolgen.

Nach unseren Berechnungen waren 130 Euro zusammengekommen. Und tatsächlich konnte uns Jürgen W. berichten, am Tag nach Beendigung der Störung, also am 6. Januar, telefonisch die Zusage der DG erhalten zu haben, dass man ihm exakt 130 Euro mit der nächsten Rechnung erstatten wolle.

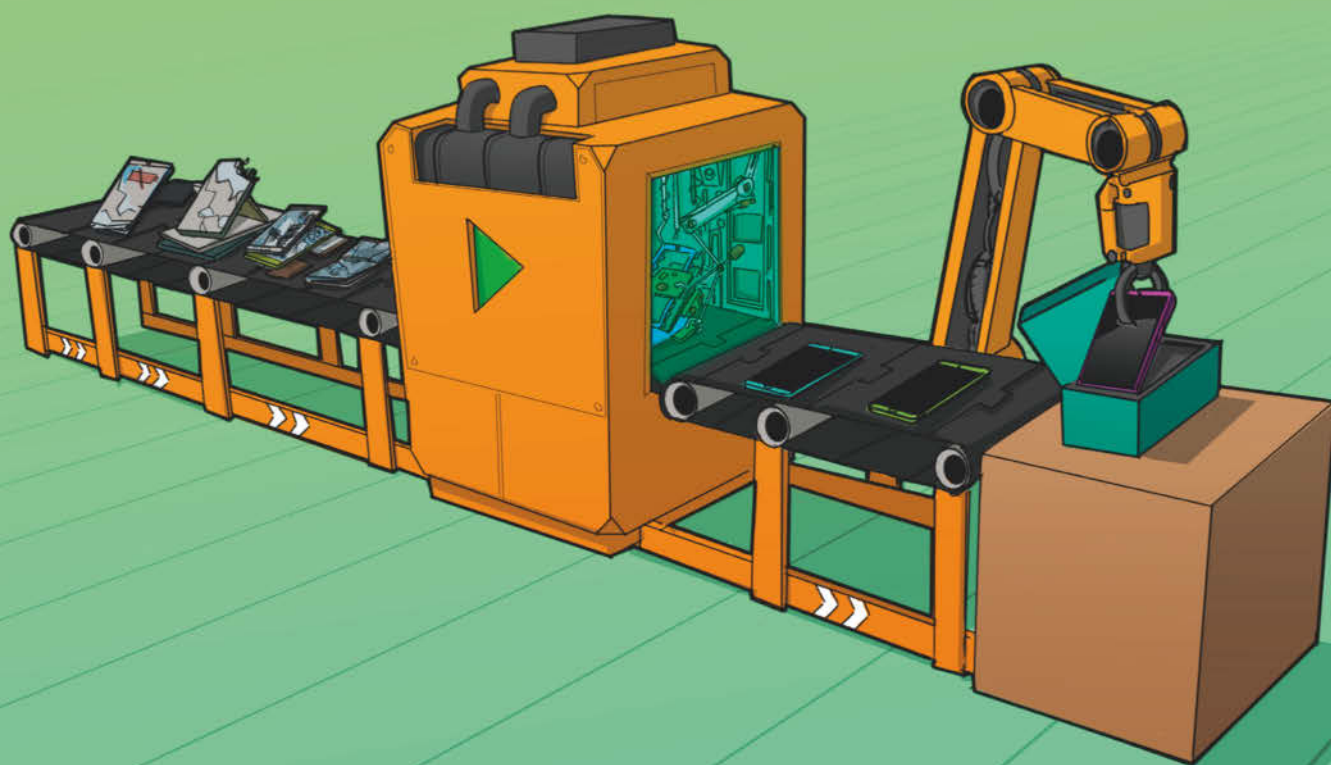
Ob das neue Gesetz tatsächlich zu einer zügigeren Störungsbehebung führen wird, muss sich noch zeigen. Betroffene sollten vor allem auf eine sofortige saubere Dokumentation ihrer Störungsmeldung achten und im Zweifel sofort die Bundesnetzagentur als zuständige Aufsichtsbehörde informieren, wenn ihr Provider dieser Pflicht nicht wie im Gesetz gefordert unverzüglich nachkommt.

(tig@ct.de) **ct**

Neue TKG-Bestimmungen: ct.de/y4pk

Second Hand(y)

Warum wiederaufbereitete Smartphones boomen



Warum Smartphones aus zweiter Hand „in“ sind	Seite 52
Wiederaufbereitete Smartphones im Test	Seite 56
Wie man gebrauchte Handys unkompliziert verkauft	Seite 62

Immer mehr Kunden entscheiden sich für ein wiederaufbereitetes Smartphone vom Händler – das ist günstiger und umweltfreundlicher als der Neukauf, obendrein läuft die Garantie oft sogar länger. Doch es gibt noch weitere Gründe für den Trend.

Von Christian Wölbart

Die goldenen Zeiten sind im Smartphone-Markt schon länger vorbei. Nachdem die Verkäufe bis 2016 steil angestiegen waren, ging es danach wieder bergab. Allerdings ist nur der Markt für Neugeräte geschrumpft – der Second-Hand-Markt wuchs stetig weiter.

2020 war der Kontrast besonders deutlich: Laut der Marktforschungsfirma IDC sank der Absatz von Neugeräten im ersten Coronajahr um 6 Prozent. Gleichzeitig stieg die Zahl der von gewerblichen Anbietern verkauften Gebrauchtsmartphones um 9 Prozent.

Auch in Europa feiern Second-Hand-Anbieter Rekorde. Rebuy hat 2021 nach eigenen Angaben 180.000 wiederaufbereitete Smartphones verkauft, fast doppelt so viele wie 2016. „Wir könnten noch deutlich mehr verkaufen, der Flaschenhals ist klar der Ankauf“, sagt Rebuy-Chef Philipp Gattner im Gespräch mit c't. Das Unternehmen aus Berlin arbeitet seit 2019 profitabel und beschäftigt heute 550 Mitarbeiter.

Der Konkurrent Swappie ist noch schneller groß geworden: Er wurde erst 2016 gegründet, hat aber schon mehr als 1100 Angestellte. Das Start-up aus Helsinki bereitet ausschließlich iPhones wieder auf und flutet YouTube mit Influencer-Werbespots.

Einen steilen Start hingelegt haben auch Onlinemarktplätze für Second-Hand-Elektronik wie Backmarket aus Paris und Refurbed aus Wien. Backmarket beschäftigt schon 650 Angestellte und ist aus der Sicht seiner Kapitalgeber 5,1 Milliarden Euro wert. Anders als Swappie und Rebuy bereiten Backmarket und Refurbed nicht selbst auf, sondern vermitteln nur zwischen Käufern und kleineren Wiederaufbereitern aus ganz Europa – das skaliert

schneller, als wenn man selbst Smartphones testet, reinigt und repariert.

Für den Erfolg der Second-Handy-Branche gibt es zahlreiche Gründe. Eine Rolle spielt zum Beispiel der aktuelle Chipmangel: Manche Neugeräte waren 2021 kaum lieferbar, was Gebrauchtanbietern einen Vorteil verschaffte.

Gefühlt genauso gut

Doch es gibt auch langfristige Trends, die den Gebrauchtmärkte anschieben. Der vielleicht wichtigste ist, dass der technische Fortschritt sich bei Smartphones verlangsamt hat – zumindest aus Sicht der Kunden. Fünf Jahre alte Modelle wie das Samsung Galaxy S8 ruckeln auch bei heutigen Apps kaum und bieten alle Funktionen, die Normalnutzer sich wünschen. Ob zwei, drei oder vier Kameras im Gehäuse stecken, ist vielen Kunden schnuppe.

Gleichzeitig haben die Hersteller ihre Preise aber nach oben geschraubt. Im Schnitt geben Verbraucher in Deutschland

heute 500 Euro für ein neues Handy aus, 150 Euro mehr als vor fünf Jahren. High-End-Modelle kosten gut und gern das Doppelte. Doch warum so viel ausgeben, wenn das ähnlich gute Vorjahresmodell mit ein paar Kratzern für die Hälfte zu haben ist?

Hinzu kommt, dass hochwertige Android-Smartphones länger mit Updates versorgt werden als noch vor einigen Jahren. Früher war meistens nach zwei Jahren Schluss, heute verspricht zum Beispiel Samsung, teure Modelle mindestens vier Jahre lang zu versorgen. Apple frischt die Software seiner Smartphones traditionell fünf, sechs Jahre lang regelmäßig auf.

Mit Mehrwert und ohne Risiko

Die Wiederaufbereiter profitieren nicht nur von der Strategie der Hersteller. Sie haben auch selbst einiges dafür getan, den Gebrauchtmärkte aus der Schmutzdecke zu holen. Zum Beispiel bieten Rebuy und Swappie ihren Kunden eine Dreijahresgarantie, während Hersteller auf Neugeräte üblicherweise nur ein oder zwei Jahre geben (mehr über Garantie und Gewährleistung bei Gebrauchtgeräten lesen Sie in unserem Test ab S. 56).

Die Dreijahresgarantie ist auch deshalb möglich, weil die Wiederaufbereiter ihre Ware mit hohem Aufwand testen (siehe Kasten auf S. 54). Alle großen Anbieter versprechen zudem, dass der Akku mindestens 80 Prozent der Originalkapazität bietet. Falls das Gerät aus irgendeinem Grund doch nicht gefällt, können Kunden es in den ersten Wochen einfach zurückschicken. Anders als beim Kauf von privat geht man bei gewerblichen Anbietern kaum ein Risiko ein.

Muss der Akku oder das Display getauscht werden, verwenden die Anbieter nach eigenen Angaben soweit möglich Originalteile oder wiederaufbereitete Originalteile, zum Beispiel Apple-Displays mit ausgetauschtem Deckglas. Da Originalteile mitunter nicht erhältlich sind, müssen sie aber auch auf Nachbauten zurückgreifen. Alle Teile würden intensiv getestet, betonen Rebuy und Swappie gegenüber c't.

Je länger, desto grüner

Obendrein werben die Wiederaufbereiter mit dem Argument, dass der Gebrauchtkauf der Umwelt helfe. Da ist durchaus etwas dran: Ein Smartphone ist umso umweltfreundlicher, je länger es genutzt



„Wir könnten noch deutlich mehr Smartphones verkaufen, der Flaschenhals ist der Ankauf“, sagt Rebuy-Chef Philipp Gattner.

wird, denn der Großteil der Emissionen entsteht durch die Produktion.

Die Umweltorganisation Germanwatch fordert deshalb die Bundesregierung auf, den Markt für gebrauchte Elektronik mit einer geringeren Mehrwertsteuer zu fördern. Das sollte insbesondere für Geräte gelten, die schon zwei oder drei Jahre alt sind, sagt Johanna Sydow, Ressourcenexpertin bei Germanwatch. Schließlich helfe nicht jeder Gebrauchtkauf dem Klima. Wer sich alle paar Monate ein neues Modell aus zweiter Hand zulegt, heize indirekt die Nachfrage nach Neugeräten an.

Die EU-Kommission plant bereits andere Maßnahmen, die den Gebrauchtmarkt ebenfalls fördern würden: Sie will Hersteller verpflichten, mindestens fünf Jahre lang Ersatzteile und Softwareupdates zu liefern. Sollten diese Regeln wie geplant 2023 in Kraft treten, dürften Neugeräte noch teurer werden und Gebrauchtgeräte noch attraktiver.

Laut einer aktuellen Bitkom-Umfrage haben nur 13 Prozent der Deutschen schon einmal ein wiederaufbereitetes Smartphone oder Notebook gekauft - aber 50 Prozent könnten sich das vorstellen. Und die Marktforscher von IDC rechnen damit,

dass 2024 weltweit 350 Millionen wiederaufbereitete Smartphones verkauft werden, etwa 125 Millionen mehr als 2020. Das ist zwar noch weit entfernt von den etwa 1,4 Milliarden Neugeräten pro Jahr. Backmarket-Chef Thibaud Hug de Larauze glaubt aber, dass der Gebrauchtmarkt langfristig mindestens gleichziehen kann. „Wir machen uns dafür bereit, mit dem 1,5 Billionen Dollar schweren Markt für Neugeräte auf Augenhöhe zu gehen“, sagt er. Bei Autos kaufe die Mehrheit schließlich auch Gebrauchtware. (cwo@ct.de) **ct**

Futuredial-Video: ct.de/ynzx

Wie Rebuy gebrauchte Smartphones testet

Wiederaufbereiter wie Rebuy und Swapie kaufen gebrauchte Smartphones, testen sie, reparieren sie bei Bedarf und verkaufen sie danach wieder. Die Einschätzung des Gerätezustands – die Firmen sprechen vom „Grading“ – ist dabei zentral: Werden Mängel übersehen, etwa ein defektes Mikrofon, hat das Retouren oder Reklamationen zur Folge.

Bei Rebuy in Falkensee bei Berlin konnte c't den Grading-Prozess verfolgen. Das Unternehmen hat dort im vergangenen Jahr eine hochautomatisierte Teststraße für iPhones aufgebaut. Nach dem Auspacken prüfen Mitarbeiter zunächst, ob die Geräte für die automatisierten Tests geeignet sind. Zu den Ausschlusskriterien zählen starke Beschädigungen wie aufgeblähte Akkus oder gebrochene Displays. Liegt kein solches Problem vor, werden die Geräte via Kabel an ein Testsystem gestöpselt, das Gerätedaten aus dem Mainboard ausliest und den Akku auflädt. Die Software stellt auch fest, ob das iPhone noch mit einem iCloud-Account verbunden ist und deshalb nicht verkauft werden kann. In diesem Fall erhält der Besitzer automatisch eine Mail mit der Bitte, die Sperre aufzuheben.

Danach reinigen Mitarbeiter die Smartphones, damit zum Beispiel Staubknäuel in Buchsen nicht die Testergebnisse verfälschen – eine zweite Reinigung folgt später. Das eigentliche Grading läuft weitgehend automatisch: Ein Roboterarm nimmt die Geräte vom Fließband und legt sie in eine etwa 60.000 Euro teure Maschine des US-Herstellers Futuredial, die Funktionen und Komponenten testet,



Rebuy setzt zum automatisierten Testen von gebrauchten Smartphones Maschinen von Futuredial ein, die etwa 60.000 Euro pro Stück kosten.

etwa Kameras, Display, Sensoren, Buchsen, Bluetooth, Mikrofon und Lautsprecher (einen Eindruck davon vermittelt das Video unter ct.de/ynzx). „Die Maschine spuckt 280 Messwerte pro Gerät aus, die Kunst liegt aber in der Bewertung der Daten“, sagt Rebuy-Chef Philipp Gattner.

Auch die Einschätzung des optischen Zustands läuft automatisiert. Ein weiterer Apparat macht zwei Dutzend hochauflösende Fotos vom Gerät, eine Software errechnet daraus eine Zustandsbewertung. Auch dabei sei Erfahrung wichtig, betont Gattner. „Wie ein Kratzer bewertet wird, hängt zum Beispiel davon ab, an welcher Stelle des Gehäuses er sich befindet.“

Die Restkapazität des Akkus lässt sich in der Regel aus einem Chip auslesen. Doch darauf verlasse man sich nicht, sagt Gattner. Man prüfe die Angabe auch mit einem eigenen Akkustest auf Plausibilität.

Künftig will Rebuy auch Android-Smartphones über die Teststraße schicken. Um die Maschinen „anzulernen“, seien etwa 200 Exemplare eines Modells nötig, sagt Gattner. Als Hauptvorteil der Automatisierung sieht er nicht die Geschwindigkeit oder die Kostenersparnis, sondern die Verlässlichkeit der Daten: „Bei menschlichen Testern schwanken die Ergebnisse, weil die Augen müde werden und die Aufmerksamkeit nachlässt.“

IT JOBTAG 2022



Anmeldung:
it-jobtag.de

**Eintritt und
alle Angebote
kostenfrei!**

Sie suchen einen interessanten und qualifizierten Job in der IT-Branche?

Attraktive Arbeitgeber warten auf Sie!

heise jobs, die Jobbörse von heise online, und Jobware, der Stellenmarkt für Fach- und Führungskräfte, begrüßen Sie beim IT-Jobtag! Zahlreiche attraktive Arbeitgeber präsentieren sich mit ihren aktuellen Stellenangeboten, Aus- und Weiterbildungsplätzen sowie berufsbegleitenden Studiengängen aus dem ITK-Segment. Im direkten Gespräch können Sie sich informieren, austauschen oder auch eine individuelle Karriereberatung bzw. einen Bewerbungsscheck der Jobware Personalberatung in Anspruch nehmen. Verschiedene Vorträge zu spannenden Themen ergänzen das Rahmenprogramm.

Aus aktuellem Anlass:

- Der IT-Jobtag ist als nationale Veranstaltung ausgelegt.
- Es werden alle notwendigen Hygiene-Vorschriften beachtet.

TERMINE 2022

DÜSSELDORF 16.03.2022 Rheinterrassen	MÜNCHEN 04.05.2022 Nemtschekhaus München	HANNOVER 12.05.2022 Hannover Congress Centrum	FRANKFURT 08.06.2022 IHK Gebäude am Börsenplatz	KÖLN 15.06.2022 KOMED im MediaPark
LEIPZIG 23.06.2022 Marriott Hotel	STUTTGART 01.09.2022 IHK Region Stuttgart	HAMBURG 14.09.2022 Ehemaliges Hauptzollamt	BERLIN 05.10.2022 Spreespeicher	NÜRNBERG 20.10.2022 Meistersingerhalle Nürnberg

powered by

 **heise Jobs**

 **Jobware**
...da hab' ich den Job her!

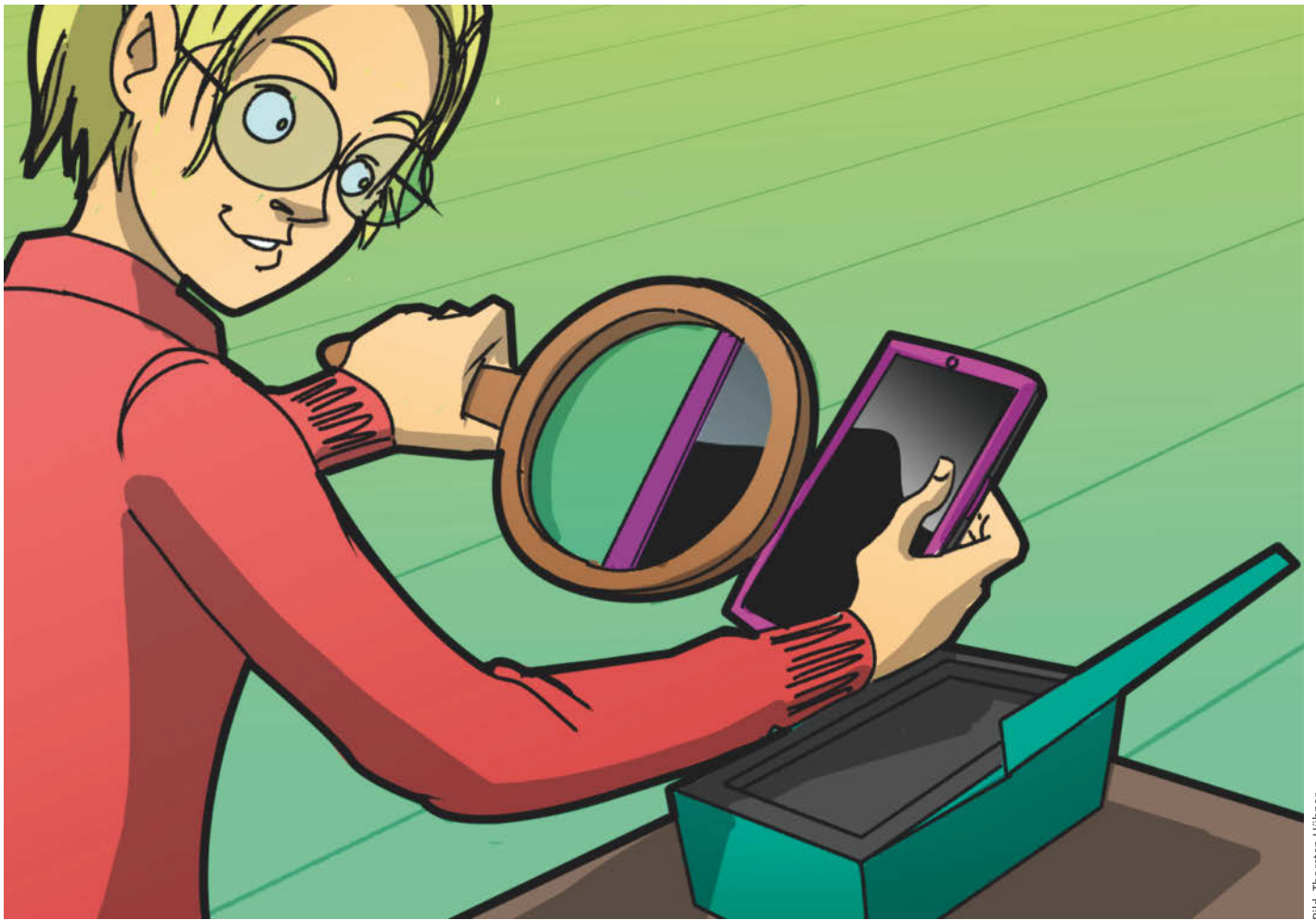


Bild: Thorsten Hübner

Best Ager

Power zum Sparpreis: Gebrauchte Smartphones

Smartphones aus zweiter Hand schonen Umwelt und Geldbeutel – und wenn man zu den richtigen Modellen greift, sind sie auch noch richtig gut. Wir haben fünf gebrauchte Geräte bei unterschiedlichen Händlern gekauft und auf Herz und Nieren gecheckt.

Von Robin Brand und Steffen Herget

Gebraucht ist auch das Top-Smartphone aus dem Vorjahr erschwinglich. Kauft man es beim Händler, muss man auch auf die gesetzliche Gewährleistung nicht verzichten (mehr dazu siehe Interview-Kasten), und nachhaltiger als der Neukauf ist das Modell außerdem. Doch was taugen die Versprechen der Gebrauchthändler in der Realität? Befinden sich die Smartphones wirklich im versprochenen Zustand? Wir haben Smartphones bei fünf großen Händlern bestellt, um das herauszufinden.

Die fünf Gebrauchten sollten genügend Leistung für den Alltag mitbringen. Das neueste und teuerste darunter ist das Apple iPhone 12 mini, das zum Kaufzeitpunkt bei Refurbed rund 15 Prozent günstiger war als das günstigste Neugerät. Das klingt nach wenig, allerdings haben wir

uns auch für eine laut Beschreibung neuwertiges Gerät entschieden. Mehr Geld spart man, wenn man auch die eine oder andere Schramme akzeptiert, zum Beispiel bei einem iPhone SE 2020, das wir in „sehr gutem“ Zustand bei Swappie gekauft haben. Drei Androiden komplettieren das Testfeld: Das OnePlus 7T ist das günstigste Gerät im Test, wir haben es in einem „guten“ Zustand bei Asgoodasnew gekauft. Als wie neu beschreibt Rebuy das Xiaomi Mi 10T Pro, nur leichte Gebrauchsspuren will Backmarket beim Samsung Galaxy S10 ausgemacht haben. Alle fünf Geräte hatten wir bereits als Neugeräte im Test, als sie frisch auf den Markt gekommen waren, die entsprechenden Artikel finden Sie über ct.de/yrms.

Während Asgoodasnew, Rebuy und Swappie als Händler auftreten, bieten Re-

furber und Backmarket Verkäufern nur eine Plattform. Alle Bestellungen wurden prompt verschickt und trafen spätestens vier Werktage später bei uns ein – auch das Paket von Swappie, das uns aus Estland erreichte. Alle Smartphones entsprachen den Beschreibungen – mitunter hatten die Beschreibungen sogar eher schlechtere Zustände erwarten lassen. Neuwertig hieß im Falle des 10T Pro und des iPhone 12 mini tatsächlich, dass wir bloßen Auges keinerlei Kratzer ausmachen konnten. Das „gute“ OnePlus hatte nur geringe Gebrauchsspuren.

Allerdings gilt es vor der Bestellung genau hinzusehen: Denn unter den Begrifflichkeiten wie „neuwertig“, „sehr gut“ und „gut“ verstehen die Händler durchaus Unterschiedliches. So umschreibt Asgoodasnew den Zustand „sehr gut“ mit leichten Gebrauchsspuren an Display und Gehäuse und illustriert das mit einem Beispieldbild eines zarten Kratzers am Display. Bei Swappie klingt „sehr gut“ schon anders: „Das Telefon weist gut sichtbare Gebrauchsspuren, wie zum Beispiel Kratzer, Dellen und leichte Schrammen auf“, heißt es dort. Und tatsächlich: Das „sehr gute“ iPhone SE von Swappie erreichte uns deutlich ramponierter als das lediglich „gute“ OnePlus 7T von Asgoodasnew.

Neuwertig heißt nicht vollständig

Auch ein als neuwertig deklariertes Gerät bedeutet nicht, dass das Original-Zubehör komplett beiliegt. Das iPhone 12 mini erhielten wir in einem neutralen, weißen Karton mit Ladekabel und 5-Watt-Netzteil – letzteres liegt den iPhones der 12er-Serie beim Neukauf übrigens nicht bei. Mit komplettem Zubehör im Originalkarton verschickte dagegen Rebuy das Mi 10T

Pro. Netzteil und Ladekabel lagen allen Smartphones bei.

Mit gemischten Gefühlen ließen uns die Bestellprozesse zurück, die in den meisten Fällen viele unnütze Mails nach sich zogen. Besonders unangenehm fiel Refurbed auf, das uns noch während wir unsere Angaben in der Bestellmaske machten, also bevor wir die Bestellung überhaupt aufgegeben hatten, anhand der eingegebenen Daten ein Nutzerkonto anlegte und uns das Passwort dafür im Klartext per Mail sendete.

Updates für ein zweites Leben

Unsere fünf bestellten Geräte stehen exemplarisch für eine Reihe brauchbarer Modelle, die für den Gebrauchtkauf infrage kommen. Was man vor dem Kauf erwägen sollte: Will man das Smartphone noch einigermaßen verlässlich mit Sicherheits-Patches versorgt wissen, sollte man nicht allzu weit in die Vergangenheit reisen. Apple geht in Sachen Update-Versorgung mit gutem Beispiel voran, fünf bis sechs Jahre ab Marktstart sind auf jeden Fall drin. Auch deswegen sind iPhones verhältnismäßig wertstabil – auch gebraucht fallen die Preise nicht ins Bodenlose. Google und Samsung beliefern ihre Androiden zuverlässig mit Updates. Es gilt die Faustregel: Bei ehemals teuren Geräten hat man bessere Aussichten, sich länger über Updates freuen zu dürfen.

Immer häufiger machen Hersteller bei Erscheinen eines Smartphones Angaben dazu, wie lange sie es ab Marktstart mit Updates versorgen wollen, die man in die Kaufentscheidung einfließen lassen kann. Dass ein Versprechen aber keine Garantie ist, zeigt das Beispiel Nokia 9: Bei Erscheinen mit Android 9 hatte der Hersteller Updates auf die folgenden Versionen 10



Ertappt: Dass das iPhone SE schon benutzt wurde, sieht man auf den ersten Blick.

und 11 in Aussicht gestellt. Dumm nur, dass sich später herausstellte, dass die Fünffach-Kamera des Geräts nicht mit Android 11 kompatibel ist. Das Modell fliegt damit mit Android 10 aus dem Upgrade-Zirkel.

Alle unsere fünf Probanden sind dagegen auf aktuellem Stand, die beiden iPhones wird Apple wohl bis mindestens 2025 mit Updates versorgen. Das S10, im Februar 2019 auf den Markt gekommen, will Samsung nach eigenen Angaben vier Jahre ab Marktstart mit Sicherheits-Patches versorgen, also bis Anfang 2023. Keine genauen Angaben macht Xiaomi, zum Testzeitpunkt Anfang Januar hatte der Hersteller das 10T Pro bereits mit dem Dezember-Patch versorgt. Das OnePlus 7T soll noch bis September 2022 Sicherheits-Patches erhalten.

Doch die Android-Nutzer haben eine Möglichkeit, die Apple-Fans im eingetragten iOS-System nicht haben: Sie können Custom-ROMs auf ihren Smartphones installieren. Alleine auf der offiziellen LineageOS-Seite sind über 150 kompatible Smartphones gelistet, darunter alle drei Android-Handys aus unserer Auswahl. Neue Software kann so manchem Smartphone, dessen Hardware noch locker mithalten kann, frisches Leben einhauchen. Wer sich die Option offenhalten will, später ein Custom-ROM zu installieren, kann sich vor dem Kauf zum Beispiel auf lineageos.org einen Eindruck verschaffen, wie regelmäßig die verschiedenen Modelle mit neuen Builds versorgt werden.

Akku und Reparaturen

Eines wird man allerdings kaum mehr finden: Geräte, deren Komponenten – etwa gealterte Akkus – sich mit wenigen Handgriffen und ohne Werkzeug austauschen lassen. Das jüngste Fairphone 4 ist noch zu frisch auf dem Markt, das Sparpotenzial beim Gebrauchtkauf gering.

Unsere rund anderthalb bis zweieinhalb Jahre alten Gebrauchten zeigten hin-



Fünf zweite Leben sollt ihr haben: Dass die Smartphones gebraucht sind, sieht man meist nicht sofort. Nur unser iPhone SE (zweites von rechts) sah etwas mitgenommener aus als der Rest.

sichtlich Akkulaufzeit allerdings keine auffälligen Schwächen. Fast durch die Bank erreichten sie noch rund 90 Prozent der Laufzeiten, die wir mit den Geräten im Neuzustand gemessen hatten. Nur das Galaxy S10 machte unter Last deutlich schneller schlapp als im Neuzustand. Das OnePlus 7T dagegen verbesserte die Laufzeit unter Last sogar marginal, was auf Softwareoptimierungen des Herstellers zurückzuführen sein dürfte.

Trotz der noch guten Laufzeiten kann es nicht schaden, sich schon vorab über die Kosten eines möglichen Akkutauchs zu informieren. Apple ruft dafür 55 (iPhone SE) respektive 75 Euro (iPhone 12 mini) auf, Samsung verlangt 76 Euro für den Batterietausch des S10. Recht vage Angaben machen OnePlus und Xiaomi. Die 9,90 Euro, die OnePlus für einen neuen Akku fürs 7T nennt, beziehen sich rein auf das Ersatzteil. Bastler profitieren nicht davon, da OnePlus die Ersatzteile nicht direkt vertreibt. Und wer das Smartphone einschickt, weiß vorher nicht, wie teuer es wirklich wird. Wenig kundenfreundlich bereitet Xiaomi die Kosten auf. Neben 15,44 Euro für den Akku kommen in jedem Fall 10,44 für Versand und 40,02 für die Inspektion hinzu. Allerdings schränkt Xiaomi ein, die genannten Preise seien nur Richtwerte. Das endgültige Angebot erhält man erst nach Begutachtung. Will man das Smartphone dann nicht zu den genannten Konditionen reparieren lassen, stellt Xiaomi zusätzlich zu den Inspektionskosten 22,60 für den Rückversand in Rechnung. Die Preise für einen Displaytausch durch den Hersteller liegen bei 151,10 Euro (iPhone SE), 220 Euro (Galaxy S10) und 251,10 Euro (iPhone 12 mini).

Wer selbst Hand anlegen möchte, dem bieten die Reparaturexperten von iFixit wertvolle Anhaltspunkte bei der Kaufentscheidung. Ausgerechnet die Smartphones von Apple – der Konzern, der dafür bekannt ist, es in der Vergangenheit unabhängigen Werkstätten unnötig schwer gemacht zu machen – schneiden dort einigermaßen passabel ab, weil die meisten Komponenten modular sind und unabhängig voneinander ausgetauscht werden können. Am anderen Ende der Skala rangiert das S10 von Samsung, dessen Ladebuchse mit der Hauptplatine verlötet ist und dessen verklebte Vorder- und Rückseite die Reparaturen erschweren.

Wer bei früheren Oberklasse-Handys zuschlägt, kann sich ziemlich sicher sein, dass die Leistung auch zwei, drei Jahre nach ihrem Erscheinen für alltägliche Auf-



Apple iPhone 12 mini

Beim gebrauchten iPhone 12 mini war die Ersparnis gegenüber dem Neukauf so gering wie bei keinem anderen Gerät im Testfeld. Rund 80 bis 100 Euro sparte man zum Kaufzeitpunkt, wenn man statt zum Neugerät zu einem nahezu neuwertigen Gebrauchten griff. Dass iPhones relativ wertstabil sind, kann sich lohnen, wenn man das Smartphone später wieder verkaufen möchte. Die 12er-iPhones waren die ersten mit 5G-Mobilfunk, weshalb der Aufpreis gegenüber der Vorgängergeneration gut investiert ist.

Obwohl das 12 mini mit größerem Display als das SE ausgestattet ist, ist das Gerät noch kleiner – für Menschen mit großen Händen kann es sogar zu klein sein. Kaum mehr kostet das reguläre iPhone 12, das sich die gute Dual-Kamera (weitwinklige Haupt- und zusätzliche Ultraweitwinkel-Kamera) und das scharfe OLED mit dem mini teilt und es um eine bessere Akkulaufzeit ergänzt. Noch etwas besser ausgestattet sind die Pro-Versionen der 12er-iPhones, die die Dual-Kamera um eine zusätzliche Telekamera ergänzen und von einem schickeren Edelstahlrahmen eingefasst sind. Höhere Bildraten mit bis zu 120 Hertz bietet dagegen erst die aktuelle 13-Pro-Generation.

- ↑ kompakt
 - ↑ tolle Kamera
 - ↓ mittelmäßige Laufzeit
- Gebrauchtpreis: ab ca. 520 Euro

gaben und auch ein Spielchen zwischen durch locker ausreicht. Die Performance ist mit aktuellen Geräten der oberen Mittelklasse vergleichbar.

Die Entwicklung der Smartphone-Kameras konzentrierte sich in den vergangenen Jahren hauptsächlich auf die Punkte



Apple iPhone SE 2020

Schon bei seinem Erscheinen vor anderthalb Jahren sah das iPhone SE mit seinen dicken Rändern ein wenig aus der Zeit gefallen aus. Einige Schrammen, die vom bisherigen Leben unseres gebrauchten SE erzählen, verstärken den Eindruck noch. Doch gebrechlich ist das SE keineswegs. Im Gegenteil: Apples A13 hängt die versammelte Android-Konkurrenz, mit Snapdragon 855+, 865 und Exynos 9 Octa bestückt, in den Rechen-Benchmarks ab. Um zu wenig Leistung muss man sich beim SE keine Gedanken machen.

Der Schwachpunkt des iPhones ist ein anderer: der winzige, nur 1820 mAh fassende Akku. 55 Euro für den Akkutauch durch Apple sollte man ein bis zwei Jahre nach dem Gebrauchtkauf besser einkalkulieren. Das winzige 4,7-Zoll-LCD ist ausreichend scharf und hell, aber eine Umstellung, wenn man große 6-Zoll-Screens gewohnt ist. Die Kamera schießt Fotos in nur einer Brennweite, auf Extras wie Tele oder Ultra-Weitwinkel muss man verzichten. Andere Oberklasse-Features wie einen Schutz gegen Wasser und Staub und Drahtlosladen gehören dagegen zur Ausstattung des Mittelklasse-iPhones. Softwareupdates dürfte das Smartphone noch mindestens dreieinhalb Jahre erhalten.

- ↑ top Performance
 - ↑ langer Support
 - ↓ kurze Laufzeiten
- Gebrauchtpreis: ab ca. 300 Euro

Nachtfotografie und Video. In beiden Aspekten können die Second-Hand-Smartphones nicht ganz mit aktuellen Top-Handys mithalten. Vor allem die Hauptkameras sind für Bilder aus dem Alltag und Fotoposts für Social Media aber nach wie vor geeignet. Beim iPhone hat sich zudem



OnePlus 7T

Das OnePlus 7T befindet sich zweieinhalb Jahre nach Marktstart am Ende seines Supportzeitraums. Ein Update auf Android 12 wird es nicht mehr erhalten. Während unseres Tests hievte OnePlus den Security-Patch-Level von August auf Dezember 2021. Nach eigenen Angaben will der Hersteller das Gerät bis September mit Sicherheits-Patches versorgen, monatlich passiert das augenscheinlich nicht mehr. Dennoch bleibt das Smartphone dank offizieller Lineage-Unterstützung interessant. Mit Qualcomm Snapdragon 855+ und 8 GByte RAM ist das 7T aktuellen Smartphones der Mittelklasse zumindest ebenbürtig und mit Gebrauchtpreisen unter 300 Euro deutlich günstiger.

Das 90-Hertz-OLED überzeugt mit kräftigen Farben. Auf ein teures IP-Rating für das Smartphone hat OnePlus zwar verzichtet, ein unfreiwilliger Tauchgang im Süßwasser kann ihm laut Hersteller aber dennoch nichts anhaben – unser Testwasserbad hat das bestätigt. Die Kamera besteht aus Weit- und Ultraweitwinkel sowie einem Tele mit zweifacher Vergrößerung. Tele und Hauptkamera sind optisch stabilisiert, die Ultra-Weitwinkelkamera arbeitet mit elektronischer Bildstabilisierung. Drahtlos laden lässt sich das 7T nicht.

- 📶 90-Hertz-OLED
- 📶 gute Laufzeiten
- 📶 Support läuft bald aus

Gebrauchtpreis: ab ca. 260 Euro



Samsung Galaxy S10

In der Galaxy-S-Reihe waren die S10 die letzten mit Klinkenbuchse und SD-Kartenslot. Das allein macht sie schon attraktiv auf dem Gebrauchtmärkte. Für die Anfang 2019 erschienenen S10 (S10e, S10 und S10+) gilt Samsungs rückwirkend gegebenes Versprechen von vier Jahren Sicherheitspatches ab Marktstart. Demnach erhalten sie Security-Patches bis ins erste Quartal 2023. Wer möchte, steigt auf ein Custom-ROM um. Bei Erscheinen des S10 war 5G auch in der Oberklasse nicht Standard. Wer den aktuellen Funkstandard nutzen möchte, muss auf den 5G-Zusatz in der Bezeichnung achten.

Samsung-typisch üppig ist die restliche Ausstattung: Das helle OLED gefällt auch drei Jahre nach Erscheinen, die Kamera schießt knallig-bunte Fotos mit etwas überdrehten Kontrasten. Verglichen mit aktuellen Smartphones fallen die Laufzeiten des S10 recht kurz aus. Gegen das Eindringen von Wasser und Staub ist das S10 gemäß IP68 geschützt. Mit einem Monitor verbunden spielt das Gerät dank des Desktopmodus DeX seine Stärken als PC-Ersatz aus. Wie gehabt ist aber auch viel unnötige Bloatware an Bord, die sich teils nicht deinstallieren lässt und unnachgiebig zur Einrichtung eines Samsung-Accounts auffordert.

- 📶 Klinkenbuchse
- 📶 helles OLED
- 📶 viel Bloatware

Gebrauchtpreis: ab ca. 300 Euro



Xiaomi Mi 10T Pro

Das Mi 10T Pro ist der Langläufer und Megapixelprotz im Test. Heute sind 4000 mAh fassende Akkus in der Oberklasse fast schon das Mindestmaß, vor anderthalb Jahren sah das anders aus. Mit dem dicken 5000-mAh-Akku ist das Xiaomi der getesteten Konkurrenz weit voraus – und läuft entsprechend länger. Einzig unter Last hat das OnePlus 7T den längeren Atem. Der in 7 Nanometer Strukturbreite gefertigte Snapdragon 865 im 10T Pro war das erste Top-SoC von Qualcomm, das ausschließlich mit 5G-Modem auf den Markt kam. Übermäßigen Akkuverbrauch im 5G-Netz, wie wir ihn bei den ersten SoC mit 5G-Modem beobachten konnten, hatte Qualcomm da schon im Griff.

Der 108-Megapixel-Sensor der Kamera kann für die Aufnahme von Landschaftspanoramas von Vorteil sein. OLED-Fans kommen zwar nicht auf ihre Kosten, das verwendete IPS-Panel gehört aber zu den besseren LCDs. Ein Update auf Android 12 ist für das vor anderthalb Jahren erschienene Smartphone zu erwarten, darüber hinaus kann die Lineage-Unterstützung für ein langes Leben sorgen. Negativ fällt die installierte Bloatware auf, außerdem macht Xiaomi immer wieder mit Datenschutzproblemen unfreiwillig von sich reden.

- 📶 lange Laufzeiten
- 📶 viel Bloatware
- 📶 wiederholt Datenschutzprobleme

Gebrauchtpreis: ab ca. 360 Euro

in Sachen Auflösung seit geraumer Zeit nichts mehr getan, auch die aktuellen Apple-Handys bannen nicht mehr als 12 Megapixel auf die digitale Leinwand.

Wir haben die Bildschirme unserer Testkandidaten allesamt noch einmal mit unserem Messgerät untersucht und die

Resultate mit den Messwerten zum jeweiligen Marktstart verglichen. Abgesehen von den üblichen, durch Fertigungstoleranzen bedingten leichten Schwankungen sprechen die Werte eine deutliche Sprache: Hier stecken Originalteile drin. Entweder wurde hier also mit Ersatzteilen vom Her-

steller repariert oder es handelt sich noch um den ursprünglichen Bildschirm.

Fazit

Es gibt einen guten Grund, keine allzu alten Geräte oder ehemalige Billigheimer als Gebrauchte zu kaufen: An irgendeinem Ge-

„Geschäft mit hochwertigen gebrauchten Produkten scheint gut zu funktionieren“

Wer gebraucht kauft, hat nur eine eingeschränkte Gewährleistung. Dennoch kann Iwona Husemann, Referentin für Verbraucherrecht der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, den Gebrauchtkauf empfehlen – wenn man einige Dinge beachtet.

c't: Läuft aus Kundensicht etwas schief, bekommt es der Verbraucherschutz meist als Erstes mit. Welchen Eindruck haben Sie von professionellen Wiederaufbereitern wie Rebuy, Asgoodasnew, Refurbed & Co.?

Husemann: Grundsätzlich haben wir zu dem gesamten Bereich wenig Beschwerden. Das heißt, das Geschäft mit hochwertigen gebrauchten Produkten scheint gut zu funktionieren aus Verbrauchersicht.

c't: Welchen Unterschied gibt es zwischen gesetzlicher Gewährleistung auf Gebrauchtgeräte und solche auf Neuware?

Husemann: Als Verbraucher muss einem bewusst sein, dass man eine geringere Frist für die Gewährleistung hat, wenn man gebraucht kauft. Händler dürfen diese auf ein Jahr beschränken. Bei Neuware geht das nicht, dort gilt die Gewährleistungsfrist immer zwei Jahre. Das soll einen Ausgleich schaffen, dass es sich um ein gebrauchtes Gerät handelt. Das ist nicht zu beanstanden, muss man aus Verbrauchersicht aber wissen.

c't: Was bringen die Zusatzversprechen wie 30 Monate oder 3 Jahre Garantie, mit denen einige Verkäufer werben?

Husemann: Wir kennen diese Garantien insbesondere aus dem Bereich der weißen Ware. Dabei handelt es sich um eine freiwillige Zugabe des Händlers, die neben der Gewährleistung steht und die man manchmal extra bezahlen muss. Die Garantie kann auch an Bedingungen geknüpft sein, etwa dass der Akku oder Verschleißteile nicht umfasst sind.

c't: In den Gewährleistungs- und Garantiebedingungen heißt es auch, dass der Fehler nicht selbstverschuldet sein darf, also schon beim Kauf

bestanden haben muss. Wer ist da in der Bringschuld, das zu beweisen?

Husemann: Für den Verbraucher reicht es erst mal aus vorzutragen, dass es sich um einen Fehler handelt, der von Anfang an bestanden hat. Der Anbieter, wahlweise der Händler, wenn man im Rahmen der Gewährleistung unterwegs ist, oder der Garantiegeber kann das überprüfen und beispielsweise herausfinden, dass es doch der Kaffee war, der über das Gerät geschüttet wurde. Aber es ist am Händler, den Standpunkt des Verbrauchers zu erschüttern. Erst nach Ablauf der Beweislastumkehr muss dann der Kunde darlegen, dass es sich um einen anfänglichen Fehler gehandelt hat. Für Käufe, die bis zum 31. Dezember 2021 getätigt wurden, beträgt die Beweislastumkehr 6 Monate, seit dem 1. Januar 2022 1 Jahr.

c't: Einige der zusätzlichen Garantien sind daran gebunden, dass man sich innerhalb eines bestimmten Zeitraums nach Kauf dafür registriert. Was halten Sie davon? Ist das ein übliches Vorgehen oder doch eher der Versuch, das beworbene Versprechen am Ende nicht einlösen zu müssen?

Husemann: Dass man sich für die Garantie vorher registrieren muss, kenne ich so nicht. Aber es fällt in den Themenkomplex, dass Garantien an zusätzliche Voraussetzungen geknüpft werden können, und da kann der Händler natürlich auch sagen, dass man sich zusätzlich dafür registrieren muss. Da es eine freiwillige Leistung ist, ist das auch nicht zu beanstanden.

c't: Eine Klausel in den Zusatzgarantien, die wir gesehen haben, besagte, dass der Käufer eine eidesstattliche Versicherung abgeben muss, dass er den Mangel nicht verursacht hat. Ist eine solche Klausel überhaupt rech-

Iwona Husemann ist Juristin für Verbraucherrecht.

Bild: Verbraucherzentrale NRW



Husemann: Das habe ich so noch nicht gesehen und geht auch ein bisschen weit. Eine eidesstattliche Versicherung ist eine Erklärung, die ich abgebe und im Wissen der Strafbarkeit sage, dass das, was ich sage, wahr ist. Das ist eigentlich ein Beweismittel im Zivilrechtsprozess. Eine eidesstattliche Versicherung, in der ich versichere, dass ich das Gerät immer ordnungsgemäß benutzt habe, würde ich auf keinen Fall unterschreiben. Das ist kein Kavaliersdelikt wie Falschparken und man muss sich schon fragen, ob man zu 100 Prozent ausschließen kann, ob das Smartphone nicht doch mal runtergefallen ist und das wäre ja schon ein unsachgemäßer Gebrauch.

c't: Was sind weitere Fallstricke, die Sie beim Kauf von gebrauchter Ware sehen?

Husemann: Wichtig ist immer, sich die Händlerbeschreibung genau durchzulesen. Darin muss stehen, ob es Abweichungen vom Normalzustand eines Neugeräts gibt – also sind kleine Kratzer vorhanden oder gibt es andere Gebrauchsspuren. Wenn das nicht ausgeschlossen ist und man als Käufer sagt, für einen niedrigeren Kaufpreis stört mich das nicht, ist das völlig in Ordnung. Aber wenn man ein einwandfreies Gerät möchte, muss man sehr genau hinschauen, denn solche negativen Beschaffensvereinbarungen, wie wir es als Juristen nennen, kann der Händler bei gebrauchten Geräten einbeziehen und für die gibt es auch keine Gewährleistung.

Laufzeiten & Benchmarks

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	3DMark Wild Life [Punkte]	3DMark Wild Life Extreme [Punkte]	YouTube-Stream (normale Helligkeit) ¹ [h]	Video 720p (normale Helligkeit) ¹ [h]	3D-Spiel (normale Helligkeit) ¹ [h]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
Apple iPhone 12 mini	1596	4228	7012	2307	11,3	12,8	8,3
Apple iPhone SE 2020	1333	2933	7199	1881	7	8,1	6,5
OnePlus 7T	731	2608	3480	988	14,1	14	12,4
Samsung Galaxy S10	812	2270	3262	947	11,3	13,3	5,2
Xiaomi Mi 10T Pro	885	3316	3809	1095	17,8	16,5	9,3

¹ Laufzeittest bei 200 cd/m²

brechen – maue Performance, schlechte Kamera, miese Akkulaufzeit, kontrastarmes Funezeldisplay – leiden sie meist. Und wenn man sie dann genervt doch in der Schreibtischschublade verstauben lässt, ist es auch mit der Nachhaltigkeit dahin.

Doch das richtige Modell vorausgesetzt, schonen gebrauchte Smartphones

nicht nur – ein bisschen – die Umwelt und – ein bisschen mehr – den Geldbeutel, sie können auch technisch noch locker mithalten. Wer ein Top-Handy kauft, das ein oder zwei Jahre auf dem Buckel hat, bekommt ein Smartphone, dessen Ausstattung locker mit der aktuellen oberen Mittelklasse mithält. Beim Kauf über seriöse

Anbieter darf man zudem davon ausgehen, dass das Second-Handy technisch in Ordnung ist und entsprechend geprüft wurde, nicht selten mit Garantie.

(rbr@ct.de) **ct**

Links zu allen ursprünglichen Tests: ct.de/yrms

Gebrauchte Smartphones

Modell	Apple iPhone 12 mini	Apple iPhone SE 2020	OnePlus 7T	Samsung Galaxy S10	Xiaomi Mi 10T Pro
Betriebssystem / Security Level	iOS 15.2.1	iOS 15.2.1	Android 11 / Dezember 2021	Android 11 / Dezember 2021	Android 11 / Dezember 2021
Updates laut Hersteller bis min.	k.A. (voraussichtlich bis min. 2025)	k.A. (voraussichtlich bis min. 2025)	September 2022	Februar 2023	k.A.
Ausstattung					
Prozessor / Kerne / GPU	Apple A14 Bionic / 2 × 3,1 GHz, 4 × 1,8 GHz / Apple A14	Apple A13 Bionic / 2 × 2,65 GHz, 4 × 1,8 GHz / Apple A13	Qualcomm Snapdragon 855 Plus / 1 × 2,96 GHz, 3 × 2,42 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 640	Samsung Exynos 9 Octa / 2 × 2,7 GHz, 2 × 2,3 GHz, 4 × 2 GHz / ARM Mali-G76 MP12	Qualcomm Snapdragon 865 / 1 × 2,8 GHz, 3 × 2,4 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 650
RAM / Flash-Speicher (frei) / Kartenslot	4 GByte / 64 GByte (53 GByte) / –	3 GByte / 64 GByte (53 GByte) / –	8 GByte / 128 GByte (101 GByte) / –	8 GByte / 128 GByte (109 GByte) / MicroSDXC	8 GByte / 128 GByte (111 GByte) / –
5G (Band 1 / 28 / 77 / 78) / LTE / SIMs / SAR-Wert	✓ (✓ / ✓ / ✓ / ✓) / Gigabit-LTE / 1 × Nano-SIM + 1 × eSIM / 0,98 W/kg	– / Cat. 16 (1 GBit/s Down, 100 MBit/s Up) / 1 × Nano-SIM + 1 × eSIM / 0,98 W/kg	– / Cat. 18/13 (1200 MBit/s / 150 MBit/s) / 2 × Nano-SIM / 1,04 W/kg	– / Cat. 20/13 (2000 MBit/s / 150 MBit/s) / 2 × nanoSIM / 0,477 W/kg	✓ (✓ / ✓ / ✓ / ✓) / Cat. 20/13 (2000 MBit/s / 150 MBit/s) / 2 × Nano-SIM / 0,574 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standortbestimmung	Wi-Fi 6 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass	Wi-Fi 6 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass	Wi-Fi 5 (2) / 5.0 / – / – / GPS, Glonass, Galileo, Beidou	Wi-Fi 6 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Galileo, Beidou	Wi-Fi 6 (2) / 5.1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Galileo, Beidou
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Benachrichtigungs-LED	Lightning / – / –	Lightning / – / –	Typ-C (3.1) / – / –	USB-C (3.1) / ✓ / –	USB-C (2.0) / – / ✓
Akku / Qi / wechselbar	2227 mAh / ✓ / –	1820 mAh / ✓ / –	3800 mAh / – / –	3400 mAh / ✓ / –	5000 mAh / – / –
Abmessungen / Gewicht / Schutzklasse	13,2 cm × 6,4 cm × 0,7–0,8 cm / 133 g / IP68	13,8 cm × 6,7 cm × 0,8–0,9 cm / 148 g / IP67	16,1 cm × 7,4 cm × 0,9–1 cm / 190 g / –	15 cm × 7 cm × 0,8–0,9 cm / 158 g / IP68	16,5 cm × 7,7 cm × 0,9–1,2 cm / 220 g / –
Display					
Größe / Technik / max. Bildrate	5,4 Zoll / OLED / 60 Hz	4,7 Zoll / IPS / 60 Hz	6,55 Zoll / OLED / 90 Hz	6,1 Zoll / OLED / 60 Hz	6,6 Zoll / IPS / 144 Hz
Auflösung (Punktdichte) / Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung	2340 × 1080 Pixel (476 dpi) / 2,6 ... 572 cd/m ² / 97 %	1334 × 750 Pixel (326 dpi) / 2,6 ... 615 cd/m ² / 85 %	2400 × 1080 Pixel (406 dpi) / 1,9 ... 750 cd/m ² / 95 %	3040 × 1440 Pixel (552 dpi) / 1,69 ... 773 cd/m ² / 97 %	2400 × 1080 Pixel (401 dpi) / 1,25 ... 581 cd/m ² / 85 %
Kamera					
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	12 MP (4032 × 3024) / f/1,6 / ✓	12 MP (4032 × 3024) / f/1,8 / –	48 MP (4032 × 3024 per Pixel-binning) / f/1,6 / ✓	12,2 MP (4032 × 3024) / f/1,5 + 2,4 / ✓	108,6 MP (12032 × 9024) / f/1,7 / ✓
Telekamera / Blende / OIS / Vergrößerung	–	–	12 MP (4000 × 3000) / f/2,2 / ✓ / zweifach	12,2 MP (4032 × 3024) / f/2,4 / ✓ / zweifach	–
Ultraweitwinkelkamera Auflösung / Blende / OIS	12 MP (4032 × 3024) / f/2,4 / –	–	15,9 MP (4608 × 3456) / f/2,2 / –	15,9 MP (4608 × 3456) / f/2,2 / –	13,1 MP (4208 × 3120) / f/2,4 / –
Frontkamera Auflösung / Blende	12 MP (4032 × 3024) / f/2,2	7 MP (3088 × 2320) / f/2,2	15,9 MP (4608 × 3456) / f/2,0	10 MP (3648 × 2736) / f/1,9	20,1 MP (5184 × 3880) / f/2,2
Bewertungen					
Performance / Akku	⊕⊕ / ○	⊕ / ⊖	○ / ⊕	○ / ○	⊕ / ⊕
Display / Kamera	⊕ / ⊕	○ / ○	⊕ / ○	⊕ / ⊕	○ / ○
Software / Ausstattung	⊕ / ⊕	⊕ / ○	○ / ○	○ / ⊕⊕	⊖ / ○
Preis Displaytausch durch Hersteller	151,20 €	251,20 €	138,60 € + individuelle Einbaukosten	220 €	individuelles Angebot nach Begutachtung
Preis Akkutauch durch Hersteller	55 €	75 €	9,90 € + individuelle Einbaukosten	76 €	individuelles Angebot nach Begutachtung
Gewährleistung	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
Gebrauchtpreis	ab 520 €	ab 300 €	ab 260 €	ab 300 €	ab 360 €

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊕⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden ¹ bei HDR-Inhalten über 900 cd/m²

Alles muss raus!

Smartphones sicher und einfach verkaufen

Wir erklären, wie man ein Smartphone sicher und komfortabel verkauft, und geben Tipps, wie Sie die besten Deals bekommen.

Von Steffen Herget und Christian Wölbart

Was ist letzter Preis? Wie wärs mit Tausch gegen mein altes Handy? Kann ich mit Guthabenkarten bezahlen? Mein Cousin kommt gegen Mitternacht vorbei zum Abholen, passt das? Wer diese oder ähnliche Fragen beim Verkaufen von gebrauchten Smartphones auf Auktionsplattformen oder via Kleinanzeigen schon zu oft gehört hat, muss nicht verzweifelt das Handtuch werfen. Es gibt andere Wege, ein altes Gerät gegen Geld loszuwerden. Plattformen wie die, auf denen wir die fünf getesteten Gebrauchtsmartphones (siehe S. 56) gekauft haben, kaufen auch Geräte an – irgendwo muss ihr Bestand ja herkommen. Der Ankauf von privat ist dabei für das Geschäftsmodell essenziell: Rebuy etwa gibt an, zwischen 80 und 90 Prozent ihres Warenbestands von Endkunden anzukaufen.

Im Laufe der Jahre haben die Mitglieder der c't-Redaktion zahlreiche Smartphones auf privatem Wege bei Anbietern wie Rebuy, Refurbed, Zoxs, Clevertronic und anderen veräußert und dabei unterschiedliche, aber weitgehend positive Erfahrungen gemacht. Die oben genannten Plattformen zählen zu den bekanntesten, es gibt noch einige weitere. Asgoodasnew hat den Ankauf auf die eigene Plattform verkaufens.de ausgelagert.

Das Prozedere des Verkaufens ist bei allen vergleichbar. Bevor die Kasse klingelt, muss man bei fast allen Anbietern ein

Kundenkonto eröffnen. Selbst wenn das nicht der Fall ist, etwa bei Clevertronic, bietet ein eigener Account mehr Komfort und eine bessere Übersicht über die An- und Verkäufe.

Schönfärben bringt nichts

Einmal angemeldet gilt es, das Modell des Smartphones auszuwählen. Das ist über Suchfelder oder Listen mit wenigen Klicks erledigt. Danach erfolgt die Zustandsbewertung, und hier sollte man ehrlich sein – während der Prüfung der Ankaufsplattformen fallen allzu rosarot gefärbte Beschreibungen ziemlich zuverlässig auf. Fünf bis zehn Kriterien werden abgefragt, etwa ob es sich um noch verschweißte Neuware handelt, ob alles noch funktioniert, welche Gebrauchsspuren an Display und Gehäuse zu finden sind oder ob das Zubehör noch vorhanden und intakt ist. Sind diese Angaben erledigt – das dauert keine fünf Minuten – wird die Preiseinschätzung für den Ankauf angezeigt und es geht weiter.

Ratsam ist, die Kostenvoranschläge mehrerer Plattformen zu vergleichen, denn die Unterschiede können riesig ausfallen. Ein Beispiel: Für ein gebrauchtes Google Pixel 5 wollte der knickrigste Anbieter traurige 142 Euro zahlen, der spendabelste bot satte 398,18 Euro. Für ein gebrauchtes iPhone XS mit 256 GByte Speicher reichte die Spanne von 135,90 bis 295,21 Euro, je-

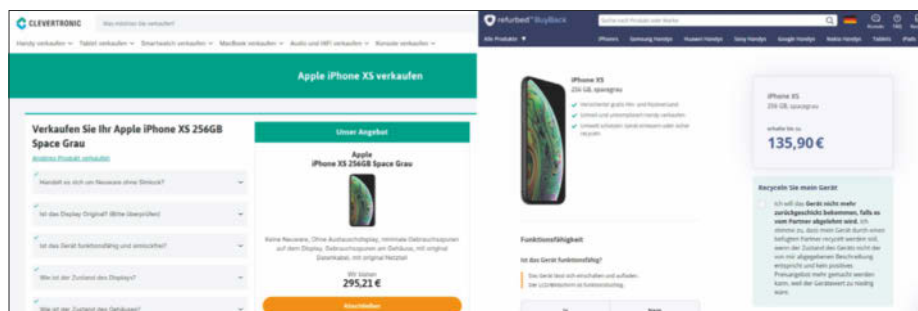


Bild: Thorsten Hübner

weils mit gleicher Beschreibung des Gerätzustands. Die Preise sind tagesaktuell und können merklich schwanken – die 142 Euro für das Pixel 5 waren beispielsweise einen Tag später bereits passé, nun bot man auf derselben Plattform 202 Euro. Es kommt zudem hier und da vor, dass ein Modell von einem Anbieter nicht angenommen wird, etwa weil der Warenbestand bereits ausreichend oder das Smartphone zu alt ist. Zoxs beispielsweise bot meist recht hohe Preise, wollte jedoch weder ein Samsung Galaxy S9 noch ein OnePlus 8 Pro ankaufen, es sei denn ungeöffnete Neuware. Refurbed war das Google Pixel 5 zum Redaktionsschluss offenbar noch unbekannt, Verkauf nicht möglich. Ein ziemlich ramponiertes, fast sechs Jahre altes Samsung Galaxy S7 nahm einzig Backmarket noch für einen Zwanziger in Zahlung, der Rest winkte dankend ab.

Bei den Kostenvoranschlägen lag mal dieser und mal jener Ankäufer vorne. Ohne Vergleich riskiert man ein schlechtes Geschäft. Dass der Kostenvoranschlag nicht gleich dem Betrag sein muss, der am Ende ausgezahlt wird, sollte man im Kopf haben, denn die technische und optische Prüfung kann den Ankäufer zu einer Herabstufung veranlassen. Das niedrigere Angebot kann man dann ablehnen und das Gerät zurückschicken lassen oder eben annehmen. Nach oben hat bei den Verkäufen der c't-Redaktion den Preis noch kein Anbieter korrigiert, sodass der Kostenvoranschlag als Obergrenze gesehen werden kann. Rebuy gab im Gespräch mit c't an, dass rund 90 Prozent der eingesandten Geräte tatsächlich von ihnen angekauft werden. Wird der Preisvorschlag nach unten korrigiert, werde das stets mit Fotos dokumentiert und dem Verkäufer begründet. Das war bei einigen unserer Verkäufe der Fall, die meisten Händler handhaben das so.

Den Versand müssen Verkäufer zwar selbst erledigen, aber nicht bezahlen – eine passende Paketmarke liefern die Unterneh-



Die angebotenen Preise unterscheiden sich stark zwischen den Anbietern und schwanken teilweise noch dazu tageweise.

men mit. Bei Backmarket mussten wir die umständlich auf der Profilsseite heraussuchen, andere Ankäufer binden sie besser in den Prozess ein. Ist das Gerät eingegangen und sind sich beide Seiten handelseinig geworden, dauert es unterschiedlich lange, bis das Geld auf dem Konto landet. Die schnellsten Verkäufe waren über Clevertronic inklusive Wareneingang und -prüfung in drei Tagen erledigt, am längsten ließ sich in zwei Fällen Rebuy Zeit: fast drei Wochen. Über den Status und Verzögerungen wegen zu hoher Auslastung informierte Rebuy allerdings zuverlässig per Mail, sodass keine Unsicherheit aufkam, ob man nicht doch einem Betrüger aufgesessen sein könnte. Übrigens: Auf Wunsch stellen die Ankäufer ein Zertifikat über die sichere Löschung der eigenen Daten auf dem eingeschickten Smartphone aus.

Je besser das eigene Smartphone in Schuss ist, desto höher der Verkaufspreis – so weit, so logisch. Bei den Verkäufen der c't-Redaktion wurden die ursprünglich angesetzten Verkaufspreise nach der Geräte-

prüfung meist geringfügig herabgesetzt, einige Male aber auch anstandslos bestätigt. Bei den eigenen Angaben zum Zustand des Smartphones zu schummeln, bringt angesichts der folgenden Prüfung wenig. Die als Argument gelieferten Fotos, die etwa feine Kratzer oder kleine Beulen zeigen, die man selbst womöglich wohlwollend übersehen hat, sind am Ende auch schwer zu widerlegen.

Guter Schutz zahlt sich doppelt aus

Eine passende Schutzhülle sowie eine Displayfolie machen sich dabei doppelt bezahlt, und das für kleines Geld. Einerseits verhindern sie so manchen Schaden am Gerät in der Zeit, in der man es selbst verwendet, andererseits erhöhen sie verlässlich den Wiederverkaufspreis.

Bei den meisten Ankaufsplattformen wirkt es sich positiv auf den Preis aus, wenn das komplette Originalzubehör noch vorhanden und funktionstüchtig ist, also in der Regel Ladekabel und Netzteil, viel-

leicht auch Kopfhörer oder SIM-Pikser. Wer bereits beim Kauf eines neuen Smartphones den Gedanken im Kopf hat, das Gerät nach einiger Zeit weiterzuverkaufen, tut sich einen echten Gefallen damit, diese Dinge gar nicht erst auspacken, sondern im Karton zu belassen. Das erspart später nervige Sucherei, zumal passende Ladegeräte und bessere Kopfhörer ohnehin bei vielen Menschen bereits vorhanden sind.

Vergleicht man die Preise, die wir im Laufe der Zeit mit Smartphone-Verkäufen über speziell dafür gedachte Plattformen erzielt haben, kann man zu dem Schluss kommen, dass man auf eBay tendenziell mehr damit hätte verdienen können, selbst abzüglich anfallender Gebühren. Mag sein, allerdings haben Rebuy, Clevertronic, Zoxx & Co. einen deutlichen Vorsprung in Sachen Komfort und Sicherheit. Das mag zwar unter dem Strich ein paar Euro weniger im Geldbeutel zur Folge haben, schon aber die Nerven und macht weniger Arbeit. (sht@ct.de) **ct**

Goodbye Routinejobs

Hello Automatisierung!

KOMPAKT
Modernes Rechenzentrum
Werkzeuge und Konzepte für das automatisierte RZ

Die richtige Aus- und Weiterbildung
Karriere in der IT
Infrastructure as Code weitergedacht
GitOps automatisiert die IT
RZ-Ressourcen plattformunabhängig provisionieren
Effizienter Multi-Cloud-Betrieb mit Terraform und Pulumi
Switches und Router herstellerübergreifend im Netz steuern
Das Netz mit Python steuern
Fehlerquellen reduzieren
Host Lifecycle Management

**Heft + PDF
mit 29 % Rabatt**

In diesem Sonderheft erfahren Sie u.a. mit welchen Tools und Arbeitsabläufen Sie **Routinejobs im Rechenzentrum automatisieren** können und noch mehr:

- ▶ GitOps: Modernes Infrastructure as Code
- ▶ Multi-Cloud-Betrieb effizient gestalten
- ▶ Das Netz mit Python steuern
- ▶ **Inkl. Tutorial:** Ansible an die eigenen Bedürfnisse anpassen
- ▶ Für Abonnenten portofrei

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



shop.heise.de/ix-komp-rechenzentrum21

secIT by Heise

HANNOVER 2022

29. – 31. MÄRZ
2022

Spannende Fachvorträge
auf drei Bühnen

Praxisnahe Workshops
mit Security-Experten

Informative Expert-Talks der
wichtigsten Security-Anbieter

Große Ausstellung
in zwei Hallen

Austausch mit der
Community vor Ort



Unsere Partner



Acronis



ALLGEIER GRC
Compliance Management



SOPHOS
Cybersecurity evolved.

Avast Business



#secHeroes

Der Treffpunkt für IT Security Heroes

Seien Sie vor Ort mit dabei und entdecken Sie die neuesten Trends, Produkte und Lösungen in der IT-Security.

PROGRAMM-HIGHLIGHTS

VORTRÄGE (AUSWAHL):

Quantentechnologien – Neue Aspekte für IT-Sicherheit
Xenia Bogomolec

Cyberfälle – Ablauf, Reaktion und Prävention
Gregor Wegberg

OWASP Top 10: Mythen und Sagen aus dem Land der Webanwendungssicherheit
Tobias Glemser

WORKSHOPS (AUSWAHL)*:

Cyberfälle untersuchen, bewerten und die richtige Reaktion darauf
Gregor Wegberg

Schutz vor Malware, Ransomware & Co.
Stefan Strobel

* in Kombination mit einem Tagesticket buchbar

 **Heise Medien**

Jetzt Frühbucher-Ticket sichern: sec-it.heise.de

 **baramundi**

 **BOSCH**
Invented for life

CyberCompare

 **cio Solutions**
customer satisfaction is our job

 **COMPASS**
SECURITY

 **DataGuard**

 **DCSO**

 **EBRAND**

 **essendiit**
IT-Beratung und -Entwicklung

kaspersky

KnowBe4
Human error. Conquered.

 **michael wessel**
THINK DIGITAL

 **MYRA**
Neue digitale Sicherheit

 **SVA**

tenfold

 **TEHTRIS**
FACE THE UNPREDICTABLE



Großes Lichtspektakel

LGs ultrahochauflösendes 8K-TV 75QNED999PB mit dimmbaren Mini-LEDs

Das 75-zöllige Smart-TV beeindruckt durch schiere Größe, mit feiner Auflösung und enormer Strahlkraft. Das kontraststarke HDR-Display zeigte im Labortest aber auch Schattenseiten.

Von Ulrike Kuhlmann

Mit der Produktbezeichnung „QNED“ stößt LG ins gleiche Horn wie Samsung: Nach LCD, LED, OLED und QLED jetzt also noch QNED – verwirrend. Bei LGs 75QNED999PB handelt es sich um ein 75-zölliges LCD-TV mit LED-Backlight, dessen winzige Dioden LG gezielt je nach Bildinhalt dimmt: An sehr hellen Stellen leuchten die Mini-LEDs mit voller Kraft, an dunklen sinkt ihre Helligkeit auf ein Minimum. Im Display sorgen Nanopartikel a.k.a. Quantenpunkte (QN) für die satten Farben, das „ED“ bezieht sich offenbar aufs Backlight aus Mini-LEDs. Die

Zahl „99“ im Produktnamen weist auf die 8K-Auflösung hin, LGs 4K-Varianten heißen „91“. Die erste Zahl im Produktnamen (hier 75) nennt die Diagonale.

Das LCD-TV zeigt 7680 × 4320 Bildpunkte auf einer Bildfläche von 1,90 Metern Diagonale. Auffällig ist seine enorme Leuchtkraft im HDR-Betrieb von 1300 cd/m² auf einem zu 10 Prozent weißen Bild; bei komplett hellem Schirm sind es immer noch gut 433 cd/m². LG hat dafür nach eigenen Angaben 30.000 LEDs gleichmäßig im Rücken des Displays verteilt. Anhand von speziellen Testbildern konnten wir ermitteln, dass der Hersteller diese Leuchtdioden in 1920 Zonen ansteuert – horizontal sind es 60 und vertikal 32 Cluster.

Das ist eine beachtliche Anzahl, reicht aber nicht für störungsfreie Bilder: Sehr helle Objekte sind im HDR-Betrieb von einer Aura umgeben, die sich mitbewegt. Das offenbart die Grenzen der lokal dimmbaren LCD-TVs, aber auch die Unzulänglichkeiten der Programmierung: Wenn eine Kontur zwischen zwei LED-Zonen liegt, müssen zwar beide Zonen leuchten, die Helligkeitsübergänge bei Bewegungen jedoch nicht derart abrupt ausfallen, wie es derzeit beim LG-TV der Fall ist. Da wurde nicht zu Ende programmiert. Teilweise blitzen die Zonen bei kontrastreichen Kameraschwenks sogar auf.

Sobald Schrift wie Untertitel, Hinweis oder das HDR-Logo auf dunklerem Hintergrund erscheint, hellt sich der Bereich drumherum deutlich auf. Helle Bildstellen strahlen von unten beziehungsweise oben in die schwarzen Balken an 21:9-formatigen HDR-Kinofilmen. Diese Einstrahler werden insbesondere seitlich zum Schirm sitzende Personen bemerken. Komplett weiße Bilder wirken horizontal gesteuert, sie haben einen schmalen dunklen Rahmen und leuchten in der Mitte etwa 100 cd/m² heller als drumherum.

TV-Betrieb

Positiv beeindruckt hat uns die Wiedergabe vornehmlich heller Szenen, hier zählt sich die Leuchtkraft des großen TVs unübersehbar aus. Das TV-Bild ist bei gutem Ausgangsmaterial in Full-HD-Auflösung sehr schön klar, bei schlechtem Material allerdings schlecht – der ultrahochauflösende 8K-Schirm deckt Artefakte unbarmherzig auf und verstärkt sie. Die Wiedergabe von 4K-Inhalten vom Blu-ray-Player gefällt, allerdings tauchen auch dabei die Auren an kontrastreichen hellen Objekten auf. So unterscheidet sich das farbstarke



Die Fernbedienung zum LG-TV hält diverse Direkttasten bereit; so muss man nicht umständlich den Homescreen durchforsten, um Netflix & Co. zu starten.

LCD-TV trotz fast 2000 Dimming-Zonen sichtbar vom OLED-TV, das jeden Bildpunkt ausschalten kann, also auf Pixelebene dimmt. Bemerkenswert sind die sehr satten Farben, der Farbraum des 75-Zölers geht weit über sRGB hinaus und deckt DCI-P3 respektive Adobe RGB weitgehend ab. Die gute Sättigung bleibt auch von der Seite erhalten, Hautfarben geraten sehr natürlich.

Fotos auf den Schirm

Die ultrahohe 8K-Auflösung macht sich bei der Fotowiedergabe bezahlt. Wir haben Bilder unterschiedlicher Auflösung bis 8688×5792 Bildpunkten am USB-Port des TVs eingespielt, der eingebaute Player gab klaglos JPEGs und PNGs wieder. Mit der Fernbedienung kann man sehr komfortabel in die Bilder reinzoomen und darin navigieren. Im Filmmaker-Bildpreset zeigte das TV die Fotos mit natürlichen Farben superscharf an, sie strahlen schön hell und bemerkenswert kontraststark – toll. Das gut entspiegelte LG-Display lässt sich zudem ausgezeichnet als großer Bilderrahmen nutzen; ein integrierter Umgebungslichtsensor passt die Schirmhelligkeit automatisch an die Helligkeit im Zimmer an; es fehlt eigentlich nur ein Anwesenheitssensor, der das Display automatisch in den Standby versetzt oder zumindest stark abdunkelt, wenn niemand im Raum ist.

Im SDR-Modus benötigt das Smart-TV bei Wiedergabe des standardisierten Testvideos 213 Watt, im HDR-Betrieb sind es mehr (dafür gibt es noch keinen Messstandard), im Standby nur 0,1 Watt.

Smarte Eigenschaften

Als Betriebssystem nutzt LG das hausinterne WebOS in Version 6.0. Dies hat sich gegenüber den Vorgängern verändert, der

Homescreen ist jetzt nach Empfehlungen geordnet statt nach Kanälen beziehungsweise Quellen. Uns gelang es nicht, die Anordnung zu verändern. Die einzige Möglichkeit, den Startbildschirm zu entschlacken, besteht darin, die Home Promotion unter „Allgemein/System/Startseiten-Einstellung“ zu deaktivieren.

Die gebotene Sendersortierung nach der Installation war eine Zumutung, immerhin lässt sich relativ einfach eine Favoritenliste erstellen. Dank des eingebauten Gyroskops steuert man den Cursor am Schirm komfortabel über Gesten mit der „Magic Remote“-Fernbedienung. Das TV beherrscht an allen vier HDMI-Eingängen 4K/120 Hz mit geringer Verzögerung beim Spielen (Auto Low Latency Mode, ALLM), aber ohne variablen Refresh (VRR) – die Kombination gibt HDMI 2.1 nicht her. Auf der Fernbedienung finden sich Direkttasten für Netflix, Amazon Prime Video, Disney+ und Rakuten TV sowie die Sprachassistentin von Amazon und Googles Assistant. Für den unkomplizierten Direktzugriff am TV finden sich auch Apple TV und Sky Ticket. Leider reagiert das TV zuweilen etwas lahm auf Eingaben.

Der 75QNED999PB beherrscht Dolby Vision und die auf die Umgebungshelligkeit angepasste Variante Dolby Vision IQ, bietet im Menü den Filmmaker-Modus und nutzt LGs aktuellen KI-Prozessor für Bild- und Tonoptimierungen. Für die Audioausgabe hält das TV-Menü einige Presets bereit, die KI-gestützt für besseren Klang sorgen sollen, die aber etwas übertrieben klingen. Der Standard-Preset erscheint uns als gute Mischung fürs Fernsehgucken, die Sprachverständlichkeit ist im Modus „Klare Stimme Pro“ nochmals deutlich besser.

Fazit

LGs 75QNED999PB macht beim Fernsehgucken eine ausgezeichnete Figur, wenn gleich das Riesendisplay nicht für die Wiedergabe von SD-Sendern mit PAL-Auflösung taugt. Aber das wäre ohnehin Perlen vor die Säue geworfen. Bei der Fotowiedergabe kann das Display seine ultrahohe 8K-Auflösung so richtig ausspielen, es zeigt die feinen Details der Bilder. Allenfalls die etwas inhomogene Ausleuchtung kann den Bildgenuss beeinträchtigen.

Bei der Videowiedergabe vor allem von HDR-Inhalten schwächelt das Display dagegen. Schuld ist die unzureichende Programmierung der Backlight-Ansteuerung – diesbezüglich hat LG das Potenzial des

beeindruckenden Geräts leider verschenkt.

Zumal sich das LCD-TV in Sachen Helligkeit klar vor OLED-TVs schiebt und ihm auch bei Standbildern kein Einbrennen droht – Bilderrahmenfunktionen sind am OLED ausgeschlossen. Ein weiterer Vorteil gegenüber organischen Displays vergleichbarer Größen und Auflösung: Das LG-TV kostet „nur“ 3800 Euro und damit deutlich weniger als die OLED-Varianten.

Bleibt die Frage, wer ultrahochauflösende 8K-Schirme eigentlich braucht? Die Antwort fällt für LCDs und OLEDs gleich aus: Aktuell gibt es wenig Anwendungen, die von 8K profitieren, denn es fehlen passende Inhalte. Ausnahme sind Fotofans, und die bedient LG mit seinem großen Schirm sehr gut. (uk@ct.de) **ct**

LG QNED 8K 75QNED999PB

LCD-TV mit 8K-Auflösung und Mini-LEDs	
Hersteller, URL	LG, lg.com/de
Größe	75" LCD-TV / 1,90 m Diagonale
Panel	IPS / 120 Hz, 10 Bit
Backlight	Direct-LED mit local dimming (60 × 32 Zonen)
Auflösung / Pixeldichte	7680 × 4320 Pixel (8K), 136 dpi
Signaleingänge	4 × HDMI 2.1 (4K/120 Hz mit HDR, ALLM, HGIG)
TV-Tuner	Dual Tuner 2 × DVB-T2/C/S2, 1 CI+ Slot
weitere Anschlüsse	3 × USB 2.0, Ethernet, SPDIF (optisch), WLAN 802.11ax, Bluetooth 5.0 LE, IR-Blaster
Lautsprecher	60 W (4.2)
Abmessungen mit Fuß	1,66 cm × 103 cm × 43 cm / 40,8 kg
Betriebssystem	WebOS 6.2.0, Firmware 30.20.80
HDR-Formate	Dolby Vision, HDR 10, HLG
Audio	Dolby Atmos, Dolby Digital
Ausstattung	HbbTV, USB-Recording, Sprachsteuerung Amazon Alexa, Google Assistant, Apple Airplay 2/Home Kit, Chromecast, AutoCal mit Calman, Filmmaker-Modus
Streamingdienste	Netflix, Prime Video, Disney+, Apple TV, Sky Ticket, YouTube
Leistungsaufnahme / Energieeffizienzklasse	Standby 0,1 W / Betrieb SDR: 213 W bei 377 cd/m²
Software / Firmware-Update¹	8 Jahre / 8 Jahre
Ersatzteile / Produktsupport¹	8 Jahre / 8 Jahre
Bewertung	
Bildeindruck TV / Video	⊕⊕ / ⊕
Klangeindruck	⊕
Ausstattung / Medienfunktionen	⊕⊕ / ⊕⊕
Bedienung	⊕
Preis und Garantie	
Garantie	2 Jahre
Preis	3640 €
¹ laut EPREL (EU) 2017/1369	
⊕ zufriedenstellend	⊕⊕ sehr gut ⊕ gut
⊖ schlech	⊖⊖ sehr schlecht



Umklapprieze

LGs leichtes Hybridnotebook Gram 16 2-in-1 mit großem 16:10-Touchscreen

Das LG Gram 16 2-in-1 ist ein ungewöhnliches Hybridnotebook, denn sein 16:10-Touchscreen hat großes 16-Zoll-Format. Das Gewicht unterscheidet sich hingegen kaum von kompakten Notebooks; Gleiches gilt für die von uns gemessenen Laufzeiten.

Von Florian Müssig

Bei Notebooks, die man auch als Tablet nutzen kann, haben sich seit Jahren 360-Grad-Scharniere als gängige Bauform herauskristallisiert. Bei Notebooks der 13- und 14-Zoll-Größe sind sie weit verbreitet, doch einige Hersteller stanno auch viel größere Geräte damit aus: Das hier getestete LG Gram 16 2-in-1 hat einen Bildschirm mit namensgebenden 16 Zoll Diagonale – und damit eine viel größere Anzeigefläche als andere Tablets.

LG geht mit seinem Hybridnotebook aber einen systemimmanenten Nachteil an: das Gewicht. Selbst große Tablets wie das iPad Pro 12,9" wiegen keine 700 Gramm, wohingegen man bei Hybridgeräten mit Tastatur und Rumpf unabhängig mehr Masse herumschleppen

muss. Und die merkt man gerade beim Tablet-Betrieb, wenn man es auf Hand und Unterarm balanciert. In diesem Zusammenhang mögen die 1,4 Kilogramm des Gram 16 2-in-1 immer noch sehr hoch erscheinen, tatsächlich sind sie aber bemerkenswert wenig: HPs ähnliches Gegenstück Spectre x360 15 bringt rund 2 Kilogramm auf die Waage, das Dell Inspiron 17 2-in-1 sogar über 2,4 Kilogramm. Das LG-Gerät liegt in der Notebookwelt eher in der Gewichtsklasse von 14-Zöllern.

Erfreulicherweise gilt das auch für die Akkulaufzeiten: Wir haben fast 22 Stunden bei geringer Systemlast und auf 100 cd/m² heruntergeregelter Bildschirmhelligkeit gemessen; mit doppelt so hellem Display waren beim Videoabspielen immer noch über acht Stunden drin. Das sollte locker für einen Arbeitstag ausreichen, sodass man das mitgelieferte USB-C-Netzteil zu Hause lassen kann.

Das Netzteil findet an beiden Thunderbolt-fähigen USB-C-Buchsen Anschluss. Diese kann man zum Docking verwenden – und muss es sogar, wenn man einen Monitor oder Beamer anschließen will, weil es keine anderen Videoausgänge gibt. Zum direkten Anschluss älterer Peripherie mit USB-A-Stecker ohne Adapter gibt es eine passende Buchse. Man braucht dafür aber zwei Hände, weil die Buchse wegen des flachen Gehäuses einen vorher auszuklappenden „Unterkiefer“ besitzt. Der microSD-Kartenleser bremst besonders flotte Speicherkärtchen aus.

Die beleuchtete Tastatur gefällt mit gutem Tippgefühl, doch das Layout erfordert Training. Die Enter-Taste ist wie der Cursor-Block einzeilig ausgeführt, der zusätzliche Ziffernblock hat nur drei statt vier Spalten. Der Einschalter ist Teil des Tastenfelds und fungiert auch als Fingerabdruckleser; die Webcam unterstützt leider kein Windows Hello.

16:10-Touchscreen

Der farbstarke Bildschirm hat das arbeitsfreundliche 16:10-Format; wegen des Plus an Bildhöhe gegenüber 16:9 muss man weniger scrollen. Vor dem Panel sitzt eine spiegelnde Scheibe aus stabilem Gorilla-Glas; Schreiben und Zeichnen mit dem mitgelieferten Stift fühlt sich wie auf Overhead-Folien an.

Wer das Notebook häufig am Netzteil betreibt, kann den Ladestand zur Akkus Schonung im vorinstallierten Hilfsprogramm LG Control Center begrenzen. Dort kann man auch Einfluss auf das Lüf-

terverhalten nehmen. Kurios: Im „Empfohlen“-Modus bleibt das Notebook bei geringer Systemlast im Akkubetrieb geräuschlos, bei angestecktem Netzteil hingegen nicht. Dann läuft der Lüfter immer mit (unterhalb unserer Messgrenze von 0,1 sone), was in leisen Umgebungen stört. Die Maximallautstärke von 0,6 sone ist angemessen.

LG hat das kräftige Magenta seines Firmenlogos als Akzentfarbe der Windows-10-Vorinstallation hinterlegt; je nach persönlichem Geschmack kann man das ändern. Das kostenfreie Upgrade auf Windows 11 wurde zum Testzeitpunkt noch nicht automatisch angeboten. Dies könnte am veralteten vorinstallierten herstellereigenen Intel-Grafiktreiber (Version .8853) liegen. Weder LGs haus-eigener Updater noch Windows Update boten bis Redaktionsschluss neuere Grafiktreiber an.

LG verlässt sich ausschließlich auf die integrierte Iris-Xe-Grafikeinheit der elften Core-i-Generation. Für 2D-Aufgaben reicht sie locker aus, für detail- und effekt-reiche 3D-Welten hingegen nicht.

LG verkauft das Gram 16 2-in-1 nur in wenigen Ausstattungsvarianten, nämlich wie hier getestet mit 512-GB-SSD für 1500 Euro oder ab 1700 Euro mit doppelt so viel Speicherplatz. Letzteres gibt es optional mit Windows 10 Pro; auf dem Testgerät war Windows 10 Home vorinstalliert. Der 2560er-Touchscreen, 16 GByte aufgelöteter LPDDR4x-Arbeitsspeicher, ein Wi-Fi-6-Adapter von Intel und der Vierkernprozessoren Core i7-1165G7 sind immer an Bord.

Die meisten unsere Messergebnisse lassen sich auf das technisch eng verwandte Schwestermodell Gram 16 (ab 1300 Euro) im silbernen statt dunklen Metallgehäuse übertragen, welches unter 1,2 Kilogramm wiegt. Wie das Fehlen des Namenszusatzes „2-in-1“ anzeigt, muss man dort ohne 360-Grad-Scharniere und ohne stift- oder fingerbedienbaren Bildschirm (aber trotzdem mit spiegelnder Paneloberfläche) auskommen.

Fazit

LG bereichert die Nische der großen Hybridnotebooks um ein besonders leichtes Exemplar. Es braucht als 16-Zöller zwar mehr Platz im Rucksack als kompaktere Notebooks, unterscheidet sich ansonsten weder von der Performance noch von der Akkulaufzeit oder beim Gewicht von solchen.

(mue@ct.de) 



Der Ziffernblock hat nur drei statt den üblichen vier Spalten, was Übung erfordert.

LG Gram 16 2-in-1 (2021): Daten und Testergebnisse

getestete Konfiguration	16T90P-G-AA75G
Lieferumfang	Windows 10 Home 64 Bit, Netzteil, Stift, USB-C-auf-HDMI-Adapter
Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)	
VGA / DVI / HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	— / — / — / — / ✓ (—)
USB 2.0 / USB 3.0 / USB 3.1 / LAN	— / 1 × R (Typ A) / 2 × L (Typ C) / —
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	R (MicroSD) / — / —
USB-C: Thunderbolt / USB 3.0 / USB 3.1 / DisplayPort / Laden	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓
Ausstattung	
Display	LG LP160WQ1-SPA1: 16,1 Zoll / 40,8 cm, 2560 × 1600, 16:10, 189 dpi, 60 Hz, 20 ... 268 cd/m², spiegelnd
Prozessor	Intel Core i7-1165G7 (4 Kerne mit SMT), 2,8 GHz (Turbo bis 4,7 GHz), 4 × 1280 KByte L2-, 12 MByte L3-Cache
Hauptspeicher	16 GByte LPDDR4X-4267 / Intel Tiger-Lake-U
Grafikchip (Speicher) / mit Hybridgrafik	int.: Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher) / —
Sound	HDA: Realtek ALC298
LAN / WLAN	— / CNVi: Intel AX201 (Wi-Fi 6, 2 Streams)
Mobilfunk / Bluetooth (Stack)	— / USB: Intel (Microsoft)
Touchpad (Gesten) / TPM / Fingerabdruckleser	I2C: HID (max. 4 Finger) / TPM 2.0 / USB: Goodix
Massenspeicher / optisches Laufwerk	SSD: SKHynix PC601 (512 GByte) / —
Stromversorgung, Maße, Gewicht	
Akku (Ladestopp < 100 % einstellbar)	78 Wh Lithium-Ionen (✓)
Netzteil	65 W, 299 g, 9,5 cm × 6 cm × 2,7 cm, Kleingerätestecker
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,42 kg / 35,7 cm × 24,8 cm / 1,8 cm
Tastaturhöhe / Tastenraster	1,2 cm / 19 mm × 18,5 mm
Leistungsaufnahme	
Suspend / ausgeschaltet	0,5 W / 0,3 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	1,4 W / 4,9 W / 7,7 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	52 W / 14,7 W / 39 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	65 W / 0,63
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks	
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max)	21,8 h / 8,3 h / 3 h
Ladestand / Laufzeit nach 1h Laden	49 % / 10,7 h
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 0,6 sone
Massenspeicher lesen / schreiben	2110 / 1667 MByte/s
IOPS (4K) lesen / schreiben	123136 / 100352
Leserate SD-Karte	72 MByte/s
WLAN 5 GHz / 2,4 GHz (20m) / MU-MIMO-fähig	244 / 179 Mbit/s / ✓
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 98,6 dBA
Cinebench R23 Rendering (1 / n CPU)	1395 / 4575
3DMark: Wild Life / Night Raid / Fire Strike / Time Spy	12747 / 15839 / 4365 / 1699 / —
Preis und Garantie	
Straßenpreis Testkonfiguration	1500 €
Garantie	2 Jahre
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden k.A. keine Angabe	



Verwandlungskünstler

Chromebook-Tablet-Hybrid von Lenovo

Tablet und Notebook in einem: Dank abnehmbarer Tastatur meisterte das IdeaPad Duet 5 von Lenovo im Test beide Szenarien. Bei der Entwicklung und der Auswahl der Hardwarekomponenten hat Lenovo fast alles richtig gemacht.

Von Stefan Porteck

Chromebooks haben in den vergangenen Jahren einen deutlichen Schub erfahren. Heimarbeit und Distanzunterricht haben die Nachfrage nach robusten, günstigen und dabei gleichzeitig leistungsfähigen Notebooks ordentlich angekurbelt. Maßgeblich trägt das Google-Betriebssystem Chrome OS zum Erfolg der Chromebooks bei: Es ist schlank, leicht zu

bedienen, nahezu immun gegen Malware und auch durch schlechte Software oder Fummeln an Systemeinstellungen praktisch nicht kaputtzukriegen. Ein weiterer Vorteil, den nicht jeder kennt: Klappt man bei Notebooks mit 360-Grad-Scharnier die Tastatur bündig an die Rückseite, schaltet Chrome OS in den sogenannten Tablet-Modus. Alle installierten Apps werden dann wie bei iOS mit Icons auf dem Homescreen angezeigt und das gesamte System lässt sich recht bequem mit Touchscreen-Gesten bedienen.

Vielen Nutzern sind Notebooks mit Flip-Scharnier aber zu dick und zu schwer. Für sie eignen sich Hybridgeräte, deren Tastatur sie mit einem Handgriff vom Display abnehmen und beiseitelegen können. Die meisten der Tablet-Notebook-Hybride – wie etwa das CM3 von Asus oder das IdeaPad Duet 3 von Lenovo – sind mit Diagonalen von rund 8 bis 11 Zoll recht handlich. Sie sind eher Tablets, die man gelegentlich mit angeflanschter Tastatur zum

Tippen nutzt. Als Hauptrechner eignen sich viele von ihnen aufgrund langsamer Hardware und mickriger Tastaturen mit oft schwammigen Druckpunkten kaum.

Heute so, morgen so

Vor allem die Größe von Lenovos IdeaPad Duet 5 verdient ein Lob, denn mit einer Bildschirmdiagonalen von 13,3 Zoll und damit einer Breite von 31 Zentimeter bietet es genau den Platz für eine ausreichend große Tastatur – und taugt somit als Notebook.

Auch im anderen Szenario empfanden wir es nicht als faulen Kompromiss. Nach Feierabend überzeugte das Duet 5 als Couch-Begleitung: Es kam täglich mehrere Stunden als Netflix-Spieler zum Einsatz und sorgte beim Surfen für Unterhaltung. Mit einem Gewicht von rund 800 Gramm ohne die Tastatur ist es zwar nicht federleicht, doch empfanden wir es auch bei längerem Halten nicht als zu schwer – zum Vergleich: Die 13-Zoll-Tablets Apple iPad Pro und Samsung Galaxy Tab S7+ wiegen um 600 Gramm. Das höhere Gewicht machte das Duet 5 durch seine Schirmfläche locker wett, erst recht gegenüber Smartphones.

Die Bedienung mit den Fingern funktioniert gut. Im Vergleich zu Android merkt man dem System aber immer noch an, dass es nicht primär für die Touchbedienung entwickelt wurde: etwa bei den mangels eines App-Menüs recht lieblos auf den Home Screen geklatschten Icons. Das betrifft aber nicht nur das Duet 5, sondern alle Chromebooks mit Tablet-Modus, weshalb an dieser Stelle Google statt Lenovo nachbessern müsste.

Der Wechsel zwischen den beiden Betriebsarten klappt dank cleverer Hardware problemlos. Sie sorgt dafür, dass sich das Gerät fast wie ein herkömmliches Notebook aufstellen lässt: Die hintere Schutzhülle haftet magnetisch an der Rückseite des Displays, sitzt bombenfest und ist mit Stoff bespannt. Die untere Hälfte lässt sich ausklappen und dient dann als Standfuß fürs Display.

Die Tastatur schnappt dank starker Magnete schon aus einigen Zentimetern Entfernung passgenau und mit einem sattem Klack an der Unterseite des Displays ein. Nach der Arbeit klappt man sie einfach aufs Display. Sie schützt es beim Transport vor Kratzern und Sprüngen und ist wie der rückseitige Schutz an der Unter- beziehungsweise dann der Außenseite ebenfalls mit Stoff bespannt.

Der mitgelieferte und von einer AAAA-Batterie versorgte Stift hat eine druckempfindliche Spitze und lässt sich als Mausersatz sowie zum Zeichnen oder Schreiben in kompatiblen Chrome- und Android-Apps nutzen. Er nutzt den USI-Standard (Universal Stylus Initiative) und wird somit von Chrome OS ab Werk unterstützt. Zusätzlich kann man den Stylus in Präsentationen als virtuellen Laserpointer und zur Steuerung der Bildschirmlupe nutzen.

Solide Hardware

Die Tastatur des IdeaPad Duet 5 erlaubt auch längeres Tippen ohne Frust. Die Tasten sind groß genug, nicht zu dicht aneinander gedrückt und haben einen kurzen Hub mit knackigem Druckpunkt. Sofern das Duet 5 auf einer festen Oberfläche steht, verwindet sich die Tastatur nicht. Ein Wermutstropfen ist die fehlende Tastenbeleuchtung. Das Touchpad hat eine seidenmatte Oberfläche, auf der die Finger sanft gleiten, ohne zu springen. Es erkannte Ein- und Mehrfingergersten stets präzise und hat im unteren Drittel einen festen Druckpunkt zum Klicken.

Anders als die meisten Chromebooks hat das Duet 5 kein LC-Display, sondern verfügt über ein OLED-Panel mit einer Auflösung von 1920 × 1080 Pixel. Es zeichnet sich durch satte Farben, eine geringe Blickwinkelabhängigkeit und eine gestochen scharfe Darstellung aus. Der größte Vorteil von OLEDs ist aber, dass ihre selbstleuchtenden Pixel ein dauerhaft eingeschaltetes LED-Backlight überflüssig machen. Da stets nur die aktiven Bildpunkte leuchten, gelingt dem Display des Duet 5 eine sehr knackige und brillante Darstellung: Schwarze Flächen sind wirklich pechschwarz und zeigen keine Aufhellungen oder störende Lichthöfe. Dank der supersatten Schwarzdarstellung erreicht das Duet 5 einen Kontrast von über 10.000:1. Sofern in stockdunklen Räumen die Reflexionen des Umgebungslichts ausbleiben, geht der Kontrast rechnerisch gegen unendlich.

Die Displayhelligkeit lässt sich in einem großzügigen Intervall von 1 bis 350 cd/m² verstellen. Das erlaubt gleichermaßen ergonomisches Arbeiten in der Dämmerung und bei direkter Sonneneinstrahlung. Ein Fotosensor, der die Displayhelligkeit automatisch ans Umgebungslicht anpasst, fehlt jedoch.

Das OLED bringt noch einen weiteren Vorteil: Je dunkler der Bildinhalt, desto

weniger Strom verbraucht es. Zusammen mit der Akkukapazität von 5470 mAh entpuppte sich das IdeaPad Duet 5 in unserem Test als wahrer Langläufer. Bei einer eingestellten Bildhelligkeit von rund 200 cd/m² hielt das Chromebook bei der lokalen Wiedergabe eines Full-HD-Videos über 15 Stunden lang durch, beim Streaming via YouTube waren es sogar rund 19 Stunden. Es gehört damit zu den ausdauerndsten Chromebooks, die wir bislang im Test hatten. Beim Spielen schaffte es mit etwa 8 Stunden zwar signifikant weniger, schneidet damit aber immer noch genauso gut ab, wie die anderen Chromebooks, die wir in jüngerer Vergangenheit im Testlabor hatten.

Apropos spielen: Die Rechenpower des Duet 5 reicht für aufwendige Android-Spiele und moderate Linux-Games durchaus aus. Angetrieben wird es von einem Qualcomm Snapdragon 7 der zweiten Generation.

Das Betriebssystem und die darauf zugeschnittenen Chrome-Apps liefen in unseren Test ebenfalls flüssig. In unseren Benchmarks lag das Duet 5 im vorderen Bereich der von uns getesteten Chromebooks mit ARM-Architektur.

Ein Flaschenhals ist eher der Arbeits- und Flash-Speicher. Lenovo bietet das Duet 5 in verschiedenen Varianten mit 4 und 8 GByte RAM und mit 64, 128 oder 256 GByte eMMC-Flash-Speicher an. Wer viele Anwendungen gleichzeitig nutzt und Daten eher lokal als in Google Drive lagert, sollte deshalb ruhig mehr in Speicher investieren.



Beim neuen IdeaPad Duet 5 gehört ein Stylus mit druckempfindlicher Spitze zum Lieferumfang, der in einer Silikonhülle an der Rückseite des Geräts aufbewahrt werden kann.

Fazit

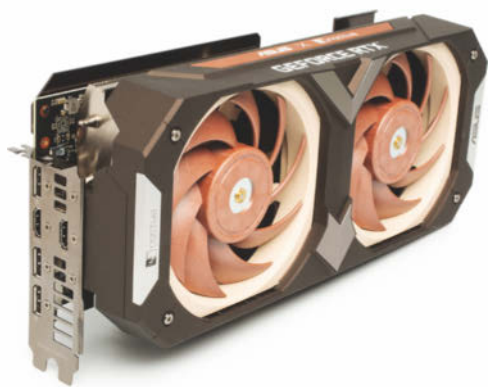
Das IdeaPad Duet 5 von Lenovo ist mit 530 Euro in der günstigsten Ausbaustufe im Vergleich zu anderen Tablet-Hybriden kein Schnäppchen. Gemessen an der Ausstattung mit vier Lautsprechern, Stylus, ordentlicher Tastatur und nicht zuletzt dem sehr guten OLED-Display ist der Preis aber gerechtfertigt.

Als Tablet ist das Duet 5 knapp handlich genug und gleichzeitig mit angeklipster Tastatur groß genug, dass es als alltags-taugliches Notebook für unterwegs durchgeht. Sofern man sich auf das Google-Ökosystem sowie auf Android- und Linux-Anwendungen einlassen mag, stellt das Lenovo IdeaPad Duet 5 eine interessante Alternative zum Microsoft Surface dar.

(spo@ct.de) **ct**

Lenovo IdeaPad Duet 5

Chromebook	
Hersteller, URL	Lenovo, lenovo.com
Betriebssystem / Version	Chrome OS 97 / 32 Bit (Updates bis Juni 2029)
Abmessungen / Gewicht	30,6 cm × 18,7 cm × 0,7 cm / 1,2 kg
Display	OLED, 13,3 Zoll, 1920 × 1080, 16:9, 0,1 ... 345 cd/m ² ; > 10.000:1, spiegelnd, 10-Punkt-Touch
Prozessor	Qualcomm Snapdragon 7c Gen 2 / 6 × 1,8 GHz, 2 × 2,55 GHz (Kryo 468) / Adreno 618
Speicher	4 GByte RAM, 64 GByte eMMC-Flash
Schnittstellen	2 × USB-C (Ver. 3.2, ink. DisplayPort), Bluetooth 5.1, Wi-Fi 5
Ausstattung	Webcam (5 MP, 1080p), Front-Kamera (8 MP, 1080p), Lautsprecher (4 × 1 W, Stereo), Stift
Akku / Laufzeit (Videowiedergabe / -Stream / Spielen / Surfen)	5470 mAh / 14,5 h / 19 h / 8 h / 12 h
Benchmarks	3DMark Slingshot (ES 3.1): 3003 / GeekBench 5 Single Core (PlayStore): 612 / GeekBench 5 MultiCore: 1701 / JetStream2: 74.087 / kraken 1.1: 1906 / PCMark Storage Score 2.0: 19.892 / PCMark Work Performance Score 3.0: 9159
Bewertung	
Ausstattung	⊕
Display	⊕⊕
Leistung	○
Laufzeit	⊕⊕
Preis / Garantie	530 € (4/64 GByte), 600 € (8/128 GByte), 700 € (8/256 GByte) / 24 Monate
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht	



Koloss mit Fistelstimme

Diese spezielle GeForce RTX 3070 hat Asus zusammen mit dem Kühler-spezialisten Noctua als die leiseste High-End-Grafikkarte mit Luftkühlung entwickelt. Für das Ergebnis bittet der Hersteller kräftig zur Kasse.

Die GeForce RTX 3070 Noctua Edition OC ist technisch eine leicht übertaktete RTX 3070 mit einem von 220 auf 240 Watt ebenfalls erhöhten Energiebudget sowie mit 8 GByte Grafikspeicher. Das reicht etwa im 3D-Shooter Metro Exodus Enhanced für flüssige 62 Bildern pro Sekunde mit höchster Detailstufe inklusive Raytracing-Effekten in WQHD-Auflösung (2560 × 1440). Im Durchschnitt lag der Takt des Grafikchips bei rund 1865 MHz unter Vollast. Die Temperatur blieb mit ab Werk auf Quiet gesetztem BIOS-Schieber unter 60 Grad Celsius. Die Lüfter drehten dabei mit gerade einmal 860 U/min.

Die Noctua-Edition ist die dickste Grafikkarte, die wir je im Testlabor hatten. Gegenüber der schon nicht gerade kompakten Basis trägt der Kühler noch einmal 1 Zentimeter dicker auf und ist 1,2 Zentimeter höher. 4,3 Slots, so gibt Asus an, belege die 8,5 Zentimeter dicke Karte, was de facto drei zusätzlich zum PEG-Slot blockierte Steckplätze bedeutet. Für den Luftzug sorgen zwei Noctua NF-A12x25 mit 120 Millimeter Rahmenbreite im Noctuatypischen Rotbraun/Fleischfarben-Mix. Dank Standardgröße und -anschlüssen kann man sie auswechseln.

Wer so viel Platz in seinem PC und auf seinem Mainboard zu opfern bereit ist, bekommt allerdings tatsächlich eine äußerst leise Spielergrafikkarte. Im Leerlauf und bei weniger als 50 Grad GPU-Temperatur

stehen die Lüfter still. Auch unter Last drehen sie nur so langsam, dass man sie aus einem geschlossenen Gehäuse so gut wie nicht heraushört. Unsere Messgeräte zeigten im schallarmen Raum nur eine Lautheit von 0,2 sone/19 dBA bei 3D-Vollast an – die untere Grenze, bis zu der wir für unsere Messungen noch die Hand ins Feuer legen, setzen wir bei 17 dBA oder 0,1 Sone. Mit optionalem Performance-BIOS drehten die Lüfter mit knapp 1000 U/min und erzeugten immer noch sehr leise 0,5 sone.

Allerdings gibt es einen größeren Schönheitsfehler: Die elektronischen Baugruppen der Karte zischeln und fiefen in einigen Lastzuständen – etwa in Spielmenüs oder bei hohen dreistelligen fps-Raten – hörbar. Das ist so bei fast allen starken Grafikkarten der Fall, nur sind die Lüfter der Noctua-Edition so leise, dass es bei dieser Karte störend auffällt. In sehr ruhiger Umgebung oder wenn die Karte im offenen Aufbau auf dem Schreibtisch werkelt, nerven die hochfrequenten Störgeräusche. Für absolute Silent-Freaks ist die Noctua-Edition daher trotz ihrer phantastisch leisen Kühlung nicht geeignet.

Im Leerlauf am Full-HD-Monitor begnügte sich die Karte mit knapp 12 Watt, mit UHD waren es 2 mehr. Bei zwei und mehr Displays stieg der Wert auf 24 Watt. Unter Vollast hält die RTX 3070 Noctua das Powerlimit von 240 Watt im Durchschnitt ein, auch wenn einzelne Spitzen im Millisekundenbereich bis 305 Watt ausschlagen – ein übliches Verhalten.

Asus möchte 830 Euro für die Noctua-Edition, 300 Euro mehr als Nvidia für seine Founders Edition. Das ist im aktuell völlig überzogenen Preisgefüge zwar Makulatur, aber die Karte kostet mit 1300 Euro tatsächlich rund 300 Euro mehr als die am wenigsten überteuerten GeForce RTX 3070. Dafür gibt es trotz elektronischer Störgeräusche eine der leisesten High-End-Karten. (csp@ct.de)

Asus GeForce RTX 3070 Noctua Edition OC (LHR)

Spielergrafikkarte für 4K und Raytracing	
Hersteller, URL	Asus, asus.com/de
GPU / Grafikspeicher	Ampere GA104 / 8 GByte GDDR6
Shader / TMUs / ROPs	5288 / 184 / 96
Abmessungen (L × H × B) / Gewicht	30,2 cm × 14,5 cm × 8,5 cm / 1,6 kg
Anschlüsse	2 × DP 1.4a, 2 × HDMI 2.1, 2 × PCIe 8-Pol
Preis (Straße) / Garantie	830 € (1299 €) / 36 Monate



Funkspieler

Wireless Adapter koppelt fremde Gamecontroller an die Nintendo Switch und an PCs.

Der Wireless Adapter von 8BitDo ist primär dafür gedacht, Gamecontroller von Drittanbietern an der Nintendo Switch zu nutzen. Dafür wird er ins Dock der Switch gesteckt und einmalig über Bluetooth mit dem gewünschten Controller gepairt. Er unterstützt neben den von 8BitDo selbst gefertigten Retro-Controllern auch die der PlayStation und der Wii. Nach dem Pairing gaukelt er der Switch einen per Kabel angesteckten Switch Pro Controller vor. So übermittelt er die Befehle vom Controller an die Konsole und Vibrations-Feedback zum Controller. In unseren Tests mit einem Dual Shock 4 von Sony klappte das problemlos und ohne störende Latenz.

Zusätzlich lässt sich der Adapter zum Zocken auch an PCs, Macs und den Raspberry Pi sowie Android-TV-Boxen anschließen. Für Windows und macOS bietet 8BitDo kostenlos die „Ultimate Software“ an, mit der sich am Rechner das Mapping der Keys und die Trigger-Empfindlichkeit ändern lässt.

Unterm Strich bietet der Wireless-Adapter von 8BitDo eine leichte, zuverlässige und vor allem günstige Lösung, um bereits vorhandene Game-Controller an der Switch oder am Computer zu betreiben. (spo@ct.de)

8BitDo Wireless USB Adapter

USB-Bluetooth-Dongle	
Hersteller, URL	8BitDo, 8bitdo.com
Plattformen	Nintendo Switch, Android TV Box, PC, Mac, Raspberry Pi
Controller	PS3, PS4, PS4 Pro, PS5, Switch Pro, Switch Joy-Con, Wii U Pro, Wiimote
Preis	20 €



Smart auf Achse

Hat man weder Apple CarPlay noch Android Auto an Bord, kann man sich die Smartphone-Integration nachträglich aufs Fahrzeug-Display holen.

Das Nachrüstkit von Taffio für CarPlay und Android Auto eignet sich für Fahrzeuge, in denen ein per HDMI oder Composite zugängliches Display vorhanden ist – oder wo man alternativ ein solches Display einbauen möchte. Die Nachrüsterbox (CP311) wird mit allen nötigen Kabeln, einem Mikrofon, einer Wi-Fi-/Bluetooth-Antenne und einem klebbaren Drehdrücksteller fürs Armaturenbrett geliefert. Das Fahrzeug muss über einen Aux-Eingang verfügen, um Audio und Video von der Box entgegennehmen zu können – das ist meist bei Radios mit Unterstützung für externe Rückfahrkameras der Fall. Das Videosignal der Box lässt sich digital über HDMI (860 × 480 Pixel) oder als Composite Video mit 480 Zeilen analog ausgeben.

Die Box wird am Pluspol der Zündung des Fahrzeugs angeschlossen und bootet dann automatisch, sobald man das Auto startet. Nach dem Start landet man in einem übersichtlichen Menü: Neben CarPlay und Android Auto findet man einen Button zur Videoübertragung des Handybildschirms, Optionen zur Medienwiedergabe und das Einstellungs Menü.

Die Box verschwindet nach der Installation hinter dem Autoradio. Will man Sprachsteuerung und die Freisprechfunktion nutzen, muss man sich um die Installation des mitgelieferten Mikrofons kümmern. Als letztes gilt es, den Drehdrücksteller zur Bedienung der grafischen Oberflächen von Android Auto und CarPlay gut erreichbar zu platzieren – ein Klebepad wird mitgeliefert. An der Box findet sich sogar ein Anschluss für ein zusätzliches Touchdisplay.

Die Kabelpeitsche an der CP311 bietet weitere Anschlüsse: einen zusätzlichen Composite-Eingang für eine optionale Rückfahrkamera sowie je einen USB-Anschluss für Massenspeicher und ein kabel-

gebundenes Smartphone. Ist alles richtig verbunden, erscheint das Auswahlménü der Box, nachdem man den Aux-Eingang des vorhandenen Infotainment-Systems aktiviert hat.

Handys muss man zunächst per Bluetooth mit dem CP311 koppeln. Im nächsten Schritt konnten wir im Test sowohl unter Android Auto wie auch unter CarPlay eine kabellose Verbindung aufbauen, bei der die Bildinhalte per WLAN aufs Infotainment-Display übertragen werden. Ebenso gut funktionierte die verkabelte Variante, bei der man das Smartphone via USB an die entsprechende Buchse hängt, sodass es gleichzeitig geladen wird. Am zweiten USB-Anschluss lässt sich ein weiteres Smartphone laden oder USB-Speicher anhängen, dessen Inhalte man über den integrierten Media-Player der Box direkt auch ohne Smartphone wiedergeben kann.

Über die Oberflächen von CarPlay oder Android Auto sind gekoppelte Smartphones perfekt eingebunden: Man steuert sie per Sprache, indem man den Drehdrücksteller der Box lange gedrückt hält, oder springt mit einem Dreh von Bedienelement zu Bedienelement. Mit einem kurzen Druck auf den Knopf wählt man aus.

Unter beiden Systemen ließen sich die üblichen Funktionen nutzen: Musikwiedergabe, Navigation, Sprachassistent und Telefonie. Die Freisprechqualität über das mitgelieferte Mikrofon ist akzeptabel.

Die Taffio CP311 wird hierzulande von Realmedia vertrieben. Das Unternehmen aus Neuss ist auf Nachrüstkit spezialisiert und hat für einige Fahrzeugtypen Erweiterungen im Angebot, bei denen ein aufs Armaturenbrett angepasstes Touchdisplay gleich mitgeliefert wird. Doch schon die CP311 liefert als universelle Nachrüsterbox eine erstaunlich runde und vor allem kabellose Integration von Android Auto und CarPlay. (sha@ct.de)

Taffio CP311

Nachrüsterbox für Android Auto und Apple CarPlay	
Hersteller, URL	Taffio, realmediashop.de
Lieferumfang	Steuerbox, Bedienelement, Antenne, Mikrofon
Kommunikation	Wi-Fi 4, Bluetooth 4.2
Preis	230 €

iLearn!



Auch als PDF

Warum brauchen Sie dieses Sonderheft?

Wenn Sie Ihr iPhone über 1 Stunde täglich nutzen und dieses überwiegend für Ihre Kommunikation verwenden, können wir Ihnen noch vieles beibringen:

- Über 200 Seiten aus 3 Jahren Mac & i
- iPhone individualisieren, coole Funktionen ergänzen
- Besser fotografieren und filmen
- Für Abonnenten portofrei

Heft für 12,90 € • PDF für 9,99 €

shop.heise.de/mi-iphone21

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

heise Shop

Souverän beschriftet

Beschriftungsgerät mit USB und Bluetooth

Sauber beschriftete Netzwerk-kabel machen das Admin-Leben leichter. Während man bei Einsteiger-Beschriftungsgeräten auf winzigen eingebauten Tastaturen tippt, erwarten Vielnutzer eine PC- oder App-Bedienung. Der Thermomark Go für Profis ist kompakt und bedruckt außer Etiketten unter anderem auch Schrumpfschlauch.

Von Jan Mahn

Zu beschriften gibt es im Admin-Alltag viel: Netzwerkabel, Patchpanels, Steckernetzteile und PCs mit ihrer Inventar-nummer. Beschriftungsgeräte gibt es ebenfalls viele, solche aus dem unteren Preisbereich bestehen zum großen Teil aus einer Tastatur mit winzigen Gummistasten und fummeligen Doppel- und Dreifachbelegungen. Der Thermomark Go vom deutschen Industrieproduktehersteller Phoenix Contact dagegen ist für Vielbeschrifteter wie Admins und Installateure konstruiert. Einsetzen kann man ihn einerseits als Desktop-Gerät, per USB-Kabel mit dem PC verbunden. Für den mobilen



Kabeletiketten kommen zum Beispiel für Patchkabel infrage. Schrumpfschlauch markiert Verlegekabel.

Einsatz am Netzwerkschrank oder auf der Baustelle hat er einen auswechselbaren 2,6-Ah-Akku, der ihn über einen Arbeitstag mit Strom versorgt. Drucken kann man unterwegs vom Smartphone oder Tablet mit iOS und Android via Bluetooth.

Die Apps für beide Mobilbetriebssysteme gibt es kostenlos im jeweiligen Store. Sie sind Produktkatalog für Verbrauchsmaterial und mobiler Etikettenditor zugleich. Die Oberfläche zum Layouten ist bedienerfreundlich und man hat die Textrahmen schnell passend auf der Druckfläche angeordnet. Praktisch, wenn man mit unterschiedlichen Materialien arbeitet: Der Drucker erkennt über einen Chip sofort das eingelegte Druckmedium und die App zeigt die passenden Druckrahmen. Außer Texten kann man auch Bar- und QR-Codes direkt in der App erzeugen. In die App integriert ist auch ein Assistent zur Beschriftung von Patchpanels gemäß TIA-606-C, ISO TR 14763-2-1 oder mit individuellen Beschriftungen pro Port.

Das Thermotransferdrucken und Abschneiden des Druckmaterials geht zügig und leise vonstatten, zehn zugeschnittene Kabeletiketten fielen bei uns innerhalb von 40 Sekunden aus dem Druckschlitz. Aus dem kompakten Drucker purzeln nicht nur langweilige Abschnitte von selbstklebendem Beschriftungsband, vom Hersteller gibt es Kassetten mit Material in vielen Variationen. Für die Kabelbeschriftung eignen sich zum Beispiel Kabeletiketten mit einem Stück durchsichtiger Klebefolie, die man um das Kabel wickelt und die Beschriftung so direkt laminiert. Für dickere Kabel und Kabelbündel sind bedruckbare Kunststoffstreifen lieferbar, die man mit kleinen Kabelbindern installiert. Eine sehr robuste Alternative zum Bekleben sind bedruckbare Schrumpfschläuche. Die kommen aber nur für Kabel infrage, die noch nicht auf beiden Seiten mit Steckern versehen sind, etwa für frisch installierte Ver-

legekabel. Über einen RJ45-Stecker kann man auch den breitesten Schrumpfschlauch aus dem Sortiment nicht ziehen.

Das Auswählen geeigneter Druckkassetten ist eine Wissenschaft für sich. Eine Broschüre mit Fotos der Materialien finden Sie über ct.de/yux2, auch in der App gelangt man zu passenden Druckkassetten, wenn man die Systematik verstanden hat. Billig ist das Druckmaterial nicht: Ein selbstlaminiertes Kabeletikett kostet beispielsweise umgerechnet rund 11 Cent, für 1,8 Meter Schrumpfschlauch für Kabel mit maximal 9 Millimeter Durchmesser zahlt man gute 45 Euro.

Der Thermomark Go ist nichts für Gelegenheitsbeschrifteter und der Anschaffungspreis lohnt sich erst, wenn man beruflich inventarisiert, Netzwerkinfrastruktur betreut oder installiert. Für Profis ist er interessant, weil er sowohl auf dem Schreibtisch als auch unterwegs mit dem Mobilgerät arbeitet. Große Beschriftungsprojekte kann man im Büro mit der Windows-Software „Project Complete“ des Herstellers vorbereiten, nachträgliche Änderungen druckt man mit der handlichen Kiste unterwegs per Handy.

(jam@ct.de) **ct**

Software und Druckmaterialkatalog:
ct.de/yux2

Phoenix Contact Thermomark Go

Thermotransfer-Beschriftungsgerät	
Hersteller, URL	Phoenix Contact, phoenixcontact.com/online/portal/de
bedruckbare Medien	u. a. Beschriftungsband, Kabeletiketten, Schrumpfschlauch, (insg. 106 Materialien)
max. Materialbreite und Auflösung	24 mm, 203 dpi
Abmessungen	175 mm × 135 mm × 70 mm
Verbindung	Bluetooth, NFC (nur Android), USB-A-Buchse
Betriebssysteme	iOS, Android, Windows
Preis	270 €

Am Vortag der secIT 2022, **29. März**, finden exklusive Tagesworkshops, ausgewählt von den iX- und c't-Redaktionen, statt.



Jetzt Ticket sichern:
sec-it.heise.de



WORKSHOPS

// Angriffsziel lokales Active Directory: effiziente Absicherung – Frank Ullly

In diesem Workshop lernen Sie, wie Angreifer vorgehen und wie Sie Ihre Active-Directory-Umgebung effektiv absichern.

// A Hacker's Guide to Opensource Intelligence and Social Engineering – Technische und psychologische Tricks der Angreifer – Jan-Tilo Kirchhoff

Erfahren Sie, wie Kriminelle Informationen über Sie missbrauchen und mit welchen psychologischen Tricks sie ihre Opfer beeinflussen, um an sensible Unternehmensdaten und letztendlich das Geld ihrer Opfer zu gelangen.

// Sicherheit von Windows 10/11 im Unternehmenseinsatz – Christian Biehler

In diesem Workshop geht es um das Zusammenspiel aus einer sicheren Konfiguration von Windows 10/11 und den damit einhergehenden Herausforderungen für die IT – und den Endanwender.

// Einführung in die Sicherheit von Azure AD & Office 365 – Benedikt Strobl

In diesem Workshop stellt ein Microsoft-zertifizierter Trainer sicherheitsrelevante Funktionen und Aspekte bei der Verwendung von Microsoft Azure AD bei Office 365 vor.

// Triage im Cybersicherheitsumfeld: Schadensminimierung nach einem Sicherheitsvorfall – Dr. Jörg Schneider

Im Workshop werden Checklisten sowie grundlegende technische Inhalte erarbeitet, die im Ernstfall helfen, zu priorisieren und zu mitigieren.

// Vorbereitung für den Fall der Fälle – Daniel Jedecke

Der Workshop soll dabei helfen, Ransomware-Angriffe zu verstehen und sinnvolle Maßnahmen zu etablieren. Hierbei liegt der Fokus auf den Themen Awareness, Endpoint Protection, Backups, Logging und Netzwerktrennungen.

Schöner sammeln

Craft: Notiz- und Informationsmanager für Apple-Systeme im Test

Mit Craft sammeln Apple-Nutzer Notizen, Ideen und sonstige Inhalte strukturiert und optisch ansprechend. Wahlweise synchronisiert man mit eigenen Geräten, arbeitet mit anderen Nutzern an gemeinsamen Inhalten oder speichert ganz cloudfrei lokal.

Von Stefan Wischner

Das von Apple mit dem „App of the Year“-Award 2021 ausgezeichnete Craft für macOS, iOS und iPadOS ist gar nicht so leicht einzuordnen. Der Hersteller selbst spricht von einem „Werkzeug, um schöne Dokumente und Notizen zu erstellen und Gedanken zu teilen“. Das klingt nach einer Kreuzung zwischen Apples Notizen und Pages oder Word. Craft ist aber ein ganz eigenständiges Informationsverwaltungsprogramm. Es richtet sich an alle, die alleine oder im Team Informationen unterschiedlicher Formate und Quellen sammeln und strukturiert und optisch ansprechend aufbereiten wollen. Es eignet sich für die Rezeptsammlung und Kleinprojektplanung, für die Recherche und das Schreiben oder für Programmierprojekte und Dokumentationen und spricht damit Blogger, Journalisten, Autoren, Softwareentwickler, Schüler und Studenten gleichermaßen an.

Innerhalb einer hierarchischen Ordner- und Dokumentstruktur sammelt man Inhalte aller Art von Texten über Bilder, Videos, Links, Codeschnipsel, Stiftzeichnungen (allerdings ohne Handschriftenerkennung) und Dateianhängen. Die oberste Ebene bildet der Workspace, in dem man beliebig viele Ordner anlegt und diese nach Wunsch mit Symbolen und Farben kennzeichnet. Ordner verzweigen sich

in Unterordner oder enthalten Dokumente, die man – anders als in klassischen Editoren oder Textprogrammen – blockweise mit Inhaltselementen füllt. Ein Block kann Text, Bilder, Links oder untergeordnete Seiten in beliebiger Schachtelungstiefe enthalten und bidirektional mit anderen Blöcken verlinkt werden.

Fürs Auge

Craft setzt auf eine optisch ansprechende Präsentation der Inhalte. Die meisten Objekte erhalten eine Thumbnail-Vorschau in einer von drei Größen und – wo sinnvoll – einen Textauszug. Das gilt sowohl für Unterseiten als auch für Weblinks und eingebettete Dateien in Formaten wie DOCX oder PDF. Unterseiten kann man zudem als sogenannte Karten darstellen, was zusätzliche Dekorationen ermöglicht.

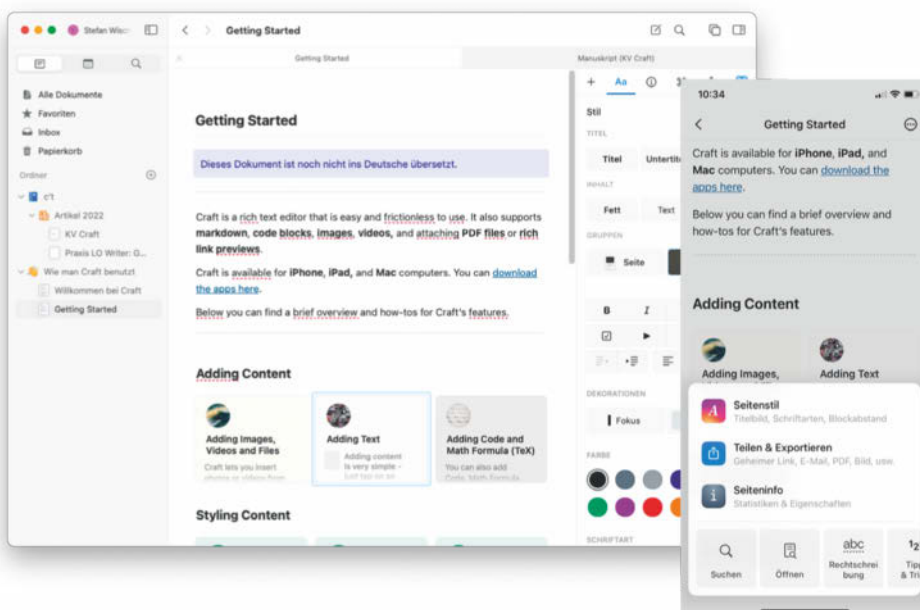
Individuellen Designwünschen sind jedoch enge Grenzen gesetzt. Inhaltsblöcke belegen immer die volle Seitenbreite und lassen sich nur untereinander anord-

nen und gegeneinander vertauschen, nicht aber frei positionieren. Lediglich kleinere Kartenobjekte stehen nebeneinander und können horizontal vertauscht werden.

Es stehen nur vier Schriftarten, drei Überschriftenstile sowie zwei Zeilenbreiten zur Wahl. Texte lassen sich als (optional nummerierte) Liste, Checkboxes zum Ankreuzen, als einfache Tabelle und als Codeblock (ohne Syntaxhervorhebung) formatieren. Den größten Raum für kreative Spielereien bieten die Karten mit fünf Grunddesigns und -größen, rund 40 Akzentfarben und frei wählbaren grafischen Hintergründen.

Externe Texte lassen sich bislang nur im Markdown-Format, als Textbundle-Datei oder via Zwischenablage importieren. Der Export von Inhalten ist zusätzlich im PDF- und DOCX-Format möglich.

Auffällig ist, wie flott das Programm sowohl auf dem Mac als auch auf iPad und iPhone startet und arbeitet. Das liegt daran, dass es ganz entgegen dem Trend nicht auf einem Webapp-Framework wie Electron basiert, sondern nativ für die jeweilige Plattform entwickelt wurde. Na ja, fast. Craft ist eine Catalyst-App. Die Entwickler betonen aber, nicht etwa eine iOS-App einfach auf den Desktop portiert, sondern mit vielen nativen macOS-Elementen stark angepasst zu haben. Das Ergebnis sieht moderner aus als viele native Mac-Programme, fühlt sich aber dennoch wie ein solches an.



Craft bereitet Informationen aller Art auf Macs und Apple-Mobilgeräten gleichermaßen ansprechend auf und lässt sich auf allen flott bedienen.

Manche Funktion muss man in der Bedienoberfläche etwas suchen. So erschließt es sich zum Beispiel nicht sofort, dass man einen neuen Workspace im Benutzerprofil anlegt und nicht etwa über das Datei-Menü. Die eine oder andere vermisste Funktion (ein Webclipper wäre schön) wird der Hersteller möglicherweise noch nachreichen; eine Schlagwortfunktion ist zum Beispiel schon versprochen. Außerdem erlaubt ein API die Entwicklung von Erweiterungen durch Dritte.

Craft setzt stark auf Zusammenarbeit und erlaubt das Teilen von Inhalten per Link. Änderungen erscheinen nahezu in Echtzeit auf anderen Geräten, sowohl eigene als auch die mitarbeitender Nutzer. Das setzt allerdings voraus, dass die Inhalte auf dem Cloudspeicher des Herstellers liegen. Craft nutzt dazu die Amazon Web Services (AWS) und weist in der ausführlichen, aber nicht auf Deutsch verfügbaren Datenschutzerklärung auf eine Speicherung außerhalb der EU, vornehmlich in den USA hin. Explizite Angaben zur Einhaltung der DSGVO-/GDPR-Bestimmungen fehlen zudem.

Auch ganz ohne Cloud

Wem das datenschutztechnisch zu bedenklich ist, der kann Inhalte auch komplett offline speichern. Dazu muss er allerdings einen eigenen lokalen Workspace einrichten. Die Zusammenarbeit mit anderen Nutzern fällt dabei aber ebenso weg wie die Synchronisation mit weiteren eigenen Geräten.

Bisher gibt es Craft nur für Apple-Systeme. Eine Browserversion befindet sich gerade im Betatest. Sie bietet bislang noch deutlich weniger Funktionen und fühlt sich naturgemäß nicht so flott an wie die nativen Apps, öffnet das Programm aber auch für Windows- und Linux-Nutzer. Eine Android-App schließt der Hersteller auf Nachfrage zumindest für die Zukunft nicht aus.

Die Vollversion von Craft wird nur als Abo für knapp 45 US-Dollar pro Jahr angeboten. Es gibt zwar eine kostenlose Version; die ist aber im Funktionsumfang deutlich eingeschränkt. Außerdem erlaubt sie nur die Speicherung von maximal 1000 Blöcken. Da jeder Textabsatz einen Block darstellt, dürfte diese Grenze schneller erreicht sein, als einem lieb ist.

Craft ist weniger als Notizprogramm gedacht, um mal eben eine Telefonnummer festzuhalten oder eine Einkaufsliste zu schreiben – obwohl das natürlich auch geht. Die Stärken des Programms liegen in der strukturierten und optisch ansprechenden Aufbereitung von Informationen vom persönlichen Wiki über Recherchearbeiten bis hin zur einfachen Projektplanung. Damit steht es in Konkurrenz zu Programmen wie OneNote, Evernote oder dem viel gelobten Notion [1], von dem sich die Entwickler offenbar stark inspirieren ließen. Lässt man sich auf das Block-Konzept und die fest vorgegebenen Layout-Optionen ein, macht die Arbeit mit Craft richtig Spaß. (swi@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Liane M. Dubowy, Organisationstalent, Schreiben und organisieren in Notion, c't 12/2021, S. 166

Craft 2.0

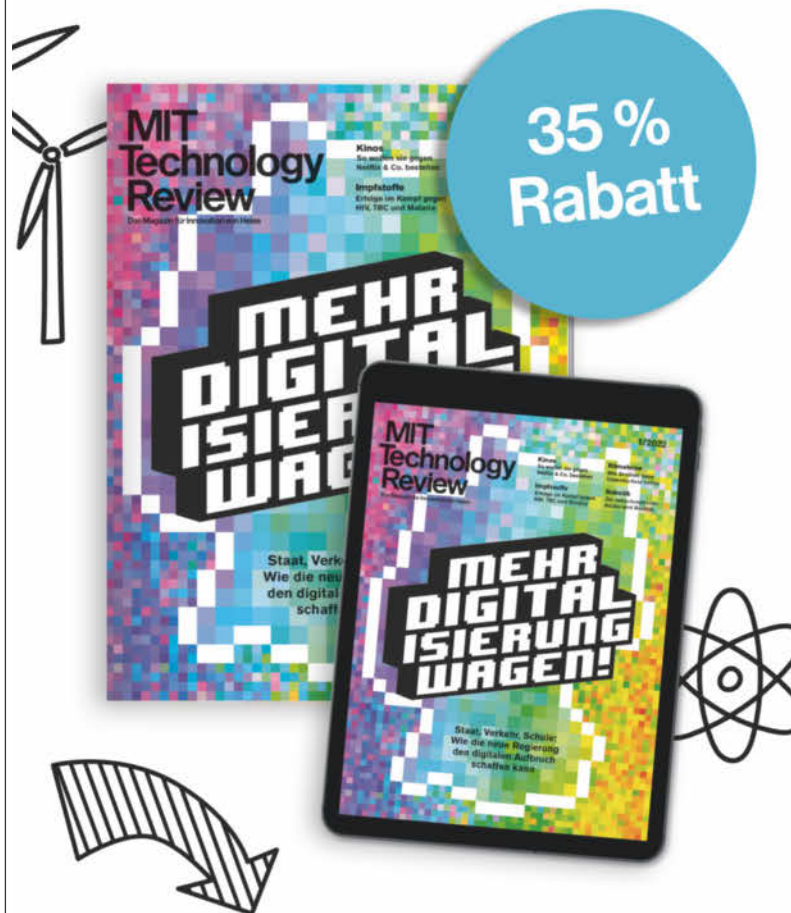
Notiz- und Informationsmanager	
Hersteller, URL	Luki Labs Limited, craft.do
Systemanf.	macOS ab 10.15, iOS und iPadOS ab 14.0
Preis	kostenlos (Free), 44,99 US-\$ pro Jahr (Pro)

MIT Technology Review

Das Magazin für Innovation von Heise



Die Welt verstehen,
wie sie morgen sein wird.



2 Ausgaben inklusive
Prämie nach Wahl:

mit-tr.de/testen



✉ leserservice@heise.de

☎ +49 541/80 009 120

🌐 mit-tr.de/testen

Doppelt sanft

Besonders bequem tragen sich die In-Ear-Kopfhörer Air+ 2, und dann haben sie auch noch ANC. Beim Bass ging uns im Labor die Sanftmut aber zu weit.

Libratone meldet sich, dem Insolvenzteufel noch einmal von der Schippe gesprungen, mit der zweiten Generation der In-Ear-Kopfhörer Air+ zurück. Schon beim Einsetzen in die Ohren melden diese eine wohltuende Parallele zur ersten Generation: den bequemen und doch festen Sitz. Nach wenigen Minuten hatten wir fast vergessen, dass die Air+ 2 noch in den Ohren stecken. Bei den in drei Größen mitgelieferten Silikonpolstern sollte für jedes Ohr die passende Größe dabei sein.

So dezent und unauffällig wie sie sitzen, klingen die In-Ears auch, und das muss man mögen. Beim Bass sind die Air+ 2 arg zurückhaltend, tiefe Frequenzen kommen kaum im Ohr an, da fehlt es deutlich an Wumms. Der schlappe Bass lässt sich auch mit dem Modus „Extra Bass“ in der Libratone-App, die keinen frei einstellbaren Equalizer besitzt, nicht entscheidend aufpumpen. Mitten und Höhen wiederum geben die Air+ 2 verlässlich und präzise wieder. Wir haben mit den Kopfhörern gerne und lange Podcasts oder Hörbüchern gelauscht, auch für manche Musikrichtung haben sie uns gut gefallen.

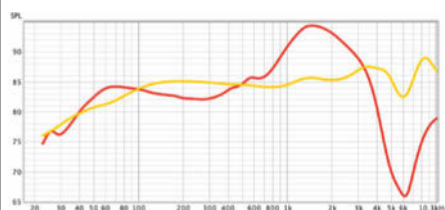
Die Libratone-Kopfhörer unterstützen aktive Geräuschunterdrückung (Active Noise Cancellation, ANC), entweder automatisch oder manuell in 30 Stufen regelbar. Wer gerne mehr von der Umgebung mitbekommen möchte, aktiviert den Transparenzmodus. Die Störgeräuschdämmung kann sich für In-Ear-Kopfhörer hören lassen und hält vor allem konstante Geräusche wie Motorenbrummen oder Zugrauschen im Zaum.

Verrichten die Kopfhörer gerade nicht ihren Dienst, haben sie im Lade-Case ihren



Platz. Das wirkt mit seinem einfachen Plastikmantel nicht besonders edel, ist aber schön klein und leicht. Die In-Ears halten magnetisch an ihrem Platz, die Ladekontakte sind gut zugänglich, falls sie einmal gesäubert werden müssen. Die große Klappe, für die sich Libratone entschieden hat, bringt den Nachteil mit sich, dass man die Box kaum mit einer Hand öffnen und schließen kann. Ein feiner LED-Ring rund um den USB-C-Anschluss des Case zeigt an, wenn der Akku darin per Kabel oder Induktion geladen wird. Die Air+ 2 kamen im Test meist an die vom Hersteller versprochenen sechs Stunden Laufzeit heran. Die Hülle kann die Stöpsel dreimal aufladen.

200 Euro sind ein happiger Preis für die Libratone Air+ 2, wenn man auf die Konkurrenz blickt. Mögliche Alternativen sind die halb so teuren Nothing Ear 1 (Test in c't 19/2021, S. 82) oder Samsungs Galaxy Buds2 (Test in c't 21/2021, S. 80). (sht@ct.de)



Die Messung bestätigt den Höreindruck: Die Air+ 2 (rote Kurve) haben wie unsere neutrale Referenz Sennheiser HD600 (gelb) kaum Bass zu bieten. Der Klang ist auf höhere Frequenzen abgestimmt.

**Nur 995 €
im Jahr**

**Vernetzen,
verstehen,
umsetzen**

**Mit heise Security Pro
zu mehr IT-Sicherheit.**

- Mindestens 4 Security Webinare
- 1 Ticket für die secIT
- Wöchentlicher Experten-Newsletter
- Jährliche heise Security Konferenz
- heise Security Expertenplattform
- 1 heise+ & 1 Pur-Lizenz

**JETZT IT-PAKET SICHERN:
heise.de/heisec-pro**



Libratone Air+ 2

Bluetooth-In-Ears mit ANC	
Hersteller, URL	Libratone, libratone.com
Systemanf.	Android ab Version 7.0, iOS ab Version 10.0
Anbindung	Bluetooth 5.2
Gewicht	65 g (pro Ohrhörer), 41 g (Case ohne Ohrhörer)
Akku	60 mAh (pro Ohrhörer), 500 mAh (Case)
Garantie	24 Monate
Preis	199 €



Achtung Aufnahme

Beyerdynamics Mikrofone M 70 Pro X und M 90 Pro X sehen fast gleich aus, eignen sich aufgrund ihrer Technik aber für unterschiedliche Aufnahmesituationen.

Beyerdynamic hat sein Mikrofon M 70 Pro X vor allem für Sprachaufnahmen und Podcasts in akustisch schlecht optimierten Räumen ausgelegt. Das M 90 Pro X eignet sich besser für Aufnahmen von Gesang und Instrumenten und nimmt dabei etwas mehr von der Raumakustik auf.

Beide Mikrofone mit Nierencharakteristik verbindet man über symmetrische XLR-Kabel mit den Mikrofonanschlüssen eines Audio-Interfaces. Weil das M 90 den Schall mit einer Kondensatorkapsel aufnimmt, braucht es 48 Volt Phantomspeisung aus dem Interface. Das M 70 arbeitet mit einem dynamischen Wandler ohne Phantomspeisung. Mitgelieferte Spinnen reduzieren Trittschallübertragung. Im Test war die Dämpfung aber nicht besonders hoch, weshalb man das Stativ nicht anfassen sollte.

Beim M 70 (im Bild links) spricht man von oben in den Wandler. Das Mikrofon hat einen starken Nahbesprechungseffekt, der den Frequenzbereich um 100 Hz deutlich anhebt, wenn man mit dem Mund auf ein bis zwei Zentimeter herankommt. Ein Poppschutz ist bereits eingebaut, sodass man den mitgelieferten zusätzlichen Schutz zur Not weglassen kann.

Beim M 90 spricht man hingegen von der Seite an einer kleinen roten Markierung ins Mikrofon. Der Nahbesprechungseffekt ist hier nicht so stark wie beim M 70. Weil kein Poppschutz eingebaut ist, sollte man unbedingt den beiliegenden Schutz mit Schwanenhals montieren.

Am Audio-Interface RME UFX verglichen wir beide Mikrofone in einem akustisch behandelten Studioraum mit dem

dynamischen Shure SM 7 B (370 Euro) sowie den Kondensatormikrofonen Rode M3 (90 Euro) und AKG C-414 (800 Euro) im Nierenmodus. Bei gleich lautem Nutzsignal (Sprache) rauschte das Rode M3 am leisesten (-59 dB bei 42 dB Gain), dicht gefolgt vom C-414 (-58 dB bei 40 dB Gain) und dem M 70 (-56 dB bei 56 dB Gain), dahinter das M 90 (-53 dB bei 34 dB Gain) sowie dem SM 7 B (-50 dB Rauschen bei 60 dB Gain).

Das M 90 klang mit seinem kräftigen Ausgangssignal ein wenig klarer als das M3 und heller als das neutral abgestimmte C-414, weil es Frequenzen zwischen 500 Hz und 5 kHz stärker betonte. Die beiden pegelschwächeren dynamischen Mikrofone M 70 und SM 7 B sackten bauartbedingt in den Bässen unter 100 Hz und in den Höhen über 10 kHz deutlich ab. Das M 70 klang wesentlich härter und zischeliger als das warm und rund wirkende SM 7 B, weil es die unteren Mitten bei 150 Hz absenkte und Höhen bei 4 bis 6 kHz um rund 6 dB verstärkte.

Da das M 90 Pro X dank seiner Phantomspeisung und höheren Empfindlichkeit nur eine Verstärkung von etwa 34 dB benötigt, genügen hier bereits günstige Audio-Interfaces wie etwa das Behringer U-Phoria UMC22 für 44 Euro. Das dynamische M 70 Pro X benötigte für ein gleich lautes Signal eine deutlich höhere Verstärkung von 56 dB. Zwar erreichen auch günstige Audio-Interfaces solche Gain-Werte, teurere Modelle wie etwa das Audient ID4 für 139 Euro arbeiten aber mit deutlich rauschärmeren Vorverstärkern, und sind deshalb für pegelschwache dynamische Mikrofone zu empfehlen.

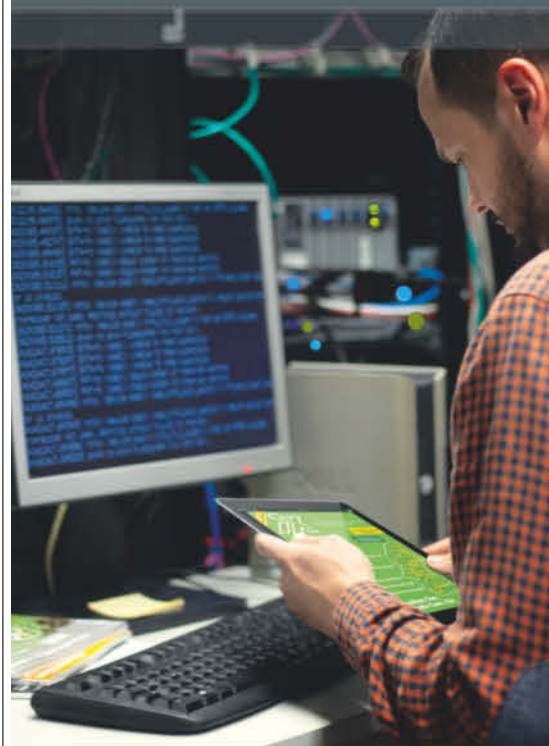
Insgesamt ermöglichen beide Mikrofone professionelle, rauscharme Aufnahmen. Aufgrund seiner Höhenbetonung und dem starken Nahbesprechungseffekt eignet sich das M 70 Pro X für Sprachaufnahmen in akustisch unbehandelten Räumen, wenn Sprecher wenig zischeln. Das ausgewogenere M 90 Pro X klingt etwas transparenter als das günstige Rode 3M und hebt obere Mitten für Gesangsaufnahmen leicht an. (hag@ct.de)

Beyerdynamic M 70 Pro X / M 90 Pro X

Mikrofone für Sprach-, Instrument- und Gesangsaufnahmen	
Hersteller, URL	Beyerdynamic, beyerdynamic.de
Anschlüsse	XLR-Mikrofonausgänge
Lieferumfang	Mikrofon, Hülle, Spinne, Poppschutz mit Schwanenhals
Preise	M 70 Pro X: 249 €, M 90 Pro X: 299 €

Es gibt **10** Arten von Menschen.

iX-Leser und die anderen.



3x testen

Jetzt Mini-Abo testen:

3 digitale Ausgaben +
Bluetooth-Tastatur
nur **19,35 €**

www.iX.de/digital-testen

iX MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE INFORMATIONSTECHNIK

www.iX.de/digital-testen

leserservice@heise.de

49 (0)541 800 09 120

Einfach speziell

Backup-Laufwerk Waxar EasyImage im Test



Waxar hat sein Backup-Werkzeug EasyImage überarbeitet: Es kann nun auch mit BitLocker-Verschlüsselung umgehen und inkrementell sichern. Ob es so einfach zu bedienen ist, wie der Name nahelegt, hängt aber stark von der persönlichen Definition von Einfachheit ab.

Von Jan Schübler

EasyImage ist eine Kombination aus USB-3-Datenträger und Backup-Software. Sie ist ausschließlich dafür gedacht, als Live-System gebootet zu werden, um Abbilder der Systemfestplatte anzufertigen. Das Medium ist vorpartitioniert: Von einer 2 GByte kleinen FAT32-Partition startet ein Live-Linux auf Basis von Grml 2018.12 mitsamt einer vorkonfigurierten Version von Waxars Backup-Tool DeviceImage. Hinzu kommt eine Linux-Swap-Partition und den Rest bildet eine NTFS-Partition als Lagerraum für Backups.

Ein Backup ist schnell angelegt: EasyImage sucht zuerst nach einer Windows-Partition und sichert sie – inklusive eventueller Datenpartitionen, die auf demselben physischen Laufwerk liegen. Andere Laufwerke, etwa zusätzliche Datenfestplatten, ignoriert es. Findet es kein Windows, sucht es nach Linux-Installationen und verfährt analog; findet es auch kein Linux, sucht es nach macOS. Für Dual-Boot-Setups ist EasyImage nicht gedacht: Ein neben Windows installiertes Linux wird nicht mitgesichert.

Zur Benutzung klemmt man den Datenträger an und lässt den PC davon booten. Das Bootmenü präsentiert drei Einträge: Einen zum „Sicherung starten“, einen zweiten zum „Letzte Sicherung wiederherstellen“ und einen dritten namens „DeviceImage starten“.

Während des ersten Backups möchte EasyImage die korrekte Auswahl des

Quelldatenträgers bestätigt haben, weitere Backups laufen danach ohne erneute Interaktion. Die Erstsicherung eines frisch installierten Windows 11 dauerte im Test rund 12 Minuten. Ein Recovery erfolgt ebenso einfach: EasyImage mit dem Eintrag „Letzte Sicherung wiederherstellen“ starten, Zieldatenträger bestätigen, der Rest passiert automatisch. Nach Abschluss der Aufgabe fährt der Rechner herunter.

Der dritte Menüpunkt „DeviceImage starten“ lädt das Programm in einem interaktiven Modus. Damit lassen sich diverse Sicherungsparameter von Hand ändern und einzelne Partitionen auch auf ältere Sicherungsstände zurücksetzen. Wer diese Option nutzt, sollte Konzentration und ein gewisses Maß an Erfahrung mitbringen und sich ein wenig in das Tool einarbeiten – die falschen Handgriffe führen im Zweifelsfall zu Frust oder Datenverlusten. Will man nur einen älteren Sicherungsstand wiederherstellen, ist es einfacher, auf der Backup-Datenpartition die neueren Images zu suchen (Dateiendung .img.zp) und an die Dateinamen etwas wie „bak“ anzuhängen, damit das Tool sie ignoriert.

Was neu ist

Neu in der vorliegenden Version ist, dass sie nun auch BitLocker-verschlüsselte Laufwerke sichern kann. Weil die Software bei einem verschlüsselten Laufwerk nicht erkennen kann, welche Zuordnungseinheiten tatsächlich in Benutzung sind und welche nicht, sichert es kurzerhand die komplette Partition Bit für Bit. So braucht eine 500 GByte große, BitLocker-verschlüsselte Windows-Partition auch dann 500 GByte freien Backup-Platz, wenn eigentlich nur 50 GByte belegt sind.

Außerdem beherrscht EasyImage nun inkrementelle Backups. Nur jede zehnte Sicherung erfolgt als Komplett-Image, bei den restlichen ermittelt die Software die Änderungen seit dem letzten Backup und sichert sie als deutlich kleineres Differenz-Abbild.

Im Test fiel auf, dass EasyImage in der vorliegenden Version nicht startet, wenn

der PC mit aktiviertem UEFI Secure Boot läuft. Ausprobiert haben wir es mit insgesamt neun Rechnern mit Baujahren von 2012 bis 2021. Das hat uns erstaunt – unser Testmuster von vor rund anderthalb Jahren lief problemlos mit aktivem Secure Boot.

Unser 500-GByte-Testmuster kostet rund 127 Euro und bringt eine lebenslange Lizenz für die Verwendung mit genau einem Rechner mit, wobei „lebenslang“ sich auf die Lebensdauer des Rechners bezieht, nicht auf die der Festplatte oder des Käufers. Wird ein Recovery auf einer neuen Hardware nötig, bekommt der Kunde dafür eine temporäre Lizenz und muss sich dann entscheiden, ob er EasyImage für den neuen Rechner erneut lizenziert. Alternativ bietet Waxar seit Kurzem auch ein Abomodell an – für die 500-GByte-Variante kostet das im ersten Jahr 99 Euro und für jedes Folgejahr 55 Euro.

Fazit

EasyImage setzt ein passendes Szenario voraus: Reine Datenfestplatten ignoriert es ebenso wie Dual-Boot-Setups; verschlüsselte Laufwerke sollten möglichst klein sein, um nicht allzu viel Platz beim Backup zu belegen. Die Secure-Boot-Unterstützung sollte Waxar dringend reparieren. Passt das Szenario, funktioniert EasyImage hervorragend.

Angesichts des Funktionsumfangs und der Preispolitik empfiehlt es sich in erster Linie für Unternehmen, die etwas brauchen, um kritische Systeme nach Virenbefall oder Festplattenschaden rasch wieder ans Laufen zu kriegen. Für private Anwender mit technischem Verständnis ist eine Kombination aus Gratis-Tools wie c't-WImage (ct.de/wimage) und Duplicati flexibler und praktischer. (jss@ct.de) **ct**

Waxar EasyImage

USB-Datenträger mit vorinstallierter Backup-Software	
Hersteller, URL	Waxar, waxar.eu
Systemanf. laut Hersteller	Windows, Linux, macOS
Preis	102 € (250-GByte-Stick) 127 € (500-GByte-Festplatte) 169 € (1000-GByte-Festplatte)



betterCode()

API 2022

Die Heise-Konferenz zu Design, Entwicklung
und Management von Web-APIs

27. April 2022 – Online

Ob Private oder Public APIs – Software- und Webentwickler müssen schwierige Fragen beantworten: Welche **Architekturparadigmen**, welche **Verfahren**, welche **Protokolle** nutze ich, wann welche besser nicht? Wie gewährleiste ich **Qualität**, **Kompatibilität** und **Sicherheit**?

Die Vorträge und Workshops der betterCode() API bieten konzeptuelles Wissen, neueste Entwicklungen der Web-API-Entwicklung sowie umsetzbares Praxis-Know-how und Entscheidungshilfen.

Jetzt mit Vorträgen zu folgenden Themen bewerben:

- ✓ API-Design
- ✓ API-Management
- ✓ API-Dokumentation
- ✓ API-Sicherheit
- ✓ Praxisberichte
- ✓ ...



 heise **Developer**

 dpunkt.verlag

api.bettercode.eu



WWWeichenstellungen

Wie das Internet neu reguliert und umstrukturiert werden soll

Die EU will mit einer ganzen Batterie von Verordnungen das World Wide Web retten und die großen Internetkonzerne einhegen. Das könnte am Ziel vorbeigehen, denn es wird fleißig daran gearbeitet, das alte WWW durch Metaverse und Web3 zu ersetzen.

Von Holger Bleich, Jan-Keno Janssen und Sylvester Tremmel

tionsvertrag nicht berücksichtigt hat. Eines davon sind die unangemeldeten „Spaziergänge“ von Coronaleugnern. Sie organisieren sich meist über den Messenger Telegram. Aha, hier scheint also die Wurzel des Übels zu liegen.

Das glaubt zumindest Innenministerin Nancy Faeser (SPD): Sie blies Anfang des Jahres zum Angriff auf den Betreiber. Der hat seinen Sitz allerdings in Dubai und ist deshalb für die deutsche Exekutive kaum greifbar. Faeser will die EU dazu bringen, Telegram zur Kooperation zu

zwingen. Aber sie sagte auch, dass sie erwäge, auf eine Abschaltung in Deutschland hinzuwirken: „Das wäre sehr schwerwiegend und ganz klar Ultima Ratio. Vorher müssen alle anderen Optionen erfolglos gewesen sein.“

Was Faeser nicht beantwortet: Wie soll Telegram „abgeschaltet“ werden? Juristen reden sich bereits die Köpfe darüber heiß, weil die bislang gegenüber privatrechtlichen Internetplattformen liberale Gesetzgebung einen solchen Fall eigentlich nicht vorsieht. Im Netzwerk-Durch-

Kaum im Amt, sieht sich die neue Bundesregierung mit vielen Phänomenen konfrontiert, die sie im wortreichen Koali-

Restrukturierung des Internet	Seite 82
Entwicklungen in der IT-Security	Seite 86
Neustart der Digitalpolitik	Seite 88
IT zur Rettung des Klimas	Seite 90
Chipversorgung im neuen Jahr	Seite 92

setzungsgesetz (NetzDG) gibt es lediglich Geldbußen, falls soziale Medien ihren rechtlichen Verpflichtungen nicht nachkommen. Doch es ist nicht einmal klar, ob Telegram als Messenger überhaupt vom NetzDG umfasst ist.

Nun wird diskutiert, ob vielleicht der neue Medienstaatsvertrag eine Abschaltung hergeben könnte. Immerhin bedient sich die Landesmedienanstalt NRW bereits dieses Instrumentariums, um andere unliebsame, nicht greifbare Plattformen zur Strecke zu bringen: ausländische Online-Anbieter harter Pornografie, die ihre Inhalte ohne vorgeschriebene Jugendschutzbarrieren im Web bereitstellen. Sie sollen 2022 mittels Websperren aus den Netzen deutscher Provider verschwinden.

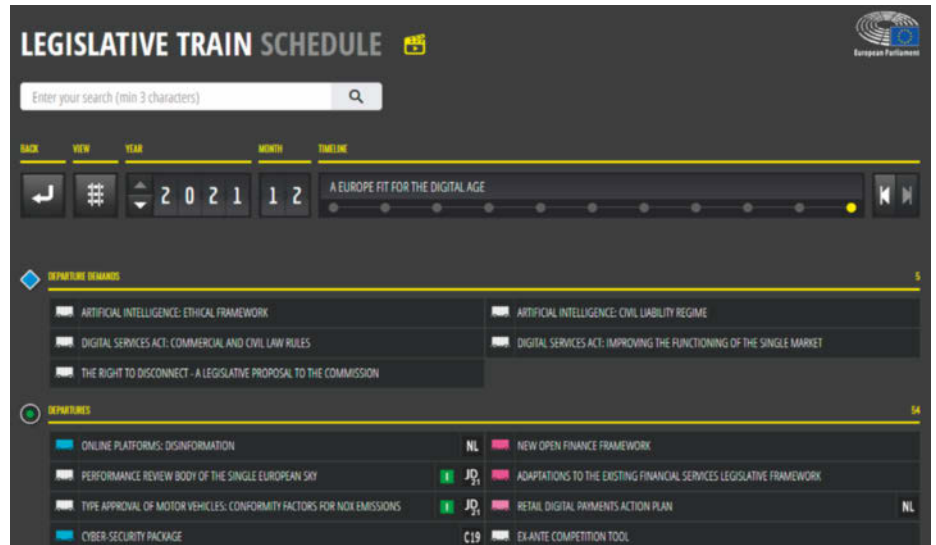
Das Beispiel illustriert zwei alte Grundprobleme der Internetregulierung: Zum einen kann nationales Recht ein weltumspannendes Netz nur begrenzt einhegen. Zum anderen agiert der Gesetzgeber stets „ex post“, er formuliert Regeln für bereits bekannte, analysierte Probleme. Die Regulierung hängt also den aktuellen Realitäten oft um Jahre hinterher.

Und die Realitäten der IT-Welt treffen Politik und Gesellschaft derzeit knallhart. In diesem und den folgenden Artikeln erfahren Sie, an welchen Fronten wichtige Weichenstellungen zu erwarten sind. Wir berichten über neue Gefahren, die von unsicheren Systemen ausgehen (ab S. 86), über die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeit (ab S. 90), von Unsicherheiten in Lieferketten (ab S. 92) und nicht zuletzt davon, was die neue Ampelkoalition vorhat (ab S. 88).

Legislativer Fahrplan

Politisch soll das Jahr 2022 einen Wendepunkt markieren: Die EU will augenscheinlich „vor die Lage“ kommen, wie es im Pandemiesprech so schön heißt – und hat dafür bereits einiges in die Wege geleitet. Unter dem Slogan „A Europe fit for the Digital Age“ laufen Dutzende legislative Verfahren, die aktuelle und künftige Entwicklungen regulatorisch erfassen sollen. Auf einer Website [1] stellt das EU-Parlament die Vorhaben putzig als Anzeigetafel eines Bahnhofs dar, die stets aktuell informiert, welche Gesetzeszüge pünktlich sind.

Ohne viel Aufsehen hat die EU-Kommission beispielsweise den „Artificial Intelligence Act“ (AIA) auf den Weg gebracht. Diese Verordnung soll KI-Anwen-



Putzig: Das EU-Parlament hat eine Anzeigetafel für diverse IT-Regulierungsvorhaben ins Web gestellt.

dungen klassifizieren und je nach Risikoabschätzung genehmigungspflichtig machen oder sogar verbieten, was etwa bei Social Scoring, wie es in China angewandt wird, der Fall wäre. Der Gesetzentwurf von April 2021 wird derzeit vom EU-Parlament und dem Rat geprüft.

Der Data Governance Act (DGA) liegt ebenfalls als Verordnungsentwurf der EU-Kommission vor. Er soll es Unternehmen, der öffentlichen Hand und Bürgern erleichtern, Daten miteinander auszutauschen. Die Kommission setzt hier auf Datentreuhänder, in deren Händen große Mengen anonymisierter Daten liegen, die sie wiederum zu Statistik- und Forschungszwecken weitergeben. Es wäre ein großer Schritt in Richtung Open Data, der den kommerziellen Plattformen nicht behagen dürfte.

Großer Wurf?

Der ganz große Wurf der EU wird wohl bereits Ende 2022, spätestens aber 2023 umgesetzt: Mit den beiden Verordnungen „Digital Services Act“ (DSA) und „Digital Markets Act“ (DMA) will sie ein „digitales Grundgesetz“ schaffen, das zunächst nur im EU-Binnenmarkt gilt, aber möglichst als Blaupause für die Webregulierung weltweit fungieren soll [2].

Beide Rechtsakte haben Ende 2020 das Licht der Welt erblickt und sind ungewöhnlich schnell fortgeschritten: Zum DMA hat das EU-Parlament bereits eine Position gefunden, die zum DSA soll Ende Januar (nach Redaktionsschluss dieser c't-Ausgabe) folgen. Ab Februar verhandeln Parlament und Kommission in den sogenannten Trilog-

Verhandlungen, um endgültige Formulierungen mit dem EU-Rat unter französischer Präsidentschaft zu finden.

Mit DSA und DMA will die EU vorausschauend und zukunftsgerichtet agieren, doch so lobenswert die Pläne sind: Sie adressieren zwangsläufig wieder einmal lediglich Felder, die seit zig Jahren – zumindest auf EU-Ebene – unreguliert waren. Zum guten Teil passt etwa der DSA die Gesetzgebung an Entwicklungen an, die die E-Commerce-Richtlinie aus dem Jahr 2000 nicht mehr ausreichend abdeckt.

Der DSA soll Plattformen auf inhaltlicher Ebene in die Schranken weisen. Ähnlich wie es bereits Deutschland mit dem NetzDG vorgemacht hat, sieht die EU Verfahren vor, rechtswidrige Nutzerinhalte möglichst schnell wieder verschwinden zu lassen. Implementieren die Plattformen diese Mechanismen nicht ausreichend, drohen hohe Strafzahlungen (bis zu 6 Prozent des Konzernumsatzes). All das bleibt ein schwieriger Spagat, denn die EU will das sogenannte Haftungsprivileg für Dienste nicht antasten. Danach stehen Plattformen nur für fremde Inhalte in der Verantwortung, wenn sie davon Kenntnis haben.

Des Weiteren reagiert man mit dem DSA größtenteils auf beobachtete Fehlentwicklungen in der unregulierten Plattformökonomie. So sollen „Dark Patterns“ verboten werden, die Nutzer mit Psychotricks im Interface zu bestimmten Entscheidungen drängen [3]. Soziale Netzwerke wie Facebook oder YouTube sollen ihre Nutzer über Kriterien informieren, die personalisierten Empfehlungsalgorithmen

men zugrunde liegen. Zu Forschungszwecken sollen sie Algorithmen und anonymisierte Daten auch freigeben müssen – solange keine Geschäftsgeheimnisse betroffen sind.

Wahrscheinlich wird allerdings das „Digitale-Märkte-Gesetz“ (DMA) mehr zum Umbau der Web-Ökonomie beitragen als der DSA, denn es enthält drakonische Strafandrohungen, bis hin zur Zerschlagung von Konzernen. Grob gesprochen regelt der DMA, dass Gatekeeper-Konzerne in den jeweiligen Branchen fair im Wettbewerb agieren sollen. Der DMA soll den Missbrauch von Marktvorherrschaft verhindern, bevor er entsteht.

Doch auch hier läuft die Regulierung der Realität hinterher. Beispiel Messenger: Seit Jahren hält WhatsApp das De-facto-Monopol. Wer alle seine bekannten Personen erreichen möchte, kommt um die App kaum herum. Wie will die EU das Rad zurückdrehen? Indem sie Messenger-Betreiber dazu zwingen will, ihre Dienste für Mitbewerber zu öffnen. Diese Forderung nach „Interoperabilität“ haben sich Abgeordnete des EU-Parlaments ausgedacht. Und tatsächlich hat sie es in die beschlossene Verhandlungsposition für die Trilogverhandlungen zum DMA geschafft [4].

Interoperabilität

Neben dem politischen Für und Wider stellt sich wie so oft die Frage nach der technischen Realisierung dieser Idee. Das Spektrum der Möglichkeiten reicht von definierten Schnittstellen zwischen Anbietern, die ein (möglicherweise minimales) Feature-Set abdecken, bis zu gemeinsamen Messaging-Protokollen, auf die sich Messengeranbieter einigen oder zu denen sie verpflichtet werden. Entsprechende Standards existieren, etwa das altbewährte Jabber/XMPP oder der modernere Matrix-Standard [5]. Die Internet Engineering Task Force (IETF) arbeitet außerdem seit einiger Zeit an Messaging Layer Security (MLS), einem „modernen, effizienten, sicheren Protokoll für Gruppenkommunikation“.

Dass solche Föderationen aus Servern und Anbietern grundsätzlich funktionieren können, beweisen XMPP und Matrix zur Genüge. Allerdings handelt es sich dabei um willentlich kooperierende Akteure.

Es ist jedoch fraglich, ob ein ähnlich fruchtbares System entsteht, wenn konkurrierende Anbieter gesetzlich zur Ko-



Bild: EU-Kommission

EU-Binnenmarktkommissar Thierry Breton betätigte sich während der Vorstellung von DSA und DMA hellseherisch: „Mit den Vorschlägen gestalten wir unseren digitalen Raum für die nächsten Jahrzehnte.“

operation gezwungen werden. Hinzu kommt, dass die aktuelle Messenger-Landschaft sehr fragmentiert ist: Viele Features sind nicht in allen Messengern verfügbar und auch bei weit verbreiteten Optionen unterscheiden sich die technischen Implementierungen oft deutlich.

Ob man diesem Zustand durch (politische) Regulierung abhelfen kann, ist offen: Je minimaler die erzwungene Interoperabilität ist, desto leichter ist sie zwar technisch umsetzbar – aber umso nutzloser ist sie auch für die Kunden. Sie kann sogar dem Kundenwillen und -nutzen direkt entgegenstehen, wenn etwa Messenger ihre Ende-zu-Ende-Verschlüsselung abschalten müssten, weil das interoperable Feature-Set sie nicht spezifiziert.

Auf der anderen Seite wird die Umsetzung für Messenger immer schwieriger, je mehr Features als interoperabel vorgeschrieben werden. Paradoxerweise könnte es daher gerade Nischenprodukten und kleinen Start-ups schwerfallen, dem Interoperabilitätszwang zu folgen, obwohl die EU genau sie durch den kommenden DMA vor der Marktmacht der großen Anbieter schützen will.

Web3

Vor einem ähnlichen Problem wie dem Messenger-Wildwuchs steht die Politik bei Kryptowährungen: Auch die sind in den vergangenen Jahren – regulativ weitgehend unbehelligt – ins Kraut geschossen und sollen jetzt eingehegt werden: Für

2022 wird eine EU-Verordnung zu den „Markets in Crypto-assets“ erwartet, um den boomenden Handel mit Kryptowährungen, Non-Fungible Tokens (NFT) und anderen digitalen Vermögenswerten juristisch besser zu fassen. Das soll sowohl individuelle Anleger vor übermäßigen Risiken und zweifelhaften Produkten schützen als auch Staat und Gesellschaft an sich, damit Finanzstabilität und Währungshoheit nicht in Gefahr geraten.

Die Initiative entbehrt nicht einer gewissen Ironie, sind doch die meisten Kryptowährungen – allen voran Bitcoin – explizit dazu gedacht, der regulativen Macht (staatlicher) Institutionen zu entgehen. Währenddessen arbeiten Risikokapitalgeber und libertäre Freigeister längst an den nächsten Schritten Blockchain-getriebener Technik: dem Web3.

Blockchains wie beispielsweise Ethereum ermöglichen nämlich nicht nur den Handel mit Tokens, sondern die manipulationssichere Ausführung beliebigen Codes in sogenannten Smart Contracts [6]. Auf Grundlage dieser Technik träumen Web3-Proponenten von einem World Wide Web, dessen Rechen- und Speicherinfrastruktur dezentral und unzensurierbar ist. Zwar ist das Internet ohnehin weitgehend dezentral angelegt, in den vergangenen Jahrzehnten haben sich aber organisatorisch starke Zentralisierungen ergeben: Statt einen eigenen Webserver mit einem Blog zu betreiben, nutzten die meisten Menschen soziale Netzwerke, die sich

in der Hand und unter der Kontrolle einiger weniger Unternehmen befinden. Statt Mails zu schreiben, werden WhatsApp-Nachrichten ausgetauscht.

Während die Politik also überlegt, proprietären Messengern die Tugenden des alten World Wide Web in Form offener Standards beizubringen, arbeiten Crypto-Fans und Organisationen wie die Web3-Foundation an einer Blockchain- und Peer-to-Peer-basierten Zwischenschicht für das Internet, die zentrale Kontrolle grundsätzlich unmöglich machen soll [7]. Services mit Smart Contracts als Backend können nicht eingestellt, zensiert oder unterwandert werden; Bezahlssysteme auf Basis von Kryptowährungen verhindern Einflussnahme auf die Finanzströme und NFT-basierte Märkte klären Eigentumsfragen. Das alles geschieht ohne Staaten oder Gerichte, ohne Unternehmen mit manipulativer Macht und mit absoluter Nutzerkontrolle über die eigenen Daten und Online-Identität – so der kollektive Traum.

Bislang sind dabei allerdings sehr viele Fragen offen und Zweifel angebracht. Sie reichen von der technischen Skalierbarkeit der Systeme über ihre Umweltverträglichkeit bis zu ganz grundsätzlichen Punkten: Zum Beispiel, ob ein Web und Wirtschaftssystem ohne jede kontrollierende Autorität, an die man sich wenden kann, überhaupt erstrebenswert ist. Daneben fällt auf, dass sich auch die erwähnten Risikokapitalgeber und andere wirtschaftliche Akteure aufs Web3 stürzen. Sie haben allerdings kein Interesse an einem Web ohne zentrale Instanzen, sondern hoffen auf neue Märkte (idealerweise mit ähnlichen Renditen wie beim als Währung angetretenen und zum Spekulationsobjekt gewordenen Bitcoin) und wollen dort ihren Einfluss zementieren statt aufgeben.

Metaversum

Ähnlich sieht es bei einem anderen aktuell gehypten Konzept aus, das oft mit dem Web3 verwoben wird: dem „Metaverse“ beziehungsweise „Metaversum“. Dieses Konzept ist für Facebook offenbar so wichtig, dass sich das Unternehmen Ende 2021 direkt in „Meta“ umbenannt hat – oder tat es das womöglich nur, um von den ganzen Skandalen abzulenken?

Ganz so einfach ist es nicht, denn tatsächlich hat Facebook auch schon vor der Umbenennung viele Milliarden in seine Virtual-Reality-Plattform Oculus investiert – und das immerhin so erfolgreich,

dass das Headset Meta Quest 2 die zurzeit mit Abstand meistverkaufte VR-Hardware darstellt. Die Quest 2 hat sich nach Schätzungen rund 10 Millionen Mal verkauft, das ist mehr, als Microsoft 2021 von jeglichen Xbox-Konsolen absetzen konnte.

Ob das Metaverse gleichbedeutend mit VR ist, lässt sich aktuell nicht beantworten, so schwammig sind bisherige Metaverse-Definitionen. Worauf es sich eingrenzen lässt: Das Metaverse soll der Nachfolger des WWW werden – mit aus Nutzersicht deutlich radikaleren Änderungen als beim Web3. Letzteres will vornehmlich den technischen Unterbau des Webs revolutionieren, das Metaverse soll hingegen die Art und Weise verändern, wie wir mit dem Internet interagieren. Statt Texte, Bilder und Videos auf einem 2D-Monitor zu betrachten, bewegt man sich im Metaversum durch künstliche 3D-Welten. Diese Welten sind persistent, das heißt, wenn man dort etwas manipuliert, verändert das die Welt auch für alle anderen Nutzer.

Wenn Sie jetzt denken, dass es das doch alles schon vor Jahren bei Second Life gab: Richtig. Der Unterschied ist, dass die künstlichen Welten mit VR- oder AR-Headsets begehbar sind und miteinander verknüpft werden sollen. Die getrennten (Spiele-)Universen sollen eben zu einem Metaversum verschmelzen. Konkrete, übergreifende Software, die ein Metaverse darstellen könnte, hat Meta allerdings noch ebenso wenig im Programm wie die anderen großen Player in diesem Bereich, etwa Microsoft oder Tencent.

Ein Stück vom erhofften Kuchen will allerdings jeder haben, zum Beispiel,

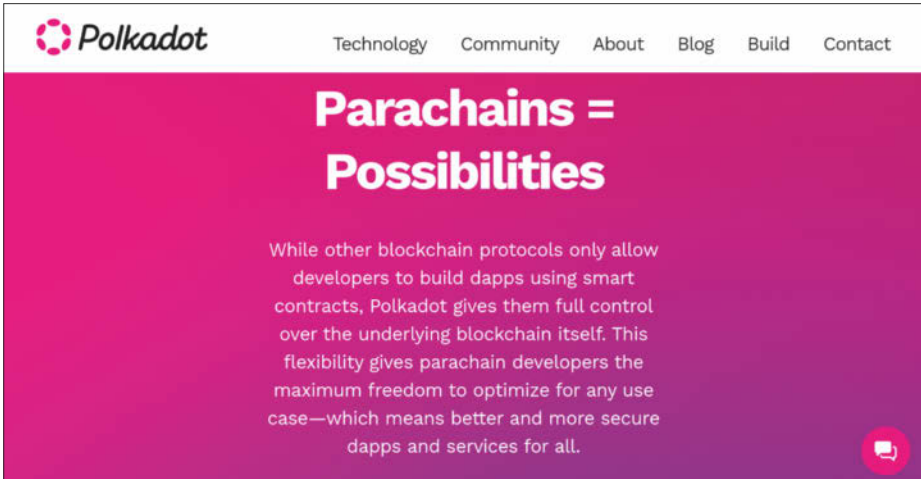
indem man die Infrastruktur für virtuelle Marktplätze im Metaversum liefert und bei jeder Transaktion mitverdient. Start-ups und Nutzer in freudiger Erwartung des Metaverse verknüpfen es hingegen spätestens hier mit dem Web3: Blockchains und NFTs sollen die Zahlungsströme und Besitzverhältnisse regeln und die Gängeleien von App-Store-Gebühren und DRM-Willkür abschaffen.

Sicher ist jedenfalls: Der Goldrausch auf Metaversum und Web3 hat begonnen und jeder hat eine eigene Idee, wie es aussehen soll, was es leisten kann und wie er daran verdienen wird. Das ist sie, die aktuelle Lage 2022: Während überall auf der Welt, vor allem aber in Europa, neue Regeln für die Web2-Akteure entstehen, arbeiten dieselben Akteure bereits an der Transformation zum Web3. Vorschriften für den Umbau folgen dann wohl wieder Jahre nach dessen Abschluss.

(syt@ct.de) 

Literatur

- [1] European Parliament, Legislative train schedule: <https://heise.de/s/AJLZ>
- [2] Holger Bleich, Der ganz große Aufschlag, Wie die EU-Kommission Facebook, Google & Co. bändigen will, c't 2/2021, S. 12
- [3] Torsten Kleinz, Klicken Sie hier!!!, Dark Patterns: Wenn die Website Sie manipuliert, c't 1/2022, S. 136
- [4] Holger Bleich, Gegen das Gatekeeping, EU-Parlament schärft den DMA-Entwurf nach, c't 2/2022, S. 30
- [5] Sylvester Tremmel, Freundesmatrix, Mit Matrix einen eigenen Messaging-Dienst betreiben, c't 26/2021, S. 158
- [6] Sylvester Tremmel, Verträge im Äther, Eine Einführung in die Ethereum-Blockchain, c't 10/2022, S. 122
- [7] Web3 Foundation, Web 3.0 Technology Stack: <https://web3.foundation/about/>



Polkadot Technology Community About Blog Build Contact

Parachains = Possibilities

While other blockchain protocols only allow developers to build dapps using smart contracts, Polkadot gives them full control over the underlying blockchain itself. This flexibility gives parachain developers the maximum freedom to optimize for any use case—which means better and more secure dapps and services for all.

Bild: Web3 Foundation

Unendliche Möglichkeiten: Polkadot ist ein „Metaprotokoll“, auf dem Blockchains und letztlich das Web3 aufbauen sollen.

Neue alte Hüte

2022 an der Security-Front

Auf welche Angriffe und Probleme wir uns 2022 genau einstellen müssen, kann niemand voraussehen. Was nach Emotet und der Log4j-Lücke kommt, weiß keiner. Gerade Unternehmen sollten aber nicht untätig abwarten und sich unvorbereitet überraschen lassen.

Von Jan Mahn

Gern würden wir Ihnen auf dieser Seite einen Kalender abdrucken, der Ihnen verrät, wann Sie mit welchen Sicherheitsproblemen im Jahr 2022 rechnen müssen. Doch so einfach ist es freilich nicht. Da eine Glaskugel nicht zur Hand ist, versuchen wir, die Bedeutung der Probleme aus der Vergangenheit für die Zukunft einzuordnen. Um Trends in der IT-Security auszumachen, kann ein Blick auf das helfen, was Hersteller von Sicherheitsprodukten als solche ausgemacht haben.

Einig sind sich fast alle, dass digitale Erpressung mit Verschlüsselungstrojanern nicht so schnell ausstirbt – dafür ist das kriminelle Geschäftsmodell einfach zu lukrativ. Als neues Einfallstor könnten sich die sogenannten Lieferkettenangriffe etablieren. Angreifer übernehmen dafür Kontrolle über die Systeme von Softwareanbietern, die zum Beispiel Fernwartungssoftware herstellen. Schaffen sie es, viel genutzte Software zu kontaminieren, können sie sich darüber in Netzen von Firmen ausbreiten. Auch noch so ausgefeilte Schutzmaßnahmen helfen nicht zu 100 Prozent – als letzte Reserve sollte jedes Unternehmen ein wirkliches Offline-Backup haben.

Fragt man die Anbieter von Zero-Trust-Produkten, sagen sie natürlich, „Zero Trust“ sei die Lösung aller Probleme in großen Netzwerken. Die Idee: Statt sich wie früher Richtung Außenwelt mit einer Firewall abzuschotten und das interne Netzwerk als sichere Insel zu betrachten, rechnet man überall mit dem Übel und gibt sich nicht der Illusion hin, dass die PCs im eigenen Netzwerk per se unschädlich seien. Jede Anfrage an einen Server muss stets kritisch untersucht und

authentifiziert sein, ob sie nun aus dem Internet, dem eigenen Netz oder von einem PC aus dem VPN kommt. Seit der Wiederauferstehung von Emotet und Heimarbeit allerorten ist diese Zero-Trust-Idee nicht verkehrt. Wenn Dutzende Mitarbeiter auch ihre Privatgeräte per VPN ins Firmennetz bringen, darf man keinem Client mehr blind vertrauen. Um Zero Trust sinnvoll umzusetzen, braucht es aber erfahrenes Personal vor Ort, das gerade kleinen Unternehmen fehlt – Arztpraxen haben keinen Vollzeit-Admin.

Zero Trust ist nicht der einzige Trend, der von Herstellern zu einem solchen ernannt wird. Von DDoS-Abwehranbietern stapeln sich Stellungnahmen und Ergebnisse von Umfragen mit Unternehmen in unseren Postfächern. Glaubt man ihnen, schwappe eine DDoS-Welle (Distributed Denial of Service) über die Unternehmens-IT. Wie man es auch dreht: In die Zukunft blicken können auch die Security-Anbieter nicht und die Vergangenheit hat gezeigt, dass jede große Angriffswelle und jedes neue Problem überraschend kamen. Überrascht haben auch Heartbleed, Meltdown & Spectre oder zuletzt die leicht auszunutzende Schwäche von Log4j.

Probleme mit Softwareabhängigkeiten werden weiter im Fokus bleiben, Log4j war sicher nicht das letzte Problem seiner Art. Der Fall wird Sicherheitsforscher und Angreifer animieren, nach verwandten Problemen in anderen Softwarebibliotheken zu fahnden, auf denen große Teile unserer alltäglich genutzten Infrastruktur aufbauen. Ein Trend für 2022, der daraus für Admins und Entwickler folgen könnte: soweit möglich den eigenen Softwarezoo inventarisieren (zum Beispiel in einem sogenannten „Software Bill of Materials“), von der zentralen Geschäftsanwendung bis zur letzten IoT-Glühlampe.

Sicherheitsinventur

Wer als IT-Verantwortlicher ein Inventarverzeichnis mit allen genutzten Anwendungen und darin verbauten Bibliotheken hat, kann schneller auf neue Alarmmeldungen reagieren und entspannter schlafen. Ganz perfekt wäre ein solches Verzeichnis erst, wenn auch alle Anbieter proprietärer Software mitspielen würden und verriet, was genau sie in welcher Version einsetzen. Aber auch ohne Perfektion ist eine solche Inventur nicht verkehrt: Beim Bekanntwerden der Log4j-Probleme wäre mancher Admin schon froh über eine Liste aller Anwendungen gewesen, die auf Java basieren.

Blieben wird auch der Trend zur Heimarbeit. Und zu Hause, so zumindest eine durchaus plausible These, sei die Anfälligkeit für Phishing größer als im Büro. Zwischen Kindergeschrei und Wäscheständer sei mancher Heimarbeiter anfälliger für Anrufe vermeintlicher Chefs, die angeblich die Daten fürs Onlinebanking verlegt hätten, oder für gut gemachte Phishing-Mails. Ob an der These nun was dran ist oder nicht, sogenannte Awareness-Schulungen, in denen Mitarbeiter von den Tücken des Phishings erfahren, schaden auch 2022 weder im Heim- noch im klassischen Büro.

Auf eine wirkliche Entspannung im Security-Bereich sollte auch in diesem Jahr niemand hoffen – positive Signale gibt es immerhin mal aus der Politik. Auf Seite 16 im Koalitionsvertrag findet sich ein Satz, den man als Absage auf die innenpolitischen Ideen der Ära Seehofer verstehen kann: „Wir führen ein Recht auf Verschlüsselung, ein wirksames Schwachstellenmanagement, mit dem Ziel Sicherheitslücken zu schließen, und die Vorgaben ‚security-by-design/default‘ ein.“ (jam@ct.de) **ct**

Koalitionsvertrag: [ct.de/ydtt](https://www.bundesregierung.de/koalitionsvertrag)



Bild: Andreas Martini

Von den alten Römern bis zur Gegenwart – **ALL ABOUT HISTORY!**



Tauchen Sie ein in vergangene Zeiten:

All About History beleuchtet alle zwei Monate die großen Epochen und Ereignisse der Weltgeschichte und gräbt alte Schätze aus. Erfahren Sie alles über die verschiedenen Zeitalter von der Antike bis zur Gegenwart, die unsere Welt geprägt haben.

NEU
bei eMedia



**35%
RABATT**

Kennenlern-Angebot: 2 Ausgaben testen

- 2 aktuelle Ausgaben als Heft
- 35 % Kennenlern-Rabatt
- 3 Tage vor dem Handel erhältlich
- erscheint 6 x im Jahr

Jetzt bestellen:

www.emedia.de/history-mini

Auf ins Neuland

Der „Digitale Aufbruch“ der neuen Regierung

Schnelles Netz für alle, eine offenere Verwaltung, weniger Überwachung: Die Ampel-Koalition hat sich eine anspruchsvolle digitalpolitische Agenda auferlegt. Unsere Analyse zeigt, wer in der neuen Regierung für welche Themen zuständig ist und wo die Schwerpunkte liegen.



Bild: Andreas Martini

Von Jo Bager

Die neue Regierung will „mehr Fortschritt wagen“ – und die Digitalpolitik nimmt im Koalitionsvertrag viel Raum ein. Dazu wurden die Zuständigkeiten neu geordnet. Der Posten der bisherigen Digitalstaatsministerin Dorothee Bär (CSU) fällt weg. Ein eigenes Digitalministerium gibt es ebenfalls nicht.

Bundeskanzler Olaf Scholz (SPD) hat dem Verkehrsministerium zusätzliche Digitalkompetenzen zugewiesen, es heißt jetzt „Bundesministerium für Digitales und Verkehr“ (BMDV). Minister Volker Wissing (FDP) verantwortet nun „operative Vorhaben der Digitalpolitik“. Sein Ministerium soll über ein neu zu schaffendes Digitalbudget entscheiden.

Als Aufseher über die Bundesnetzagentur gehört es zu Wissings Aufgaben, die Anfang Dezember in Kraft getretene Novelle des Telekommunikationsgesetzes umzusetzen, die ein Recht auf schnelles Internet für jeden Bundesbürger fest schreibt. Schlanke digitale Antrags- und Genehmigungsverfahren, die Normierung alternativer Verlegetechniken und der Aufbau eines bundesweiten Gigabit-Grundbuchs sollen den Infrastrukturausbau beschleunigen. Schon am 1. Juni hat jeder Bundesbürger ein Recht auf schnelles Internet. Die Bundesnetzagentur ermittelt derzeit, was „schnell“ eigentlich bedeutet.

Viel Digitales im Innenministerium

Dass nun ein Ministerium das Digitale im Titel trägt, bedeutet aber nicht, dass alle einschlägigen Kompetenzen bei ihm gebündelt sind. Im Gegenteil: Etliche Auf-

gaben verteilen sich auf andere Ressorts. Die Digitalisierung der Verwaltung etwa verbleibt beim Innenministerium. Innenministerin Nancy Faeser (SPD) erklärte, sie wolle in den ersten hundert Tagen eine Bestandsaufnahme machen.

2017 hatten sich Bund und Länder im sogenannten Onlinezugangsgesetz verpflichtet, ihre Verwaltungsleistungen bis Ende 2022 zu digitalisieren. Dieses Ziel wird nicht fristgerecht erreicht, das ist heute bereits abzusehen. Laut Ernst Bürger, dem zuständigen Abteilungsleiter im Bundesinnenministerium, hat der Bund über 90 seiner insgesamt 115 Verwaltungsleistungen digitalisiert. Für 460 Verfahren



Bild: Bernd von Jutrczenka (dpa)

Volker Wissing (FDP), der „Bundesminister für Digitales und Verkehr“, sieht Digitalisierung als „Booster für die Wirtschaft, erst recht für die Verwaltung“.

seien allerdings die Länder und Kommunen zuständig. Aus diesem Bereich seien bislang erst 50 Referenzimplementierungen online.

Bei öffentlichen IT-Projekten will die neue Regierung offene Standards fest vorsehen. Entwicklungsaufträge will sie in der Regel als Open Source beauftragen und die entsprechende Software grundsätzlich öffentlich machen. Das klingt im Vergleich zur bisherigen Praxis schon fast revolutionär.

Beim Thema Cloud will sich die Regierung zudem anscheinend von einzelnen Anbietern unabhängiger machen. Eine Cloud für die öffentliche Verwaltung soll auf Basis einer „Multi-Cloud-Strategie“ und offenen Schnittstellen entstehen.

Die Zuständigkeit für Cybersicherheitsthemen verbleibt ebenfalls im Innenministerium. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) soll laut Koalitionsvertrag „unabhängiger“ und als zentrale Stelle im Bereich IT-Sicherheit ausgebaut werden. Das technische Hilfswerk soll seine Kompetenzen in der Cyberhilfe erweitern.

Weniger Überwachung

Justizminister Marco Buschmann (FDP) hat angekündigt, die anlasslose Vorratsdatenspeicherung endgültig streichen zu wollen, die derzeit aufgrund von Entscheidungen von Verwaltungsgerichten ausgesetzt ist. „Wenn jeder damit rechnen muss, dass vieles über seine Kommunikation ohne Anlass gespeichert wird, dann fühlt sich niemand mehr frei“, so Buschmann. Er plädiert stattdessen für das Quick-Freeze-Verfahren, bei dem Provider Verbindungs- und Standortdaten auf Betreiben von Strafverfolgern „einfrieren“ müssten.

Die neue Regierung will zudem die Kontrollmöglichkeiten und Eingriffsschwellen für den Einsatz von Staatstrojanern erhöhen und an die Vorgaben des Bundesverfassungsgerichts für die Onlinedurchsuchung anpassen. Im neuen Bundespolizeigesetz sollen Staatstrojaner nicht vorkommen.

Buschmann will gemeinsam mit Faeser eine Evaluierung aller den Behörden zur Verfügung stehenden Überwachungsmaßnahmen auf den Weg bringen: die Überwachungsgesamtrechnung. Sie geht auf das Bundesverfassungsgericht zurück. Es erkannte schon im Jahr 2010, dass für die verfassungsrechtliche Bewertung von Überwachungsmaßnahmen eine isolierte Betrachtung der jeweiligen Einzelregelung zu Datenspeicherung oder Datenzugriff nicht genügt. Die Regierungen haben sich bisher aber um eine Gesamtschau der Überwachungsmaßnahmen und oftmals sogar um Details zu Einzelmaßnahmen gedrückt. Die Überwachungsgesamtrechnung verspricht hier erstmals Transparenz.

Das Gesetzgebungsverfahren soll insgesamt digitaler werden. Man will „betroffene Kreise aus der Gesellschaft [...] besser einbinden“, ein digitales Gesetzgebungsportal schaffen und öffentliche Kommentierungsmöglichkeiten erproben. Das BMDV soll außerdem neue Gesetze einem Digitalisierungsscheck unterziehen. Was genau das bedeutet, ist aber noch unklar.

Querschnittsthema Digitalisierung

Über die drei großen Felder Internetzugang, Digitalisierung der Verwaltung sowie die Kontrolle und den Abbau von Überwachung hinaus soll Digitalisierung quer durch alle Ressorts eine wichtige Rolle spielen. Jens Spahn (CDU) etwa hat seinem Nachfolger auf dem Posten des Gesundheitsministers, Karl Lauterbach (SPD), etliche hektisch zusammengezimmerter Projekte hinterlassen. Dessen Aufgabe wird wohl zunächst darin bestehen, Tempo herauszunehmen, um den Schaden zu begrenzen. Die elektronische Patientenakte zum Beispiel, die eigentlich am 1.1.2022 hätte starten sollen, wird nun erst einmal weiter getestet. Ein neuer Starttermin steht noch nicht fest.

Die neue Regierung will digitale Startups und Innovationen fördern, etwa durch eigene Spätphasenfinanzierungen. Zugleich will sie Deutschland attraktiver für Risikokapitalgeber machen. Im gesamten

Zu den Aufgaben von Innenministerin Nancy Faeser (SPD) gehört die Digitalisierung der Verwaltung.



Bild: Jörg Carstensen (dpa)

Koalitionsvertrag finden sich Felder aus der digitalen Wirtschaft, in die sie investieren oder die sie anderweitig fördern will: Künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, Cybersicherheit, Distributed-Ledger-Technologie, GovTech, EduTech, Fintech et cetera pp.

Etlchen großen Problemen im Wirtschaftssektor, etwa der Abhängigkeit auf dem Chipmarkt und der zunehmenden Marktverzerrung durch große Plattformbetreiber, will die Ampel auf europäischer Ebene begegnen (siehe S. 82). So setzt sie sich bei der Plattformregulierung für „ambitionierte Regelungen des Digital Markets Act (DMA) ein, die nicht hinter bestehende nationale Regeln zurückfallen dürfen“. Die Koalition unterstützt europäische Wasserstoff- und Batterieprojekte im Rahmen der Important Projects of Common European Interest sowie die Förderung der Chip-Produktion im Rahmen des EU Chips Act (siehe S. 92).

Finanziert werden sollen die Digitalisierungsmaßnahmen zum Teil mit Mitteln aus einem noch im Dezember 2021 beschlossenen Nachtragshaushalt. Er sieht vor, dass ungenutzte Kreditermächtigungen in Höhe von 60 Milliarden Euro, die für die Pandemiebekämpfung gedacht waren, unter anderem in Investitionen zur Transformation der Wirtschaft fließen. Die Union hat Zweifel an der Verfassungsmäßigkeit des Nachtragshaushalts und hat eine Normenkontrollklage beim Verfassungsgericht angekündigt.

Fazit

Neuland ahoi: Schon im ersten Jahr der Ampel wird es eine Art Grundrecht auf Internetzugang geben. Das ist ebenso überfällig wie der digitale Ausbau der Ver-

waltung. Die Koalitionäre setzen dabei auf offene Standards und Open Source – gut so, öffentlich finanzierter Code kommt so der Allgemeinheit zugute. Zu begrüßen ist ebenso, dass die Regierung bei den eilig hingepfuschten Gesetzen zur Digitalisierung des Gesundheitssystems den Fuß vom Gas nimmt und den Ausbau gründlicher prüfen will.

Zudem zeichnet sich ab, dass die neue Regierung Überwachung zurücknimmt, statt immer wieder zu erweitern, wie es die Vorgängerregierungen gemacht haben. Dieses und viele weitere Vorhaben der Ampelkoalition gehen in die richtige Richtung. Allerdings bleibt sie bei vielen ihrer vollmundigen Ankündigungen aus dem Koalitionsvertrag noch wichtige Details schuldig, wie sie diese in die Praxis umsetzen will. Ambitionierte IT-Förderprogramme etwa könnten schon deshalb ihre Wirkung nicht in gewünschtem Maße entfalten, weil derzeit das Fachpersonal fehlt, um sie umzusetzen.

Dass die Verantwortlichkeit für die Digitalisierung nicht in einem Ministerium gebündelt wurde, ist richtig: Dieses Thema berührt viele Themen der Gesellschaft, und das muss sich auch in der Regierungsarbeit widerspiegeln. Die Aufgabenverteilung zwischen den Ressorts birgt allerdings das Risiko, dass sich die Koalitionäre mit Kompetenzstreitigkeiten verzetteln könnten. Insbesondere der neue Digitalminister Wissing kann mit seinen Zuständigkeiten für die Finanzierung, operative Vorhaben der Digitalpolitik sowie dem Digitalcheck für neue Gesetze anderen Kollegen dazwischenfunken.

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

Koalitionsvertrag: [ct.de/yy7y](https://www.bundesregierung.de/ct-de/yy7y)

Greenwishing

Wie IT zur Rettung des Klimas beitragen kann

Bits und Bytes gestalten die Welt nicht nachhaltiger, sondern physische Fortschritte sind nötig: beispielsweise weniger Autos, mehr Busse und Bahnen, besserer Beton, mehr regenerative Kraftwerke. Immerhin helfen Computer dabei, diese Ziele zu erreichen.



Bild: Andreas Martini

Von Jörg Wirtgen

Bevor die IT zur Klimaretterung beitragen kann, verschärft sie erst einmal die Krise, denn Rechenzentren benötigen Strom und Kühlung, die Produktion neuer Computer verschlingt Rohstoffe und bringt komplexe globale Lieferketten hervor.

Weil genügend Menschen Bitcoins für nützlich halten, gingen dafür voriges Jahr 300 TWh Strom drauf, wie die Universität Cambridge schätzt, und die Kryptowährungsindustrie zieht mit ihren Millionen von Spezialchips in die Länder mit dem niedrigsten Strompreis. Immer mehr Länder verbieten das Kryptomining, einige wie Iran und Kosovo vorrangig aufgrund von Energieproblemen, andere aber vermutlich auch aus Angst vor einer nicht staatlich kontrollierbaren Währung – dem eigentlichen Zweck der Kryptowährungen. Nachhaltigkeit sieht anders aus – und auch Proof-of-Stake-Kryptowährungen dürften mit Blick aufs Klima eher Teil des Problems als der Lösung bleiben. Das sieht inzwischen auch die Mozilla Foundation so und überlegt, ob die Annahme von Spenden per Kryptogeld noch zu den Klimazielen der Organisation passen.

Nützlicher hingegen machen sich Rechenzentren und Supercomputer in der Forschung, beispielsweise der Fusions- oder Klimaforschung. Das Deutsche Klimarechenzentrum DKRZ – gegründet vom Klimaforscher Klaus Hasselmann, der voriges Jahr für seine Arbeiten an der Klimadynamik den Nobelpreis für Physik bekommen hat – will im Januar die finale Ausbaustufe des Supercomputers HLRE-4 „Levante“ aus 3000 Rechnerknoten mit je

80 GByte Speicher und insgesamt 350.000 Prozessorkernen in Betrieb nehmen [1]. Die 1,5 Megawatt, die das Rechenzentrum verschlingt, beziehen die Forscher als CO₂-neutralen Strom und arbeiten mit einer „möglichst energieeffizienten“ Kühlanlage. Levante soll globale Klimamodelle mit Rasterweiten von 80 bis 100 Kilometern berechnen, aber auch praktische Daten für regionale Entscheidungen liefern.

Diese Supercomputer stoßen allerdings an ihre Grenzen, wenn sie Wolken besser als nur „parametrisiert“ berechnen wollen [2]. Der Klimaforscher Tapio Schneider vom California Institute of Technology schätzt die zur physikalisch realistischen Simulation von Wolken benötigte Rechenleistung so hoch ein, dass sie, selbst wenn Moores Law weiter gelten würde, „frühestens etwa 2060“ erreicht würde, da mit einer feineren räumlichen Auflösung auch die zeitliche Auflösung steigen muss – die Wolken durchqueren die kleineren Raster nun mal schneller. Helfen sollen unter anderem die KI-Algorithmen, an denen Schneider forscht [2]. DKRZ-Geschäftsführer Michael Böttinger sieht „Levante“ dank seiner GPUs jedenfalls gut fürs Machine Learning vorbereitet.

Wetterauswerter

Auch die kurzfristigeren Wettervorhersagen gewinnen weiter an Präzision, nachdem sie zu Anfang der Corona-Pandemie schlechter wurden, weil aufgrund der vielen eingestellten Flüge wichtige Sensordaten der Flugzeuge fehlten. Inzwischen schließen zusätzliche Wetterballons, Forschungsflüge, neue Satellitendaten, die wieder steigende Zahl an Flügen und verbesserte IT die Lücke. In kleinem Maße kommen die Vorhersagen direkt dem Klima zugute, beispielsweise

wenn zögerliche Schönwetterradler dann doch ihr Auto stehen lassen.

Im Smart Home könnten Wetterprognosen zum Einsatz kommen, etwa um Heizungsanlagen vorausschauender zu steuern. Doch eine Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) und von CO₂online im Auftrag des Umweltbundesamts kam zu ernüchternden Ergebnissen: Smart Meter, smart gesteuerte Heizungsanlagen und Ähnliches bringen kleine Vorteile, wirken aber lange nicht so effizient wie eine energetische Sanierung [3].

Einen größeren Einfluss haben die Wetterdaten und viele andere IT-Aspekte – Drohnen etwa – beim „Precision Farming“, der IT-unterstützten Landwirtschaft. Auch hier stehen Effizienzsteigerung und Kostenersparnis im Vordergrund, doch viele Lösungen wirken zusätzlich nachhaltig, etwa wenn Düngemittel präziser ausgebracht wird; leichte Roboter sollen Unkraut zupfen, sodass weniger Pestizide notwendig sind und der Boden weniger verdichtet wird – nicht alle dieser Produkte werden allerdings von den Landwirten angenommen [4]. Teils etablieren sich spezialisierte Dienstleister beispielsweise für Drohnenflüge, die zusätzlich den Landwirten einen Drohnenführerschein ersparen. Problematisch bleiben aber die Kosten: In einer Studie der Georg-August-Universität Göttingen unter 267 Landwirten setzten zwar 70 Prozent schon solche Techniken ein, aber die weitaus meisten Betriebe davon sind größer als 100 ha – für die Durchschnittsgröße von 62,5 ha sind die Anschaffungskosten zu hoch.

Städte und Verkehr

Noch langsamer geht es bei der Smart City voran, auch weil sich darin hauptsächlich

Tech-Firmen versuchen, die bisher vor allem darin gut waren, eigene Märkte zu schaffen. Sie verstehen aber die komplexen Bedürfnisse der Städte nicht – und scheitern weitgehend [5]. Viele Erfolge im smarten Stadtleben gibt es hingegen, wenn alle Beteiligten – ausführende Firmen, Stadtverwaltungen, anwendende Institutionen – im engen Kontakt stehen [6]. So vielfältig wie die Projekte sind auch ihre Zielsetzungen: Kostenersparnis, Effizienzsteigerung, Wirtschaftsförderung, Service für Bürger und manchmal auch Klimaschutz, direkt oder indirekt.

Ein kräftiger Hebel des Klimaschutzes ist die Verkehrswende. Ein Teil davon sind die E-Autos, bei denen Angebot und Nachfrage steil steigen. Die Infrastruktur zum elektrischen Aufladen hingegen kommt, verheddert zwischen den Akteuren, weniger gut voran. Die Wallbox-Förderung der KfW ist ausgeschöpft, die gut gemeinte Bestimmung, dass öffentliche Ladestationen einen Kartenleser benötigen, verkomplizieren die Ansätze, ihre Zahlungssysteme zu vereinheitlichen. In vollgeparkten Wohngebieten verschlimmern einerseits E-Säulen das Parkplatzproblem, andererseits blockieren nicht ladende E-Autos genau diese Ladeplätze, auch weil nicht erwartbar ist, dass die Besitzer sie nachts nach dem Vollladen wegfahren.

Einige Tankstellenbetreiber, vielleicht die nächstliegenden Anbieter von Ladestrom, ziehen zwar mit – Aral und Shell haben beispielsweise schon vor Jahren E-Lade-Unternehmen gekauft –, aber begründen nun den zögerlichen Ausbau unter anderem damit, dass die Ämter ihre Bauanträge für Überdachungen verschleppen – die E-Ladesäulen müssen einen Sicherheitsabstand zu den bisherigen Säulen einhalten, sodass die bestehenden Tankstellendächer sie nicht überdachen. Shell will 2025 weltweit 500.000 Ladestationen installiert haben, bei BP und der Tochter Aral sollen es 70.000 dann aber schnell ladende Stationen werden. Gerade durchs Schnellladen sei BP inzwischen kurz davor, an einer Elektroladung mehr zu verdienen als an einer klassischen Tankfüllung.

Im Stau und beim Parken benötigt ein E-Auto den gleichen Platz wie ein Verbrenner – zu einer echten Verkehrswende gehört also eine Reduzierung des Autoverkehrs. Die Miet-E-Roller werden trotz komfortabler Buchung per App dazu nicht beitragen, wie eine Studie der Eidgenös-

sischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich herausgefunden hat. Nur zwölf Prozent der Fahrten ersetzen eine Autofahrt, haben die Forscher herausgefunden, die übrigen ersetzen zu Fuß, per Rad oder per ÖPNV zurückgelegte Wege [7]. Besser gegen Platznot und Stau helfen private E-Roller, E-Bikes und klassische Fahrräder – und der öffentliche Nahverkehr.

Der ÖPNV profitiert eher von moderner IT. Noch nicht durch selbstfahrende Busse, um das Netz in ländlichen Gebieten spürbar zu verbessern, das dürfte Jahre dauern. Aber die anonymisierten Bewegungsdaten der Fahrgäste helfen, Linienführung und Taktung den Bedürfnissen anzupassen – mal zum Kundennutzen, mal zu Kosteneinsparungen [8].

Gar nicht ohne IT geht es in einem anderen Bereich des Klimawandels. Die Umbauten der Stromerzeugung und Stromverteilung auf regenerative Quellen verlangen eine spezielle IT-gestützte Synchronisierung von Angebot und Nachfrage beispielsweise durch virtuelle Kraftwerke oder flexible Stromtarife beispielsweise von Awattar [9], gerade erst von Smart-Home-Spezialisten Tado aufgekauft. In anderen Bereichen wiederum spielt die IT keine große Rolle, beispielsweise der Erforschung neuer Baustoffe [10] oder dem Einsatz von Wasserstoff in der Industrie [11]. Eher sind Chemie und Physik gefragt – und der Wille zu mehr Flexibilität und Umdenken.

Fazit

Mehr Flexibilität – dann bekommen auch andere Entwicklungen der IT einen indirekten Einfluss aufs Klima: Die verbesserte Technik ermöglicht mehr Home Office oder zumindest Pendlerstrecken reduzierende Work Spaces, die Pandemie zwingt die Firmen zum Umdenken – und schon

sinken die Emissionen durchs Pendeln. Der Chipmangel (siehe nächste Seite) fördert den Gebrauchtmärkte und verlängert die Lebensdauer vorhandener Geräte.

Von den Anbietern geht diesbezüglich wenig Initiative aus, Verkaufszahlen stehen offenbar weiter im Mittelpunkt – das gerade mit dem Blauen Engel ausgezeichnete Fairphone 4 bleibt eine der wenigen Ausnahmen. Offenbar müssen die Gesetzgeber ran: verschärfte Ökolabels, Recht auf Reparatur, Pflicht zu längeren Updates – die meisten Hersteller vermarkten diese Eigenschaften erst dann als Vorteil, wenn sie sowieso zur Umsetzung gezwungen werden. Die IT als Ganzes bleibt sowohl Teil des Problems als auch Teil der Lösung – den Trend dahinter gestalten wir Menschen mit unseren Handlungen undhaltungen. (jow@ct.de) 

Literatur

- [1] Arne Grävmeyer, Wie heiß wirds? Das Deutsche Klimarechenzentrum simuliert die Zukunft der Erde, c't 26/2021, S. 136
- [2] Wolfgang Stieler, Modelle auf dünnem Eis, MIT Technology Review 7/2021, S. 36
- [3] Studie: Digitalisierung kann Klimaschutzmaßnahmen ergänzen, nicht ersetzen, heise online vom 6.1.2022
- [4] Arne Grävmeyer, Elektronische Erntehelfer, Flugdrohnen und fahrende Roboter ackern, c't 26/2019, S. 120
- [5] Jennifer Clark, Gregor Honsel, Falsch verdrahtet, MIT Technology Review 6/2021, S. 34
- [6] Gregor Honsel, Diese deutschen Städte gehen voran, MIT Technology Review 6/2021, S. 36
- [7] Sören Götz, Aktuell schaden geteilte E-Scooter unterm Strich dem Klima, Zeit Online vom 10.1.2022
- [8] John Surico, Gregor Honsel, Update für die Öffis, MIT Technology Review 7/2021, S. 92
- [9] Jahn Mahn, Zählerwanderung, Smarte Stromzähler, Online-Auswertung und neue Tarife, c't 25/2021, S. 26
- [10] Gregor Honsel, Die wunderbare Welt des Betons, MIT Technology Review 5/2021, S. 82
- [11] Gregor Honsel, Ammoniak statt Wasserstoff, MIT Technology Review 5/2021, S. 98

E- statt Verbrenner-Autos, Wallboxen und private PV, genauere Klimamodelle, bedarfsgerechtere ÖPNV – jedes einzelne Puzzlestück der Klimawende ist notwendig, kaum eines kommt ohne IT aus.



Chipkrise

Der Halbleitermangel dauert an

Seit Mitte 2020 sind Chips knapp, was drastische Auswirkungen auf mehrere Wirtschaftsbranchen hat. Wir erklären, wie sich Gerätehersteller behelfen und wie die Chipversorgung künftig verbessert werden soll.

Von Christof Windeck

Wenige Monate nach dem Ausbruch der Coronapandemie zeichnete sich eine nie dagewesene Knappheit an Halbleiterbauelementen ab. Diese Chipkrise dauert auch 2022 weiter an, nur in Teilbereichen erwarten Experten spürbare Verbesserungen. Einige Hersteller bekämpfen den Chipmangel mit Änderungen an ihren Produkten. Privatleute nutzen manches alte Gerät länger als geplant, reparieren es oder rüsten es auf. Viele Länder und Regionen wie die EU fördern die Chip-Branche. Das hilft aber erst langfristig und bringt neue Risiken.

Krisenbeginn

Der in Umfang und Dauer bisher einmalige Mangel an Halbleiterbauelementen hat viele Ursachen. Darüber hatten wir in [1] ausführlich berichtet, daher hier das Wichtigste im Schnelldurchlauf: In eine Phase sehr hoher Chipnachfrage Anfang 2020, in der bereits Engpässe absehbar waren, knallte die Coronapandemie. Sie verursachte Verwerfungen in der Produktion, in der Nachfrage sowie entlang der gesamten Lieferkette.

Die Chiphersteller fertigen nicht etwa weniger Bauteile als zuvor, sondern deutlich mehr – trotzdem reicht es nicht. Chipfirmen verdienen sich derzeit goldene Nasen: 2021 wurden mehr Chips produziert als je zuvor und die Preise gingen wegen der Knappheit auch noch hoch. Firmen wie AMD und Nvidia steigerten ihre Umsätze in manchen Quartalen um mehr als 50 Prozent im Jahresvergleich.

Eine rasch veränderte Nachfrage ist bei Halbleiterbauelementen kritisch, weil deren Fertigung lange dauert, nämlich

selbst im Idealfall mehrere Monate. Die Branche kann also nur sehr träge reagieren und komplett abverkaufte Ware nicht kurzfristig nachliefern. Die Fertigung eines bestimmten Chiptyps lässt sich nur aufwendig auf andere Firmen verlagern, falls überhaupt; selbst dann kann es Monate dauern und Millionen kosten.

Doch weil fast alle Hersteller an der Auslastungsgrenze arbeiten, gibt es ohnehin kaum Reservekapazität. Außerdem existiert eine riesige Fülle an unterschiedlichen Chips, die ganz verschiedene Herstellungsverfahren benötigen: Speicherchips wie DRAM und Flash andere als Prozessoren, LEDs und Laserdioden andere als Leistungstransistoren, Funk-ICs (WLAN, Bluetooth, LTE- und 5G-Modems) andere als Mikrosysteme (MEMS-Sensoren) und so weiter. Und schließlich sind auch Vorprodukte für die Chipfertigung knapp und haben lange Produktionszyklen, etwa spezielle Isoliermaterialien für Chipgehäuse. Manches Halbleiterwerk (im Jargon „Fab“ genannt) hat bis zu 15.000 Zulieferer: ein hochkomplexes System aus Abhängigkeiten.



Sony kann die Playstation 5 (PS5) auch 14 Monate nach dem Verkaufsstart nicht in ausreichenden Stückzahlen liefern; eBay-Händler verkaufen sie mit hohen Aufschlägen.



Bild: Andreas Martini

Mal hier, mal dort

Chips sind aus verschiedenen Gründen knapp. Die Nachfrage nach Grafikkarten explodierte wegen der hohen Kurse von Kryptowährungen wie Ethereum, die sich damit „errechnen“ lassen (Mining). Spielkonsolen und Notebooks waren gefragt wie selten zuvor, weil die Menschen coronabedingt zu Hause hockten und weniger Geld für Urlaubsreisen ausgaben. Auto-Chips sind ausverkauft, weil Automobilfirmen im Frühjahr 2020 Aufträge an Zulieferer stornierten und sich der Bedarf wandelt, unter anderem durch E-Autos.

Ganz unterschiedliche Chips sind knapp: einerseits teure Grafikprozessoren (GPU) von AMD und Nvidia aus modernsten Fertigungsprozessen, andererseits 1-Euro-Mikrocontroller, die mit Technik produziert werden, die es schon seit 15 Jahren gibt. Da viele Geräte zahlreiche unterschiedliche Chips benötigen, kommt es zu bizarren Effekten: So erwartet man sinkende Preise für DRAM- und Flash-Speicherchips, weil weniger PCs und Notebooks als erhofft gebaut werden können, für die wiederum andere Bauteile fehlen. Für DDR5-Speichermodule gibt es beispielsweise zwar genügend Speicherchips, aber es fehlt der vergleichsweise winzige Controller für die ebenfalls nötigen Spannungswandler. Lieferwagen von Mercedes, bei denen ein simpler Chip für die Türsteuerung nicht zu bekommen war, standen zu Hunderten unfertig auf Parkplätzen herum.

Schon wenn ein einziger unersetzlicher Chip fehlt, kann das komplette Produkt nicht ausgeliefert werden. Solche Zusammenhänge erschweren Prognosen. Auch die Produktion in Europa schützt nicht vor Engpässen: Die von STMicroelectronics in Millionenstückzahlen gefertigten STM32-Mikrocontroller sind auf Monate hinaus ausverkauft, wohl weil ei-

nige der Arbeitsschritte eben doch in Malaysia erfolgen.

Manche Produkte waren von der Chipkrise weniger betroffen. Beispielsweise wenn der Marktstart lange vorher geplant war und die nötigen Chips aus neu aufgebauten Fabs kommen. So waren Smartphones mit 5-Nanometer-Prozessoren Ende 2020/Anfang 2021 gut erhältlich. Apple wurde erst im Herbst 2021 beim iPhone 13 von der Knappheit erwischt.

Schwieriger Umstieg

Viele der von Chipmangel betroffenen Firmen überlegen, auf andere Bauteile umzusteigen. Als Nothelfer können manchmal programmierbare Logikchips einspringen, sogenannte Field Programmable Gate Arrays (FPGA). Diese lassen sich durch Programmierung in einen Prozessor oder auch eine Spezialschaltung verwandeln. Allerdings sind FPGAs oft teurer als die Chips, die sie ersetzen können und – Sie ahnen es bereits – längst ebenfalls kaum noch lieferbar. Und in sicherheitskritischen Systemen für Fahrzeuge lassen sich Chips nicht einfach austauschen, weil sie zertifiziert sein müssen, etwa durch externe Prüflabore.

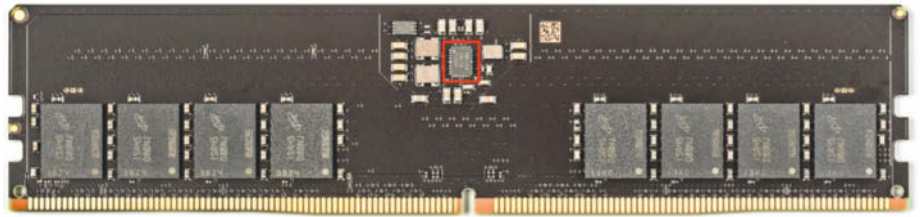
Der Chipmangel trifft auch kleinere Firmen und Crowdfunding-Projekte, von denen manche eingestellt wurden. Andere Hersteller nehmen Produkte vom Markt, Sony Japan nimmt beispielsweise keine Bestellungen mehr an für die Kameras Alpha 7 II, 7C, 6100, 6400 und 6600.

Um die Umsatzseinbußen möglichst gering zu halten, packen die Hersteller die wenigen verfügbaren Chips in möglichst profitable Produkte. Daher sind aktuelle Vier- und Sechskernprozessoren von AMD knapper als die mit 12 oder 16 Kernen.

Manche Hersteller zögern die Vorstellung neuer Produktgenerationen heraus. Ein Beispiel ist der AMD Ryzen Threadripper mit Zen-3-Technik, der eigentlich 2021 erwartet wurde und nun lediglich für den viel kleineren Markt der Workstations erscheint. Bei TV-Geräten und AV-Receiver hätte eigentlich längst schon HDMI 2.1 Einzug halten sollen; stattdessen wurde die Spezifikation aufgeweicht, so dass jetzt auch manche Geräte mit HDMI 2.0 unter der Bezeichnung HDMI 2.1 auf den Markt kommen.

Alt, aber noch gut!

Wegen der Verknappung wurden bereits viele Produkte teurer. Bei Autos ist es kaum noch möglich, Rabatte auszuhan-



DDR5-Speichermodule waren lange knapp – aber nicht etwa wegen fehlender DRAM-Chips, sondern mangels des viel kleineren und billigeren „Power Management IC“ (PMIC, im Bild markiert), der den Spannungswandler steuert.

deln. Die Preise für gebrauchte Notebooks, PCs sowie Gebrauchtwagen sind deutlich gestiegen – das ist auch eine Chance für Verkäufer. Sogenannte „Scalper“ nutzen die Situation aus und verkaufen Grafikkarten und Spielkonsolen auf Handelsplattformen wie eBay – aber deutlich teurer sowie ohne Garantie.

Was liegt da näher, als vorhandene Produkte länger zu nutzen, sie aufzurüsten oder bei Bedarf zu reparieren? Was sinnvoll und möglich ist, hängt allerdings vom jeweiligen Gerät ab, etwa von seiner Leistungsfähigkeit und dem Verschleiß. Ein verqueres Zeichen hat Microsoft mit überzogenen Hardwareanforderungen von Windows 11 gesetzt: Schon mancher vier Jahre alte Prozessor wird nicht mehr unterstützt. Doch immerhin sind Sicherheitsupdates für Windows 10 noch bis Oktober 2024 versprochen, und danach bietet sich Linux als Alternative an.

Ein Lichtblick für die Nachhaltigkeit sind neue Vorgaben der EU für längere Updatezeiträume. Bis diese Regelungen in der Breite greifen, wird es aber noch dauern. Immerhin reagieren erste Hersteller auf den wachsenden Druck und werben mit besseren Reparaturmöglichkeiten, etwa Apple bei manchen Geräten. Wer möglichst langlebige Produkte kaufen möchte, kann jedoch nicht einfach dem Gesetzgeber vertrauen, sondern muss sich genau informieren.

Subventionstsunami

Fast alle großen Chiphersteller investieren Milliardenbeträge in die Erweiterung bestehender Fertigungsanlagen und den Bau neuer Fabs. Im Verlauf der nächsten vier bis fünf Jahre sind Ausgaben von mehr als 400 Milliarden Euro angedacht, was dem jährlichen Bruttoinlandsprodukt von Ländern wie Österreich oder Norwegen entspricht. Einen Teil der Investitionen finanzieren die Chiphersteller mit Vorverträgen für garantierte Liefermengen. Die Automobilhersteller BMW und Ford haben sich

beispielsweise Kapazitäten bei Globalfoundries (GF) gesichert, Renault bei STMicroelectronics und Stellantis bei Foxconn.

Die Regierungen vieler Länder und Regionen – darunter die USA, EU, China, Taiwan und Südkorea – sekundieren mit gewaltigen Subventionen. Die USA haben 52 Milliarden US-Dollar eingeplant und subventionieren in Arizona den Bau einer 12-Milliarden-Fab von TSMC, des weltweit mit Abstand größten und wichtigsten Chip-Auftragsfertigers. Die Nummer 2 – Samsung – baut in Texas eine zweite Fab. Die EU will mehr als 140 Milliarden Euro ausgeben und unter anderem Intel verlocken, zusätzlich zum bestehenden Werk in Irland an weiteren EU-Standorten zu bauen. Intel plant mit über 80 Milliarden Euro, verteilt über mehrere Jahre. 2022 wird die Verabschiedung des European Chips Act erwartet, der die Milliardensubventionen koordinieren und steuern soll. Einige EU-Politiker stellen dabei digitale Souveränität in den Vordergrund, also eine Minderung der Abhängigkeit von asiatischen und US-Zulieferern. Die Stiftung Neue Verantwortung und Branchenverbände raten hingegen dazu, internationale Kooperationen zu stärken, beispielsweise mit asiatischen Ländern abseits von China. Das soll die Fertigungskosten im Zaum halten.

Kritiker warnen, dass in einigen Jahren enorme Überkapazitäten drohen. Der TSMC-Chef befürchtet, dass Subventionen zu Fehlentscheidungen führen, etwa zum Aufbau von unwirtschaftlichen Fabs, die zu teuer produzieren. Das könnte die Chipentwicklung letztlich bremsen, bei der noch immer das Moore'sche Gesetz als Richtschnur gilt: etwa alle zwei Jahre doppelt so viele Funktionen zu ungefähr gleichen Fertigungskosten. (ciw@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Christof Windeck, Es bleibt knapp, Chipmangel: Hintergründe und Ausblick, c't 14/2021, S. 110

Comeback gelungen

Günstige Core-i-12000-CPU mit zwei, vier und sechs Kernen



Die Alder-Lake-Prozessoren Core i5-12600, i5-12400, i3-12100 und Celeron G6900 bringen große Effizienzfortschritte und kosten weniger als die Ryzen-Konkurrenz. Die hohe Performance, die sie im c't-Labor zeigten, macht sie nicht nur für Office-PCs attraktiv.

Von Christian Hirsch

Zum Jahresanfang hat Intel die zwölfte Generation der Core-i-Prozessoren komplettiert, nachdem es in den ersten Monaten nur die teureren, übertaktbaren K-Varianten zu kaufen gab. Im Test treten vier der 22 neu vorgestellten Alder-Lake-CPU mit einer Processor Base Power von bis zu 65 Watt an: Dazu zählten der Celeron G6900 mit zwei Kernen, der Quad-Core Core i3-12100 sowie die beiden Sechskerner Core i5-12400 und Core i5-12600. Sie kosten zwischen 60 und 250 Euro und passen auf Mainboards mit der Fassung LGA1700 und Serie-600-Chipsatz. AMD

hat in diesem Preissegment derzeit große Lücken. So kostet der eigentlich 50 Euro günstige Athlon 3000G mit alter Zen+-Technik wegen der hohen Nachfrage derzeit 120 Euro. Wer aktuelle Zen-3-Technik will, muss mindestens 250 Euro für den Sechskerner Ryzen 5 5600G ausgeben.

Intel verwendet bei der zwölften Generation der Core-i-CPU grundsätzlich ein Hybrid-Design aus großen, schnelleren Performance-(P-)Kernen „Golden Cove“ und kleinen, sparsamen Effizienz-(E-)Kernen „Gracemont“. Den günstigen CPU der Serien Celeron, Pentium, Core i3 und i5 spendiert Intel allerdings nur Halbleiter-Dies mit bis zu sechs P-Kernen, ohne E-Kerne. Mit Ausnahme des Celeron G6900 ist bei allen Prozessoren Hyperthreading aktiv, sodass beispielsweise der Core i3-12100 acht statt vier Threads gleichzeitig abarbeiten kann. Alle Alder-Lake-CPU können gleichermaßen DDR4- oder den beim Test verwendeten DDR5-RAM ansteuern. Da Letzterer derzeit noch sehr teuer ist, passt ein DDR4-Board besser zu den günstigen Prozessoren.

Von einigen Core i-12000 bietet Intel auch sogenannte F-Varianten an, bei denen die integrierte Grafikeinheit deaktiviert ist. Diese kosten rund 20 bis

30 Euro weniger und wären zu normalen Zeiten für preiswerte Gaming-PCs attraktiv, wie zum Beispiel der Core i3-12100F oder der Core i5-12400F als jeweils günstiger Quad- beziehungsweise Hexa-Core. Weil es derzeit aber keine preiswerten, spieleaugenlichen Grafikkarten gibt, haben wie die F-CPU außen vor gelassen.

Ungleiches Duell

Im Direktvergleich können die Core i-12000 die Ryzen 5000G in nahezu jeder Disziplin übertrumpfen. Besonders groß fällt der Vorsprung in der Singlethreading-Leistung aus. Im Rendering-Benchmark Cinebench R23 rechnet der Core i5-12400 20 Prozent schneller als der Ryzen 5 5600G und 22 Prozent schneller als der Vorgänger Core i5-11400 mit Cypress-Cove-Architektur. Alle drei CPU haben den gleichen maximalen Turbotakt von 4,4 GHz.

Von der hohen Singlethreading-Performance profitieren vor allem Office-Anwendungen, wie die Productivity-Wertung des Sysmark 25 zeigt. Dieser Benchmark umfasst Bürosoftware wie MS Word, Excel, PowerPoint, Adobe Acrobat, Google Chrome und WinZip.

Stehen alle Kerne unter Dampf, schrumpft der Unterschied im Cinebench

Preiswerte Core-i-12000-Prozessoren: Benchmarks und Leistungsaufnahme

Prozessor	Kerne / Threads	Takt / Turbo	TDP/PBP / MTP	Cinebench R23 Singlethreading [Punkte]	Cinebench R23 Multithreading [Punkte]	Sysmark 25: Productivity [Punkte]
Core i5-12600	6 / 12	3,3 / 4,8 GHz	65 / 117 W	besser ► 1868	besser ► 12001	besser ► 1944
Core i5-12400	6 / 12	2,5 / 4,4 GHz	65 / 117 W	1722	11797	1790
Core i3-12100	4 / 8	3,3 / 4,3 GHz	60 / 89 W	1684	8523	1688
Celeron G6900	2 / 2	3,4 GHz	46 W	1286	2495	1118
Ryzen 7 5700G	8 / 16	3,8 / 4,6 GHz	65 W / 88 W	1507	14051	1608
Ryzen 5 5600G	6 / 12	3,9 / 4,4 GHz	65 W / 88 W	1439	10831	1496
Athlon 3000G	2 / 4	3,5 GHz	35 / 47 W	856	2210	680

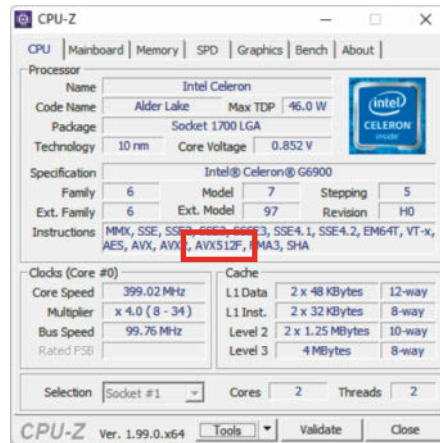
¹ mit GeForce RTX 3090

zwischen dem Core i-12400 und dem Ryzen 5 5600G (9 Prozent). Vermutlich greift hier das kurze Turbofenster von 28 Sekunden, nach dem die Core i5 nur noch 65 statt 117 Watt schlucken dürfen. In der Creativity-Wertung des Sysmark liegt aber trotzdem sogar der Vierkerner Core i3-12100 vor dem AMD-Achtkerner Ryzen 7 5700G. Der Benchmark misst die Leistung bei Bildbearbeitung mit Adobe Lightroom und Photoshop sowie Videoschnitt mit Premiere Pro. Das gute Abschneiden der Core i-12000 bei Videoprogrammen hatten wir schon im Test der K-Prozessoren festgestellt [1].

Einen Riesensprung macht die billigste CPU im Bunde: Der Celeron G6900 rechnet bei Single- und Multithreading exakt 50 Prozent schneller als der Vorgänger Celeron G5905, der noch mit alter Comet-Lake-Technik antrat. So groß ist auch der Vorsprung bei Last auf einem Kern zum Athlon 3000G. Nur dank SMT fällt letzterer beim Multithreading nicht ganz so weit zurück. Wie gut die Golden-Cove-Kerne sind, zeigt auch ein Vergleich der 50-Euro-CPU mit High-End-CPU's der vergangenen Jahre: Mit 1286 Punkten im Cinebench R23 bei einem Thread liegt der billige Celeron auf dem Niveau des Core i7-8700K oder Ryzen 7 3700X – und das ohne Turbo und mit lediglich 3,4 GHz Takt.

Effizienzgewinner

Nicht nur bei der absoluten Performance, sondern auch bei der Effizienz hat sich viel getan. Die Core i5 schaffen es mit rund 110 Cinebench-Punkten pro Watt ungefähr auf das Niveau der Ryzen 5000G (109 bis 123 CB/Watt). Der Core i3-12100 und der Celeron G6900 schneiden schlechter ab, weil sich die hohe Energieaufnahme von 22 Watt im Leerlauf unseres Z690-Testmainboards verstärkt bemerkbar macht. Günstigere und vermutlich auch sparsa-



Bei Alder-Lake-CPU's ohne E-Kerne wie dem Celeron G6900 ist die Befehlssatzerweiterung AVX512 aktiv. Das ist aber nur vorübergehend, denn in kommenden BIOS-Updates schaltet Intel sie wieder ab, damit alle Core i-12000 den gleichen Befehlssatz haben.

mere Boards mit B660-Chipsatz sind im Anmarsch. Beim Preis/Leistungsverhältnis können die Core i-12000 das Duell wiederum klar für sich entscheiden. Sie kosten weniger und rechnen in allen Disziplinen schneller.

Intel teilt die Stärke der integrierten GPUs bei den Alder-Lake-Prozessoren mitten in den Core-i5-CPU auf: Ab dem Core i5-12500 aufwärts bis zum Core i9-12900K gibt es die UHD-770-GPU mit 32 Ausführungseinheiten (EUs) und 256 Shadern. Die preiswerteren Core i3 und i5 rüstet Intel mit der UHD 750 aus, die 24 EUs und 192 Shader hat. In der Praxis ist der Unterschied zwischen den beiden GPUs mit Xe-Architektur gering. Für die meisten 3D-Spiele sind beide viel zu langsam. Selbst ältere, wenig anspruchsvolle Titel wie Dirt Rally von 2015 laufen bei Full-HD-Auflösung und mittlerer Qualität nur mit weniger als 30 fps. In dieser Disziplin schneidet die Radeon-GPU der

Ryzen 5000G besser ab, die eine Bildrate von über 40 fps schafft. Die UHD 710 der Pentium Geld und Celeron ist noch weiter abgespeckt (16 EUs, 128 Shader). Dafür liegt Intel bei den Videofunktionen vorne und die Xe-GPUs entlasten die CPU-Kerne beispielsweise beim Abspielen von VP9-Videos [2].

Stellt man den CPUs eine potente Grafikkarte wie der GeForce RTX 3090 zur Seite, lassen die Core i-12000 die Ryzen 5000G bei 3D-Spielen deutlich hinter sich. Die Intel-Sechskerner liefern abhängig vom Spiel bei Full-HD-Auflösung und hohen Details eine um 20 bis 30 Prozent höhere Bildrate. Der Vierkerner Core i3-12100 sortiert sich dazwischen ein und wäre mit einem Preis von 150 Euro die aktuelle Idealbesetzung für einen Budget-Gamer, wenn man Grafikkarten zu vernünftigen Preisen kaufen könnte.

Fazit

Wer einen Office- oder Gaming-Rechner bauen möchte, kommt derzeit an den Core i-12000 nicht vorbei. Intel hat bei den günstigen Alder-Lake-Prozessoren fast alles richtig gemacht: Sie rechnen sehr flott mit hoher Effizienz und sind zudem günstiger als die aktuellen Ryzen-CPU's. Nur bei der 3D-Leistung der integrierten GPU bleibt AMD mit den Ryzen 5000G weiter vorn. Konkurrenzlos günstig ist der Celeron G6900, der für 50 Euro eine beachtliche Singlethreading-Performance liefert. Damit lässt sich problemlos ein flinker Büro- und Surf-PC für unter 300 Euro bauen.

(chh@ct.de) 

Literatur

- [1] Christian Hirsch, Das Imperium schlägt zurück, Intel Core i9-12900K und Core i5-12600K für Desktop-Rechner, c't 25/2021, S. 84
- [2] Christian Hirsch, Grafik zum Pauschalstarif, 3D- und Videofähigkeiten integrierter Grafikeinheiten von Core-i- und Ryzen-Prozessoren, c't 14/2021, S. 96

	Sysmark 25: Creativity [Punkte]	Sysmark 25: Responsiveness [Punkte]	3DMark Firestrike [Punkte]	Assassin's Creed Odyssey, Full HD, hoch¹ [fps]	Leistungsaufnahme, Leerlauf / Volllast (Peak) [W]	Preis
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◄ besser	
	2108	1401	2509	139	22/111 (169)	250 €
	1942	1287	2214	135	22/108 (135)	220 €
	1747	1216	2129	121	21/106 (112)	150 €
	1018	850	1169	keine Messung	22/55	60 €
	1661	1196	3918	108	15/114	330 €
	1500	1138	3659	100	15/99	250 €
	612	600	1322	keine Messung	18/48	120 €



Schwarz und schweigsam

Lüfterloser Arbeitsplatzrechner PrimeStation Pulsar

Prime Computer nimmt mit seinem lautlosen Kompaktrechner Musiker, Ärzte oder geräuschempfindliche Heimarbeiter ins Visier. Billig ist der stille Schweizer allerdings nicht. Ab Werk lief der Achtkernprozessor der PrimeStation Pulsar zudem gebremst – unnötigerweise, wie unser Test zeigte.

Von Benjamin Kraft

Kompakt, schwarz und kantig präsentiert sich die PrimeStation Pulsar des Schweizer Herstellers Prime Computer auf dem Schreibtisch. Der 4,3 Kilogramm schwere Rechner nimmt nur unwesentlich mehr Platz ein als ein Wörterbuch. Das hohe Gewicht rührt daher, dass das Aluminiumgehäuse dem lüfterlosen Rechner als passiver Kühlkörper dient. Die ausgeprägten Kühlrippen des Gehäuses verleihen ihm trotz der kompakten Maße ein wuchtiges Aussehen. Außerdem ist es nach IP51 gegen Eindringen von Staub und Tropfwasser geschützt.

Durch die Front und den Gehäusedeckel verläuft mittig bis zur rückseitigen Anschlussleiste ein blauer Leuchtstreifen, dessen Licht sich weder dimmen noch abschalten oder farblich verändern lässt. Auch der Einschalttaster leuchtet blau.

Ausstattung

In der PrimeStation Pulsar steckt der Achtkern-Kombiprozessor AMD Ryzen 7 Pro 5750G, der mit seinen 16 Threads für anspruchsvollere Aufgaben gut gerüstet ist. Die Vega-Architektur der integrierten Radeon-Grafik mag schon etwas in die Jahre gekommen sein, zählt aber zu den schnellsten ihrer Art und reicht für den Bürobetrieb locker aus. Außerdem entlastet sie die Prozessorkerne bei Video-Encoding und -Decoding (außer bei AV1). Als Unterbau dient das Asus-Mainboard ROG Strix B550-I Gaming, zu dessen umfangreicher Ausstattung Wi-Fi-6, eine LAN-Buchse mit 2,5 GBit/s und der gehobene Sound-Codec Realtek S1220 gehören. Der

erzielt auch in diesem System eine sehr hohe Dynamik und einen großen Rauschabstand von jeweils –123 Dezibel.

Die 2121 Euro teure Basiskonfiguration umfasst 16 GByte RAM und eine 250-GByte-SSD, aber kein Betriebssystem. Bestellt man das Gerät bei einem der Distributionspartner in Deutschland, fallen keine Zoll- oder Einfuhrgebühren an. Für den stolzen Preis gibt Prime Computer immerhin 5 Jahre Garantie. Als Testexemplar schickte uns der Hersteller eine 2464 Euro teure Version mit 32 GByte RAM und zwei 1-TByte-SSDs, beide mit SATA-Schnittstelle. Eine davon steckte im M.2-Slot auf der Board-Rückseite, der bei Verkaufsexemplaren mit einem NVMe-Modell bestückt sein soll. Bei der anderen handelt es sich um eine Variante im 2,5-Zoll-Gehäuse. Sie lässt sich über eine Klappe im Gehäuseboden schnell gegen ein größeres Modell austauschen.

Dass die PrimeStation Pulsar an ihrer schick-schlichten Stirnseite keine Anschlüsse hat, ist ästhetisch nachvollziehbar, aber unpraktisch, wenn man mal eben einen USB-Stick anstecken möchte. Drei der vier rückwärtigen USB-A-Ports übertragen Daten mit 10 Gbit/s, ebenso eine der beiden USB-C-Buchsen. Die andere kann nur USB 2.0, ist aber auch gar nicht für die Datenübertragung gedacht, sondern um einen DAC (Digital Analog Converter) für die latenzarme Arbeit mit Audiosoftware anzuschließen. Laut Prime Computer kommen die passiven Rechner nämlich häufig als DAW (Digital Audio Workstation) für die Musikbear-

beitung zum Einsatz. Es liegt ein Adapterkabel auf Mini-Klinke (3,5 Millimeter) bei, etwa für Kopfhörer und Headsets. Dessen Messwerte fielen aber hinter die der Audiobuchsen zurück und erreichten nur das Niveau eines guten 16-Bit-Wandlers.

Turbo aus? TDP runter!

Bei einem lüfterlosen System wie der PrimeStation Pulsar liegt die Herausforderung darin, Performance gegen Verlustleistung, sprich: Wärmeentwicklung abzuwägen – die Komponenten sollen nicht überhitzen und drosseln, allen voran die CPU. Um die Abwärme auch bei Volllast im Zaum zu halten, hat Prime Computer den Turbo des Ryzen-Prozessors im BIOS deaktiviert und dessen Maximaltakt somit von 4,6 auf 3,8 GHz beschränkt. Der Haken: Damit bremst das BIOS den Prozessor auch bei Singlethread-Last aus, die immer noch den Anwendungsalltag prägt und vom Turbo profitieren würde – denn gerade bei dieser Lastart hätte der Prozessor noch thermischen Spielraum für mehr Takt.

Ein luftgekühlter Ryzen 7 5700G, der mit dem Ryzen 7 Pro 5750G bis auf Business-Features wie Fernwartungsfunktionen identisch ist, erzielt beispielsweise im Cinebench R23 1510 Punkte mit einem Kern und 14.000 Punkte im Multithreading-Durchlauf [1]. Die PrimeStation schaffte mit Werkseinstellung indes nur 1221 und 12.654 Punkte, also etwa 20 und 10 Prozent weniger. Mit aktiviertem Turbo erzielte die PrimeStation beinahe die Cinebench-Performance des luftgekühl-

ten Ryzen 7 5700G. Allerdings stieg die Leistungsaufnahme von 78 auf 124 Watt.

Ryzen-CPU's bringen aber eine elegante Möglichkeit mit, die CPU thermisch einzufangen, ohne ihre Performance unnötig zu beschränken: Man kann ihre TDP (Thermal Design Power, erlaubte Leistungsaufnahme) herabsetzen. Im BIOS-Setup reduziert man sie unter Advanced/AMD CBS/NBIO Common Options/SMU Common Options von 65 auf 45 Watt und lässt den Turbo an. Damit kamen wir im Cinebench mit einem Kern auf 1482 Punkte, also beinahe das Ergebnis mit Luftkühlung. Der Multithreading-Durchlauf fiel mit 12.262 hingegen um 3 Prozent niedriger aus als im Werkzustand.

Die anderen Benchmarks waren eindeutiger: Blender renderte die Benchmark-Szene „classroom“ mit reduzierter TDP und Turbo in 522 Sekunden, sechs Sekunden schneller vor dem BIOS-Eingriff. Im SYSmark 25, der praxisnahe Abläufe in echten Anwendungen wie Office, Video- oder Fotobearbeitung nachstellt, kam die TDP-beschränkte PrimeStation auf 1437 Punkte, über 100 mehr als mit Werkseinstellung. Die 3D-Leistung blieb im 3DMark Firestrike praktisch gleich und sank im Rennspiel Dirt Rally (Full HD, mittlere Details, 4x MSAA-Kantenglättung) minimal von 44,6 auf 43 fps.

Im Cinebench stieg die Leistungsaufnahme mit einem Thread trotz geringerer TDP aufgrund des Turbos von 23 auf 35 Watt, verringerte sich aber von 78 auf 74 Watt, wenn alle Kerne rechneten. Und mit Prime95 dauergestresst forderte das System nur 60 statt 100 Watt; die Gehäuse-

temperatur fiel im Bereich über der CPU von 54°C auf 45°C. Nachdem wir bei Prime Computer unsere Messungen präsentiert hatten, maßen die Schweizer Entwickler nach und kamen zu den gleichen Ergebnissen. Man teilte uns mit, dass man die TDP in der Werkseinstellung daher künftig ebenfalls auf 45 Watt stellen und den Turbo eingeschaltet lassen werde.

Fazit

Kein Fiepen, kein Rauschen – nur Stille. Das Versprechen von hoher und lautloser Performance kann die PrimeStation Pulsar halten, wenngleich zum stolzen Preis von über 2400 Euro im Falle unseres Testrechners. Andererseits sind Konkurrenzprodukte von Cirrus7 oder Silentmaxx nicht günstiger und setzen teils auf eine ältere Plattform oder sind schlechter ausgestattet.

Für ihr vieles Geld bekommen Käufer ein solide verarbeitetes und durchaus schickes Gerät, das auch unter Dauervolllast keinen Mucks von sich gibt. Das freut nicht nur Heimarbeiter, die ihr Gerät sehen, aber nicht hören wollen, sondern auch Musiker, die kein Lüfterrauschen im Aufnahme-raum gebrauchen können. Für Arztpraxen, die Prime Computer ebenfalls als potenzielle Kunden nennt, ist der Achtkerner wohl eher überdimensioniert; für komplexere medizinische Visualisierungen fehlt es dem Rechner eher an GPU- als an CPU Leistung – und erstere lässt sich nicht nachrüsten. (bkr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Christian Hirsch, Kombi-Comeback, Kombiprozessor Ryzen 7 5700G mit Zen-3-Technik (nicht nur) für sparsame Büro-PCs, c't 17/2021, S. 96

Prime Computer PrimeStation Pulsar

Hardware-Ausstattung	
CPU / Kerne / Takt (Turbo) / CPU-Lüfter (geregelt)	AMD Ryzen 7 Pro 5750G / 8 + SMT / 3,8 (n. v.) ¹ GHz / n. v.
RAM (Typ / maximal) / -Slots (frei)	32 GByte (DDR4-3200 / 64 GByte) / 2 (0) ²
Grafik (Speicher)	Radeon Graphics „Vega 8“ (shared memory)
Mainboard (Format) / Chipsatz	Asus ROG Strix B550I Gaming (ITX) / AMD B550
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	1 × M.2 2242/2260/2280 PCIe 4.0 x4 (0), 1 × M.2-2242/2260/2280 PCIe 3.0 x4 (0); 1 × PCIe 4.0 x16 (0), 1 × SATA 2,5" (0)
SSD (Typ, Kapazität)	Samsung SSD 860 Evo (M.2 SATA, 1 TByte), Samsung SSD 870 (2,5 × SATA, 1 TByte) ²
Sound-Chip	Realtek S1220A
LAN (Chip) / TPM	2,5-Gigabit-Ethernet (i225-V) / ✓ (TPM 2.0, AMD PSP 10.0)
WLAN (Chip) / Bluetooth	Wi-Fi 6 2×2, 2,4/5 GHz (Intel AX200) / 5.2
Abmessungen (B × H × T) / Gewicht	9,1 cm × 22,5 cm × 20 cm / 4,3 kg
Netzteil (Leistung)	Leicke NTO3015 (120 Watt, extern)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.0b, 1 × DP 1.4, 3 × Audio, 3 × USB-A (10 Gbit/s), 1 × USB-A (USB 2.0) 2 × USB-C (1 × USB 10 Gbit/s, 1 × USB 2.0 inkl. 3,5-mm-Audioadapter), 1 × LAN, Strom
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen und Geräuschentwicklung	
Soft-off (mit EuP/ErP) / Energie Sparen / Leerlauf	2,2 W (0,6 W) / 4,5 W / 13,3 W
Volllast: CPU / CPU und Grafik ¹	101 W / 140 W
USB-A / -C: Lesen (Schreiben)	1017 (843) MByte/s / 1018 (841) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	297 (298) MByte/s
Geräuschentwicklung: Leerlauf / Volllast (Note)	< 0,1 sone (⊕⊕) / < 0,1 sone (⊕⊕)
Funktionstests	
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar	✓ / ✓
Wake on LAN: Standby / Soft-off	✓ / –
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur aus: Standby (Soft-off)	✓ / ✓ (–)
Bootedauer bis Login	14 s
Parallelbetrieb (digitale Monitore)	2 (DP, HDMI)
4K mit 60 Hz: DisplayPort / HDMI / USB-C	✓ / ✓ / –
Systemleistung	
3DMark: Fire Strike	3865 (3859) ³ Punkte
Cinebench R23 Single-/Multithreading	1221 (1482) ³ / 12.654 (12.262) ³ Punkte
Sysmark 25	1333 (1437) ³ Punkte
Bewertung	
Systemleistung: Office / Rendering / Spiele	⊕⊕ / ⊕ / ⊖
Audio: Aufnahme / Wiedergabe	⊕ / ⊕⊕
Geräuschentwicklung / Systemaufbau	⊕⊕ / ⊕
Preis / Garantie	2.464 € ² / 5 Jahre
¹ Werkseinstellung mit deaktiviertem Turbo ² getestete Konfiguration ³ mit TDP 45 Watt	
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ funktioniert – funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden	



Die Prime-Station bietet eine große Auswahl an Anschlüssen. Die untere der beiden USB-C-Buchsen beherrscht allerdings nur USB 2.0.



Zügig gute Fotos

Nichtdestruktive Fotobearbeitung für Windows, macOS und Linux

Es tut sich was bei Raw-Entwicklern. Lightroom, Capture One, DxO PhotoLab und andere Programme kommen mit intelligenten Masken, KI-gestützter Bildkorrektur und Farbkorrektur auf Kinoniveau. Auch die kostenlosen Alternativen im Test, Darktable und RawTherapee, lernen stetig hinzu.

Von André Kramer

Apps wie Instagram machen vor, wie moderne Fotobearbeitung aussieht: Im Idealfall reicht ein Wisch, um Bildfehler zu korrigieren und einen schicken, aber dezenten Filter übers Foto zu legen. Hersteller von Raw-Entwicklern wie ACDSee, Capture One, DxO PhotoLab und Lightroom folgen diesem Vorbild und gestalten ihre Programme immer benutzerfreundlicher: Künstliche Intelligenz soll die Fleißarbeit übernehmen, damit der Mensch kreativ sein kann und viele Fotos in kurzer Zeit entwickelt. Klassische Bildbearbeitung à la Photoshop braucht man nur noch für aufwendige Projekte, zum Beispiel Fotomontagen oder Plakatwände.

Im Test messen sich neun Programme miteinander. Die naheliegende Wahl heißt

für viele Nutzer Lightroom CC 5.1 beziehungsweise Lightroom Classic 11.1 von Adobe. Studioprofis setzen auf Capture One Pro 22 vom dänischen Kamerahersteller Phase One. DxO PhotoLab 5 lockt mit selbsttätig arbeitenden Werkzeugen. Aus der Bildverwaltung kommt ACDSee Photo Studio Ultimate 2022. Exposure X7 und ON1 Photo Raw 2022 begannen als Photoshop-Plug-ins. Sie alle stehen sowohl für Windows als auch für macOS zur Verfügung. Die Open-Source-Programme Darktable 3.6 und RawTherapee 5.8 laufen zusätzlich unter Linux. Zoner Photo Studio X sucht seine Nische ausschließlich bei Windows-Anwendern.

Die Programme im Test unterstützen nicht nur aktuelle Raw-Dateitypen, son-

dern auch JPEG, TIFF sowie immer öfter HEIF, das nicht nur von iPhones, sondern auch von vielen Android-Smartphones verwendet wird. Neben immer neuen Formaten kämpfen Softwarehersteller auch mit wachsendem Prozessor- und Speicherhunger. Viele semiprofessionelle Kameras lösen über 40 Megapixel auf, die Sony Alpha 7R IV sogar über 60. Dem muss der Raw-Entwickler Rechnung tragen, damit er nicht beim Bearbeiten mehrerer Fotos regelmäßig in die Knie geht.

Bearbeiten ist Pflicht

Raw-Fotos zu entwickeln, kostet Zeit. Sicher ist es einfacher, im JPEG-Modus zu fotografieren. Man nimmt sich aber die Möglichkeit, Grundlegendes an den Belichtungs- und Farbwerten zu ändern. Sie sollten also mindestens im Modus Raw+JPEG arbeiten, um den maximalen kreativen Spielraum zu erhalten.

Denn eine Raw-Datei speichert die Helligkeitswerte je nach Kamera in 12 bis 14 Bit Farbtiefe pro Farbkanal. JPEG-Dateien können hingegen nur 8 Bit Farbtiefe pro Kanal erfassen. In der Praxis unterstützen sie damit lediglich $2^8 = 256$ Helligkeitsabstufungen. HEIF-Fotos unterstützen immerhin 10 Bit Farbtiefe und damit über 1000 Helligkeitsstufen pro Kanal.

Wenn Sie JPEG-Fotos bearbeiten, erreichen Sie sehr schnell deren Grenzen: Beim Spreizen eines Teilbereichs der Tonwerte – nichts anderes geschieht beim Aufhellen von Schatten oder Abdunkeln von Lichtern – kann sogenanntes Banding auftreten: Das Himmelblau erscheint nicht als kontinuierliches Spektrum, sondern in

diskreten Farbbändern, weil nur eine Handvoll Helligkeitsstufen zur Bearbeitung übrig waren. Bei den 14 Bit Farbtiefe pro Kanal eines Raw-Bildes sind es hingegen $2^{14} = 16.384$ Helligkeitsstufen, die ungleich mehr Spielraum bieten.

Raw-Fotos müssen allerdings auch bearbeitet werden. Sie enthalten lediglich Rohdaten des Sensors, die nicht dem visuellen Bildeindruck entsprechen. Insbesondere Kontrast und Sättigung sind zu gering. JPEGs kommen bearbeitet aus dem Bildprozessor.

Fotos sollen oftmals eher ein Gefühl transportieren, als den bloßen Gegenstand dokumentieren. Wer aber einmal versucht hat, Freunden anhand eines abgeblendeten Sonnenuntergangs den Eindruck zu vermitteln, der beim Glas Wein am letzten Urlaubsabend am Strand entstand, weiß, wie schwer das ist. Früher haben Farbfilme entscheidend zum Bild-Look beigetragen. Heute übernehmen Effekteinstellungen diese Aufgabe.

Regler, Kurven, Histogramme

Viele Raw-Entwickler folgen eigenen Bedienkonzepten, deren Vorreiter oft, aber nicht immer Adobe Lightroom war. Die Grundeinstellungen umfassen Regler für Belichtung, Kontrast, Schwarz- und Weißpunkt sowie Lichter und Schatten. Alle Korrekturen der Farbgebung beginnen mit dem Weißabgleich, den man am einfachsten mit einer Grauwertpipette korrigiert. Regler für Dynamik und Sättigung kontrollieren, wie stark die Farben wirken. „Dynamik“ verstärkt dabei vor allem bisher ungesättigte Farben.

Der globale „Kontrast“ verstärkt die Unterschiede zwischen Schatten und Lichtern im Bild. Der Regler „Klarheit“ erhöht den Kanten- oder Detailkontrast. „Dunst entfernen“ lässt sich einsetzen, um Landschaftsfotos aufzuklären. Beide Lightroom-Funktionen wurden von Herstellern fast aller Testkandidaten nachgeahmt. Regler wie „Struktur“ oder „Mikrokontrast“ lassen Texturen im Blatt- oder Mauerwerk hervortreten.

Der wichtige Bereich „Details“ schärft die Bilder nach und reduziert Bildrauschen. In der Regel unterscheiden die Programme Luminanzrauschen und das mittlerweile nur noch von wenigen Kameras verursachte Farbrauschen. Über einen Schwellenwertregler kann man üblicherweise Kanten davor schützen, weichgezeichnet zu werden.

Etwas Übung braucht der Umgang mit Gradationskurven, mit denen man auf sehr flexible Weise beispielsweise den Kontrast über eine S-Kurve erhöhen, aber auch Farben korrigieren und die Belichtung bearbeiten kann. Ein wichtiges Kontrollinstrument stellt das Histogramm dar, das über Beschnitt von Schatten und Lichtern informiert und so Detailverlust vorbeugt.

Farben kann man mit dem HSL-Dialog selektiv bearbeiten. Über sechs oder besser acht Farbbänder lassen sich dort beispielsweise in den Blautönen die Werte für Farbton, Sättigung und Luminanz unabhängig von allen anderen Quellfarben bearbeiten. Mit einer Pipette und einem Werkzeug mit kontinuierlichem Farbspektrum geht das noch präziser. Werkzeuge zum Colorgrading aus professionellen Vi-

Selektive Korrektur macht oft den Unterschied. Lightroom Classic wählt mithilfe von KI den Himmel aus. Radikale Farb- und Kontrastkorrektur wie hier würde ohne Maske den Rest des Bilds schlicht zerstören.



deanwendungen sind zu den Raw-Entwicklern hinübergeschwappt und haben die Art selektiver Farbkorrektur fundamental geändert. Mittlerweile markiert man den Quellfarbbereich inklusive weichem Übergang zu anderen Farben flexibel über ein Farbrad. Die Zielfarben stellt man anschließend wie zuvor anhand von Reglern für Farbton, Sättigung und Lumina ein.

Profile und künstliche Intelligenz

Objektivspezifische Probleme wie Linsenverzerrung, Farbsäume und Vignettierung (Randabschattung) lassen sich gut mit Profilen korrigieren, die nahezu alle Programme unterstützen. Lightroom korrigiert auch Fotos von vielen Smartphones und Actioncams. Capture One wendet sich an Profis und bindet Kameras kabelgebunden und kabellos ein. Der französische Hersteller DxO vermisst Kamera-Objektiv-Kombinationen aller Art im Labor aus und korrigiert damit solch typische Bildfehler.

Viele Programme bringen die Regler aller Grundeinstellungen automatisch in Stellung. Künstliche Intelligenz hat das Potenzial, die Arbeit erheblich zu beschleunigen. DxO PhotoLab korrigiert Bildrauschen mit dem DeepPrime-Algorithmus vollautomatisch auf Knopfdruck und mit sehr gutem Ergebnis. Dabei nutzt das Programm die Datenbank aus dem DxO-Labor, das nicht nur Objektive, sondern auch Sensorcharakteristika ausmisst.

Die Physik der Kameras zieht auch stürzende Linien nach sich, die Werkzeuge zur Perspektivkorrektur wieder aufrichten. In vielen Programmen lassen sie sich über Hilfslinien halbautomatisch oder manuell mit Reglern korrigieren. Darktable, DxO PhotoLab und Lightroom korrigieren sie auch vollautomatisch.

Bildbereiche selektiv bearbeiten

Bei unterschiedlichen Lichtquellen wie Neonröhren und gelblichen Straßenlaternen muss das Foto selektiv bearbeitet werden. Zur Auswahl bieten Raw-Entwickler seit Langem Pinselwerkzeuge sowie radiale und lineare Verlaufsfilter an. Mit dem radialen kann man das Motiv punktuell aufhellen, mit dem linearen den Himmel abdunkeln. Der Verlauf verhindert immerhin harte Übergänge. Künstliche Intelligenz hilft, präziser zu maskieren: Lightroom markiert Objekte mit einer aus Photoshop stammenden, KI-gestützten Motivauswahlfunktion. DxO PhotoLab nutzt



ACDSee Photo Studio Ultimate 2022

Die Produktfamilie von ACDSee hat viele Mitglieder: Die Home-Version, eine reine Bilddatenbank, die mittlere mit Foto-Entwickler und die getestete mit selektiver Bearbeitung. Das ACDSee Photo Studio für Mac 8 (115,99 Euro) ist deutlich abgespeckt. Die Smartphone-App „ACDSee Mobile Sync“ für Android und iOS überträgt Medien direkt zur Desktop-Software, arbeitet aber langsam und ist kompliziert einzurichten.

Die Bildverwaltung kommt mit einem komfortablen IPTC-Editor, Geo-tagging, KI-gestützter Gesichtserkennung und einem eigenen Kategoriensystem. ACDSee erzeugt automatisch XMP-Begleitdateien inklusive Metadaten und arbeitet daher gut mit anderen Programmen zusammen. Ein neuer Medienmodus zeigt nur Bilder ohne Rahmen, Dateinamen und Metadaten platzsparend an und filtert nach Bewertung und Farbetiketten.

Im Raw-Entwickler bemüht sich ACDSee um innovative Funktionen. Im Farb- und Licht-Equalizer kann man Bildbereiche mit der Maus anwählen und durch vertikales Ziehen ändern. Räder für Tiefen, Mitten und Höhen unterstützen die Farbkorrektur. Schwarz-Weiß-Umsetzung regelt man nach wie vor über einen HSL-Dialog. Die Rauschunterdrückung hält nicht mit Capture One, Lightroom und PhotoLab mit. Der Bearbeiten-Modus bringt altbackene Werkzeuge etwa für Rote-Augen-Korrektur, Rahmen und dergleichen mit.

Der Raw-Entwickler von ACDSee ist bestenfalls brauchbar. Im Ergebnis wirken die Fotos oft entweder flau oder zu bunt. Seine Stärken spielt das Programm bei der Verwaltung aus.

- ↑ gute Bildverwaltung
- ↓ mäßiger Entwickler

Preis: 175,99 Euro



Capture One Pro 22

Zu Capture One gibt es eine gute und eine schlechte Nachricht. Zuerst die gute: Mit keinem Programm kann man Raw-Fotos so genau bis aufs Haar bearbeiten. Die schlechte: Man braucht wegen der kleinen Schrift gute Augen und Geduld bei der Einarbeitung.

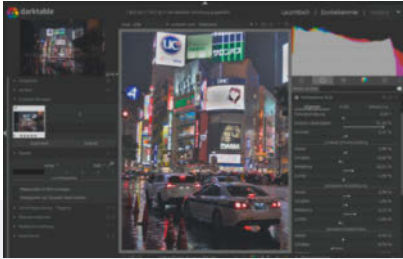
Die Palettenpalette auf der linken Seite teilt sich in zehn kleine Karteireiter. Sie sind unbeschriftet und offenbaren ihren Zweck nur über Symbole sowie Tool-Tips: „Bibliothek“ und „Metadaten“ repräsentieren die integrierte Bilddatenbank, „kabelgebundene Aufnahme“ empfängt Fotos direkt von der Kamera – neuerdings für ausgewählte Canon-Modelle auch kabellos über WLAN. Mit Pfeil- und Zifferntasten sichtet und bewertet man Fotos schnell und effizient.

Vier Karteireiter gehören der Entwicklung: einer für Perspektiv- und Objektivfehler, einer für Weißabgleich und Farbbalance, einer für Belichtung, Kontrast und Klarheit, einer für Schärfe und Rauschen. Farbe, Belichtung und Details kann man über Masken selektiv anwenden. Die neue Version ergänzt sechs Jahre nach Lightroom nun auch Panorama- und HDR-Kombination.

Ein Reiter für Bildstile nimmt Voreinstellungen zur Schwarz-Weiß-Umsetzung und Farbverfremdung auf. Solche Stile bietet der Hersteller zum Kauf an. Capture One bringt Farben zum Strahlen, schafft knackige Kontraste, ohne Details zu verlieren, erhält dabei die Farbgebung, insbesondere auch Hautfarbe in Porträts, und arbeitet in zügigem Tempo. Auch bei der Vorschau und beim Bildexport arbeitet das Programm schnell und zuverlässig.

- ↑ brillante Farbwiedergabe
- ↑ hohes Arbeitstempo

Preis: 349 Euro



Darktable 3.6

Der freie Raw-Entwickler Darktable steht für Windows, macOS und Linux zur Verfügung und ist vor allem für Fans des Pinguins ein Geschenk, die sonst wenig Auswahl unter Raw-Entwicklern haben. Die Oberfläche teilt sich in den Bildverwalter „Leuchttisch“ und den Entwickler „Dunkelkammer“.

Auf dem Leuchttisch kann man importierte Fotos zunächst vorsortieren und bewerten. Metadaten schreibt das Programm im Standardformat XMP. Die Endung hängt Darktable hinter die ursprüngliche Endung, beispielsweise .NEF.XMP, sodass andere Programme die Begleitdateien nicht erkennen.

Die Dunkelkammer versammelt zahlreiche Paletten zur Belichtungs- und Farbkorrektur, zunächst ohne erkennbare Ordnung. Über eine Suchfunktion und eine Favoritenpalette kann man diese selbst sortieren. Früher gerieten Farben leicht zu bunt, jetzt wirken Fotos nach Belichtungskorrekturen allerdings zu blass, sodass man die Sättigung nachjustieren muss. Die gefürchteten Lichthöfe bei Kontrastkorrekturen treten in Version 3.6 nicht mehr auf.

Es dauert, bis man sich im Palettenwald zurechtfindet. Bezeichnungen wie „Lineares Chroma Grading“ verstehen auch Fotoprofis nicht auf Anhieb. Es gibt derart viele kompliziert benannte Funktionen, dass man leicht zu einer unpassenden greift. Darktable arbeitet jedoch flott, ist Open Source und hat bei näherem Hinsehen viel zu bieten, von dem andere nur träumen können, beispielsweise Gradationskurven im Lab- und RGB-Modus sowie einen Reparaturpinsel für Hautunreinheiten, der intern Frequenztrennung nutzt.

➡ großer Funktionsumfang

➡ hohe Einstiegshürde

Preis: kostenlos



Exposure X7

Die ehemalige Effekt-Software Exposure startet mit einem Bildbrowser samt Fünf-Sterne-Bewertungen, der XMP-Daten anderer Programme einliest, aber nicht schreibt, sondern Dateien mit der Endung „.expoure“. Der gut sortierte Entwickler kommt mit einer aufgeräumten Oberfläche, in der man sich schnell zurechtfindet.

Eine prominent angebrachte Schaltfläche namens „Auto“ regelt die Grundeinstellungen selbsttätig und erzielt damit einen durchaus natürlichen Bildlook. Die Regler des Programms erzielen bessere Ergebnisse als frühere Versionen, sodass man mit Exposure jetzt brauchbare Bildkorrekturen hinkommt. Auch die Rauschminderung anhand von Kameraprofilen leistet akzeptable Arbeit. Weitere Paletten regeln Schärfe, Teiltonung und Kontrastkorrektur über Gradationskurven. Das Colorgrading über Farbräder hat Exposure weniger gut gelöst als Capture One, PhotoLab und Lightroom, zu kompliziert ist die Umsetzung. Über ein sehr einfaches Ebenensystem kann man selektiv korrigieren.

Das Hauptmerkmal von Exposure ist die Filmsimulation mit knapp 500 Einstellungen für Schwarz-Weiß-, Dia- und Farbfilm von Agfa, Fuji, Ilford und Kodak. Effektfilter ergänzen Crossentwicklung, Lichtlecks undichter Kameragehäuse, Vignettierung und Kratzer auf dem Film. Die Unschärfe des Bokehfilters wirkt wenig authentisch. Nach wie vor läuft das Programm auch als Lightroom- und Photoshop-Plug-in. Exposure bleibt in erster Linie ein Effektprogramm für Filmsimulation, jedoch mit einem mittlerweile recht anständigen Raw-Entwickler.

➡ gute Filmsimulation

➡ mäßiger Entwickler

Preis: 149 US-Dollar

hybride Verlaufsfilter, die Kantenerkennung auf Grundlage maschinellen Lernens für präzise Auswahl nutzen.

Reparaturpinsel kaschieren Hautunreinheiten im Porträt oder Gegenstände im Hintergrund, die die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Für umfangreiche Retuschen muss man aber Bildbearbeitungen wie Photoshop, Affinity Photo oder Gimp heranziehen.

Filmsimulation und Effekte

Die offensichtlichste Form der Verfremdung ist die Schwarz-Weiß-Umsetzung, die man üblicherweise über den HSL-Dialog steuert. Sie sollte sich in mindestens sechs Farbbändern steuern lassen, um die Helligkeitswerte jedes Farbtons möglichst präzise steuern zu können. Effektfilter, die über Randabschattung, Filmkorn und Tönung in einer oder zwei Farben hinausgehen, lagern die Hersteller üblicherweise in Plug-ins aus.

Solche Effekt-Plug-ins für Filmsimulation, Bleach Bypass, Cross-Entwicklung und mehr waren früher das Hauptgeschäft von Exposure und ON1 Photo Raw. Daher bringen sie eine Vielzahl von Effektfiltern mit. DxO bietet die Nik Collection und die Analoysimulation FilmPack als zusätzliche Plug-ins an, die sich aber auch in Lightroom und Photoshop nutzen lassen.

Verwaltung und Export

Je größer die Fotosammlung, desto wichtiger wird eine effiziente Bildverwaltung mit Fünf-Sterne-Bewertung, Farbetiketten und IPTC-Editor, dem Standard für inhaltsbezogene Metadaten eines internationalen Pressepremiums. ACDSee war zuerst Datenbank und wurde erst dann Raw-Entwickler. Entsprechend gut aufgestellt ist das Programm in Verwaltungsfragen. Lightroom bringt seit jeher eine mächtige Datenbank mit. Viele Programme beschränken sich auf einen Bildbrowser. Capture One spielt seine Stärken bei der kabelgebundenen Aufnahme aus, dem Tethered Shooting.

Die fertig entwickelten Fotos kann man per Stapelverarbeitung als JPEG- oder TIFF-Dateien exportieren, dabei die Ausgabeauflösung anpassen, Metadaten einbinden oder ausschließen, Wasserzeichen ergänzen und im Idealfall auch den Einsatz von ICC-Farbprofilen steuern. Die Hersteller werben immer wieder mit direktem Export nach Facebook, Instagram, Twitter und dergleichen – aber das scheint wenig praxisrelevant.



Lightroom CC 5.1

Lightroom CC gibt's für Windows, macOS, Android und iOS. Über kurz oder lang landen alle Fotos in der Cloud. Für 11,89 Euro monatlich bekommt man 20 GByte Cloudspeicher und dazu das weitgehend cloudfreie Lightroom Classic sowie Photoshop – oder 1 TByte in der Cloud und keine andere Software. Alben lassen sich freigeben und von anderen Nutzern kommentieren.

Lightroom Classic glänzt mit guter Bildverwaltung inklusive IPTC-Editor, Geotagging und kabelgebundener Aufnahme sowie vielfältigen Exportmodulen inklusive Fotobuchdesign, ist aber unerträglich langsam bei Import, Gesichtserkennung und Bildverarbeitung. Lightroom CC hingegen arbeitet in allen drei Disziplinen schneller, hat aber nur eine rudimentäre Bilddatenbank. Auch Plug-ins lassen sich nur in Lightroom Classic nutzen [1]. Der XMP-Export ist Industriestandard, sodass sich die Metadaten problemlos weiternutzen lassen.

Die Entwickeln-Module sind über alle Plattformen mittlerweile nahezu funktionsgleich. Adobe gibt bei der Benutzerführung den Ton an und bringt eine Vielzahl Regler übersichtlich unter. Ein Druck auf die Auto-Taste stellt die Grundwerte zur Bildkorrektur über KI ein, was die Arbeit deutlich beschleunigt. Objektivfehler korrigiert das Programm mithilfe einer umfangreichen Profildatenbank.

Künstliche Intelligenz maskiert in beiden Varianten automatisch das Motiv oder den Himmel, was für die selektive Bearbeitung ein Segen ist – zwei sinnvolle Ergänzungen des Maskenpinsels und der VerlaufsfILTER.

- ↑ intuitive, gute Werkzeuge
 - ↓ schlechte Performance (Classic) oder Cloudzwang (CC)
- Preis: 11,89 Euro pro Monat



DxO PhotoLab 5.1 Elite

Kaum ein Programm wird so intensiv gepflegt wie DxO PhotoLab. Bildverwaltung zählt zwar nicht zu dessen den Stärken, wohl aber automatische Bildverarbeitung. DxO analysiert Kamera- und Objektivkombinationen im Labor und interpretiert auf dieser Datenbasis die Sensordaten, korrigiert aber auch Verzeichnung, Farbsäume und Vignettierung.

Die Regler für Licht- und Farbkorrektur arbeiten auf hohem Niveau; die Bedienung geht leicht von der Hand. Darüber hinaus hat der Fotoentwickler eine Reihe praxistauglicher Algorithmen zu bieten. „DeepPrime“ nutzt künstliche Intelligenz in Kombination mit Sensordaten für eine Rauschminderung, die ihresgleichen sucht [2]. „Smart Lighting“ korrigiert die Belichtung besser als jeder Auto-Knopf und „ClearView Plus“ erzielt einen gefälligeren Bildeindruck als die meisten Regler namens „Dunst entfernen“. DeepPrime braucht Zeit für die Bildausgabe. Davon abgesehen arbeitet PhotoLab sehr schnell.

Neben den üblichen Auswahlwerkzeugen bietet DxO die von Nik entwickelten U-Points an. Sie vereinen Kantenenerkennung und VerlaufsfILTER, um effizient und schnell Himmel oder Bildmotiv unabhängig vom Rest zu bearbeiten. Praktisch: Die neue „Kontrolllinie“ wendet das Prinzip des Punkts auf die Linie an, beispielsweise zur Maskierung am Horizont.

Effektfilter bringt PhotoLab nicht mit, bindet aber die Filmsimulation DxO Filmpack 6 und die Nik Collection by DxO 4 ein, die beide zum Unternehmen gehören.

- ↑ Bildkorrektur dank KI und Laboranalyse
 - ↑ hochwertige Bildverarbeitung
- Preis: 219 Euro



ON1 Photo Raw 2022

Der US-Hersteller ON1 hat einfach alle seine Photoshop-Plug-ins unter einer Oberfläche vereint und Bildverwaltung sowie Raw-Entwickler davorgeschaltet. Jüngst hat ON1 die Bedienoberfläche ins Deutsche übersetzt, muss aber noch deutlich nacharbeiten: „Noise“ heißt hier „Geräusch“, der Auslösebefehl „fire camera“ wurde mit „Feuerkamera“ übersetzt.

Der umfangreiche Bildbrowser bringt einen vollständigen Metadateneditor inklusive Fünf-Sterne-Bewertung mit und unterstützt smarte Alben aufgrund komplexer Suchanfragen. Er unterstützt kabelgebundene Aufnahme und bindet Konten von Dropbox, Google Drive sowie OneDrive ein.

Das Raw-Modul teilt sich in fünf Arbeitsbereiche zum Entwickeln, für Effekte, zum KI-gestützten Austausch des Himmels, zur Porträtbearbeitung und zur lokalen Korrektur. Die Belichtungs- und Kontrastkorrektur und die Werkzeuge fürs Colorgrading lassen wenig zu wünschen übrig. Die lokale Korrektur berücksichtigt Farbunterschiede bei der Auswahl und maskiert damit präziser als ein Verlaufswerkzeug. Das Porträtmodul erkennt Gesichtszüge über KI und bietet ein Verflüssigen-Werkzeug zur Retusche der Form. Der mächtige Effektbereich versammelt zwei Dutzend Filter und über 100 Voreinstellungen für Filmtypen und Entwicklungstechniken.

Der umfangreiche Allrounder ON1 Photo Raw kann der Kombination aus Lightroom und Photoshop nicht das Wasser reichen, leistet zu einem günstigeren Preis aber sehr viel.

- ↑ hoher Funktionsumfang
 - ↓ unausgeglichene Oberfläche
- Preis: 109,10 Euro



RawTherapee 5.8

Das Open-Source-Programm RawTherapee steht für Windows, macOS und Linux kostenlos zum Download bereit – neben Darktable die zweite freie Software im Test. Der integrierte Bildbrowser unterstützt Bewertungen und Farbmarkierungen, exportiert aber leider keine XMP-Dateien zum Austausch mit anderen Programmen. Ein Filtersystem hilft bei der Auswahl.

Der Editor sortiert die Werkzeuge zur Fotoentwicklung großzügig und übersichtlich in Reitern für Belichtung, Details, Farben und Perspektive. Die Oberfläche ähnelt der von DxO PhotoLab zum Verwechseln. Wie bei frühen Lightroom-Versionen funktionieren die Regler zum Wiederherstellen von Lichtern und Aufhellen von Schatten nur in einer Richtung. Bei der Belichtungskorrektur und bei der Korrektur von Tiefen und Lichtern muss man vorsichtig sein, da bei extremen Einstellungen ein unnatürlich milchiger Eindruck entsteht. Bei moderater Anwendung kann man mit ihnen aber gut arbeiten. Die Korrektur von Schatten und Lichtern und die Gradationskurven im Lab-Modus leisten gute Arbeit. Auch die Regler für Schärfe und Mikrokontrast erzielen gefällige Resultate. Zur Farbumsetzung kann man eine Preset-Datenbank integrieren (siehe ct.de/ywwe). Selektive Korrekturwerkzeuge fehlen schmerzlich.

RawTherapee bringt eine praxisnahe Werkzeugpalette mit verständlich benannten Funktionen, ohne übertrieben viele Regler zu integrieren oder für Laien unverständliche Bezeichnungen zu verwenden. Insgesamt wirkt RawTherapee praxistauglicher als Darktable.

- 👆 leicht verständlicher Entwickler
 - 👇 unterschiedlich gute Werkzeuge
- Preis: kostenlos



Zoner Photo Studio X 19

Dem Zoner Photo Studio sieht man seine Herkunft eines JPEG-Allrounders à la ACDSee an. Das Programm zeigt eine Fotoübersicht, kann einfache IPTC-Angaben wie Copyright-Daten hinzufügen und Geotags vergeben. An Bord sind außerdem eher altbackene Design-tools für Fotobücher, Kalender und Postkarten. Damit kontrastieren moderne Funktionen wie HEIF-Unterstützung. Außerdem kann man Laufwerke aus Clouddiensten wie Dropbox, Google Drive und Microsoft OneDrive einbinden.

Erst nach Installation des „Adobe DNG Converter“ bearbeitet Zoner Photo Studio auch Raw-Dateien. Der integrierte Fotoentwickler deckt ein komfortables Funktionsspektrum für Weißabgleich, Belichtung, Farbkorrektur, Schärfe und Rauchminderung ab. Auch einfache Effekte wie Schwarz-Weiß-Umsetzung und Teiltonung sind möglich. Die automatische Entwicklung übertreibt mit den Einstellungen; ebenso verhält es sich mit den Kontrastfunktionen. Insgesamt kann man mit Zoner aber durchaus arbeiten.

Wie ACDSee bringt Zoner Photo Studio einen zweiten Bildbearbeitungsbereich mit, in dem Funktionen aus der Prä-Raw-Ära wie Retuschepinsel, Verflüssigen- und Textwerkzeug geparkt sind – hier gilt: besser haben als brauchen. Von einem Lightroom ist Zoner Photo Studio weit entfernt, aber einfach zu bedienen und eine kostengünstige Alternative, wenn man in erster Linie einen guten Betrachter mit brauchbaren Raw-Funktionen sucht.

- 👆 guter Allroundbetrachter
 - 👇 einfacher Fotoentwickler
- Preis: 3,99 Euro pro Monat

NEU
und exklusiv
im heise shop

Klein – aber oho!

Mit MicroPython spielend leicht Mikrocontroller programmieren



Heft + PDF
mit 29 %
Rabatt

Make Micropython Special

Diese Make-Sonderausgabe zeigt Ein- und Umsteigern, wie man mit MicroPython leicht und schnell eigene Projekte mit dem ESP32 umsetzt. Wie immer in Make Specials geht's sofort in die Praxis mit Audio-Projekten, einer CO2-Ampel und mehr.

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.

heise Shop

shop.heise.de/make-micropython ➔

Fazit

Wie gut eine Raw-Software ist, steht und fällt mit dem Fotoentwickler. Dabei zählen die Qualität der Bildverarbeitung und das Bedienkonzept. ACDSee bietet professionelle Bildverwaltung, Exposure bringt viele Einstellungen zur Filmsimulation und ON1 Photo Raw hat gute Effektfiler

an Bord. Zoner Photo Studio spricht preisbewusste Gelegenheitsnutzer an. Die integrierten Entwickler kommen mit Situationsituationen sehr gut zurecht, gelangen aber bei schwierigen Lichtsituationen an ihre Grenzen.

Die Open-Source-Programme Darktable und RawTherapee leisten Erstaun-

liches zum Nulltarif. RawTherapee hat eine komfortable, leicht verständliche Bedienoberfläche und entwickelt mit gutem Ergebnis. Darktable macht es Nutzern weniger einfach, bietet aber mehr Werkzeuge.

Von neun Programmen im Test stehen vor allem drei heraus: Capture One, Lightroom CC und DxO PhotoLab. Cap-

Foto-Entwickler für Windows, macOS und Linux

Produkt	ACDSee Photo Studio Ultimate 2022	Capture One Pro 22	Darktable 3.6	Exposure X7
Hersteller, URL	ACD Systems, acdsee.com/de	Phase One, captureone.com/de/	Darktable Team, darktable.org	Alien Skin, exposure.software
Systemanforderungen	Windows ab 7, macOS ab 10.14 (eingeschränkte Vs.)	Windows ab 8.1, macOS ab 10.13	Windows ab 7, macOS ab 10.7, Linux	Windows ab 10, macOS ab 10.13
Sprache	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch
Import und Ausgabe				
Import	Raw, DNG, HEIF, JPEG, PNG, PSD, TIFF	Raw, DNG, JPEG, PNG, PSD, TIFF	Raw, DNG, JPEG, PNG, TIFF (nur 8 Bit)	Raw, DNG, HEIF, JPEG, PNG, PSD, TIFF
Export	JPEG, PNG, TIFF (8, 16 Bit), PSD, WBP, BMP u.a.	JPEG, PNG, TIFF (8, 16 Bit)n DNG, PSD	JPEG, JP2000, PNG, TIFF (8, 16, 32 Bit), WBP, OpenEXR u. a.	JPEG, PSD, TIFF (8, 16 Bit)
Farbmanagement	✓	✓	✓	✓
Im Hintergrund: Import / Export	✓ / –	✓ / ✓	– / ✓	– ¹ / ✓
Verfügbar als Plug-in	–	–	–	Photoshop ab CS6, Lightroom ab 6
Verhalten in Photoshop	–	–	–	Erstellt neue Ebene als Kopie der aktiven Ebene
Bildverwaltung				
Bilddatenbank	umfangreiche Bilddatenbank	Bilddatenbank mit Tethered Shooting	Bilddatenbank mit Diashow und Tethering	einfache Bilddatenbank
Geotagging / Gesichtserkennung	✓ ² / ✓ ²	– / –	✓ (aus GPX-Track) / –	– / –
Bewertung / Farbetiketten	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
IPTC-Editor / XMP-Export	✓ ² (vollständig) / ✓	✓ (vollständig) / ✓	✓ / ✓ (.RAW).XMP)	✓ (einfach) / – (.exposure)
Metadatenfilter	✓	✓	✓	✓
Foto-Entwicklung				
Automatik für Grundeinstellungen	–	✓	–	✓
Farbtemperatur / Grauwertpipette	✓ / ✓ ²	✓ / ✓	✓ / ✓ (Grauwertrechteck)	✓ / ✓
Gradationskurven	✓ (nur RGB)	✓ (RGB, Lab)	✓ (RGB, Lab)	✓ (nur RGB)
Farbtonräder / HSL	✓ / ✓ („Farb-EQ“)	✓ / ✓ (acht Bänder)	– / ✓ (kontinuierlich)	✓ (komplex) / ✓ (acht Bänder)
Klarheit / Dunst entfernen	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Lichter wiederherstellen	✓ („Light EQ“)	✓	✓	✓
Entrauschen / Schärfen	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Objektkorrektur mit Profilen	✓ ² (eingeschränkt)	✓ (für Wechselobjektive)	✓ (manuelle Auswahl)	✓ (für Wechselobjektive)
Perspektivkorrektur	✓ (manuell)	✓ (automatisch und mit Hilfslinien)	✓ (manuell und automatisch)	–
Reparaturpinsel	✓ ²	✓	✓	✓
Maskierung für selektive Korrektur	Pinsel, linearer und radialer Verlauf	Pinsel, linearer und radialer Verlauf	Maske aus Kanal, Pinsel, linearer Verlauf	Pinsel, linearer und radialer Verlauf, Polygon
Einstellungen übertragen / virtuelle Kopien	✓ / –	✓ / ✓	✓ (Verlaufsstapel) / ✓	– / ✓
Effekte und Schwarz-Weiß				
Schwarz-Weiß-Umsetzung	✓ (acht Farbbänder)	✓ (sechs Farbbänder)	✓ (kontinuierlich)	✓ (über Filmsimulation)
Teiltonung	✓	✓	✓	✓
Vignettierung / Filmkorn	✓ / ✓ ²	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
weitere Effekte	klassische Effekte und Rahmen	kostenpflichtige Stile für Farbeffekte und SW (siehe ct.de/ywwe)	–	Bokehfilter, Vorlagen für Infrarot, Alterung u. a.
Filmsimulation	–	–	–	knapp 500 Presets für SW-, Farbnegativ- und Diafilme
Texturen und Lichtlecks	–	–	–	Rahmen, Lichtlecks, Staub/Kratzer
Bewertung und Preis				
Bedienkomfort / Geschwindigkeit	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊖⊖ / ○	⊕ / ⊕
Foto-Entwicklung	○	⊕⊕	⊖	○
selektive Korrektur	○	⊕	○	⊕
Effekte und Schwarz-Weiß	⊖	⊕	⊖	⊕
Preis	175,99 €	349 €	kostenlos	149 US-\$

¹ kein Import nötig ² nur unter Windows ³ kostenpflichtiges Zusatzprogramm ⁴ nur Lightroom Classic ⁵ über Filter ⁶ benötigt Adobe DNG Converter ⁷ Adobe Lens Correction Profiles

ture One wendet sich an Perfektionisten, insbesondere aber nicht nur Studiofotografen. Mit dem Werkzeug für Profis lässt sich ein Foto bis ins letzte Detail ausarbeiten. DxO PhotoLab setzt auf die Macht des Labors. Bereits die integrierte Profildatenbank verbessert das Bild spürbar. Rauschminderung, intelligente Bildkorrektur und

Auswahlwerkzeuge tun ihr Übriges. Besonders effizient und einfach, aber dennoch auf hohem Niveau entwickelt Lightroom CC. Außerdem kann man hier plattformübergreifend auf Windows-PC, Mac, iPad Pro, iPhone und Android-Smartphone arbeiten, wenn man sich auf die Cloud einlässt. (akr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] André Kramer, Ungleiche Zwillinge, Adobe Lightroom Classic CC und Lightroom CC im Vergleich, c't 13/2020, S. 158
- [2] André Kramer, Störungsfreie Bilder, Fotos ent-rauschen mit künstlicher Intelligenz, c't 11/2021, S. 126

Weitere Infos: ct.de/ywwe

Lightroom CC 5.1	PhotoLab 5.1 Elite	ON1 Photo Raw 2022	RawTherapee 5.8	Zoner Photo Studio X 19
Adobe, adobe.com/de	DxO, dxo.com	ON1 Software, on1.com	RawTherapee Team, rawtherapee.com	Zoner, zoner.com/de
Windows 10, macOS ab 10.15, Android 6, iOS 13.0 (LR Classic CC auch unter Windows ab 7)	Windows ab 10, macOS ab 10.15	Windows 10, macOS ab 10.14	Windows ab 7, macOS ab 10.9, Linux	Windows 10
Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch
Raw, DNG, HEIF, JPEG, PNG, PSD, TIFF	Raw, DNG, JPEG, TIFF	Raw, DNG, HEIF, JPEG, PNG, PSD, TIFF	Raw, DNG, JPEG, TIFF	Raw6, DNG, JPEG, PNG, TIFF u.a.
JPEG, PSD, TIFF (8, 16 Bit), DNG	JPEG, TIFF (8, 16 Bit), DNG	JPEG, PNG, PSD, TIFF (8, 16 Bit), DNG	JPEG, PNG, TIFF (8, 16 Bit)	JPEG, PNG, TIFF (8, 16 Bit)
✓	✓	✓	✓	✓
✓ / ✓	✓ / ✓	– ¹ / –	– ¹ / ✓ („Warteschlange“)	– ¹ / ✓
Export nach Photoshop	Lightroom CC	Lightroom, Photoshop, Affinity Photo, PaintShop Pro, Capture One	Export nach Gimp und Photoshop	–
Exportiert TIFF-Datei	verrechnet Effekt mit aktiver Ebene	verrechnet Effekt mit aktiver Ebene	Exportiert TIFF-Datei	–
Bildbrowser mit Vergleichsmodus (volle Bilddatenbank in LR Classic)	Bildbrowser mit Vergleichsmodus	Bildbrowser mit Vergleichsmodus und Tethered Shooting	Bildbrowser mit Stapelverarbeitung	Bildbrowser mit Stapelverarbeitung (alle Filter)
– ⁴ / ✓	– / –	– / –	– / –	✓ (Google Maps) / –
✓ / – ⁴	✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
– ⁴ / ✓	✓ (vollständig) / – (.dop)	✓ (vollständig) / ✓	✓ (im Editor) / – (.pp3)	✓ (einfach) / – (.data-zps)
✓	✓	✓	✓	✓
✓ (über KI)	✓ („Smart Lighting“)	✓ (über KI)	✓	✓
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓ (auch über KI)	✓ / ✓	✓ / ✓
✓ (nur RGB)	✓ (nur RGB)	✓ (nur RGB) ⁵	✓ (RGB, Lab)	✓ (nur RGB)
✓ / ✓ (acht Bänder)	✓ / ✓ (acht Bänder)	– / ✓ (acht Bänder) ⁵	– (Lab-Bereiche) / ✓ (kotlinuierlich)	✓ / ✓ (acht Bänder)
✓ / ✓	✓ / ✓ („ClearView“)	✓ / ✓	✓ / ✓ („Bildschleier“)	✓ / ✓
✓	✓	✓	✓	✓
✓ / ✓	✓ (über KI) / ✓	✓ (über KI) / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
✓ (auch für Smartphonefotos)	✓ (umfangreich)	✓ (für Wechselobjektive)	✓ (unterstützt LCP- und DCP-Profil) ⁷	✓ (unterstützt LCP-Profil) ⁷
✓ (automatisch und mit Hilfslinien)	– (über ViewPoint) ³	✓ (automatisch und mit Hilfslinien)	✓ (manuell)	✓ (automatisch und mit Hilfslinien)
✓	✓	✓ (und Porträtwerkzeuge)	–	✓
Pinsel, linearer und radialer Verlauf, Farb- und Luminanzmaske, Motiv- und Himmelauswahl über KI	Pinsel, linearer und radialer Verlauf, U-Points, Kontrolllinie	Pinsel, linearer und radialer Verlauf	–	Pinsel, linearer und radialer Verlauf
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	– / –	✓ / ✓
✓ (acht Farbbänder)	– (über Nik Collection) ³	✓ (über Filmsimulation)	✓ (RGB-Kanalmixer)	✓ (Sättigung, Dynamik, Polarisation)
✓	✓	✓	✓	✓
✓ / ✓	– (nur Korrektur) / –	✓ / ✓	✓ / –	✓ / ✓
Stile für Farbeffekte und SW	Je acht Presets für SW, Farbe, Atmosphäre u.a.	31 Filter enthalten	–	Presets für Farb- und SW-Effekte (siehe ct.de/ywwe)
–	– (über Filmpack) ³	Filter für Schwarzweiß-Weiß, Farbe, Filmlook u.a.	über LUTs von rawtherapee.com (siehe ct.de/ywwe)	–
–	–	Texturen für Lichtleck, Bokeh, Papier, Metall u.a.	–	–
⊕⊕ / ○	⊕ / ⊕	⊖ / ⊕	⊕ / ⊖	⊕ / ⊕
⊕⊕	⊕⊕	○	○	○
⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊖⊖	○
⊕	⊖	⊕⊕	⊖	⊖
11,89 € pro Monat	219 €	109,10 €	kostenlos	3,99 € pro Monat
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe				

Zahlen, Daten, Fakten

Mobilfunk in Deutschland

Der Mobilfunk ist ein Milliarden-geschäft. Im vergangenen Jahr setzten die Anbieter in Deutschland zusammen rund 25 Milliarden Euro um. Und der Markt wächst ständig weiter, denn nicht nur Handys brauchen SIM-Karten. Immer mehr technische Geräte, vom einfachen Sensor bis zum Auto, benötigen einen Internet-Zugriff.

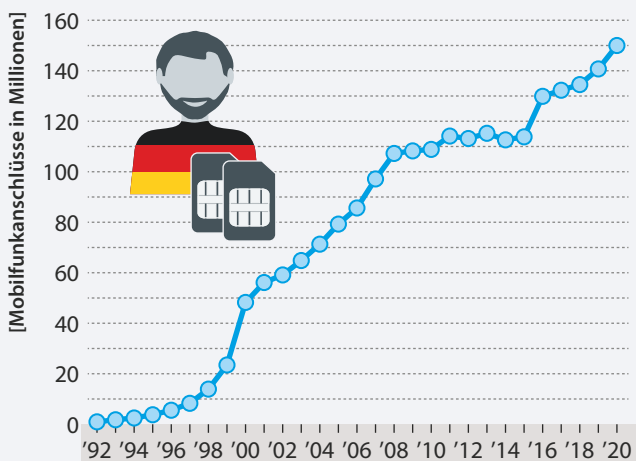
Während das übertragene Datenvolumen weiter exponentiell wächst, gehen klassische Dienste wie die Übertragung von SMS weiter zurück. Die Kommunikation wandert mehr und mehr aus den Mobilfunknetzen hinaus in Kommunikations-Apps wie WhatsApp, Threema oder Telegram.

Möglicherweise ergeht es der mobilen Telefonie bald wie der SMS, denn die so-

genannten OTT-Anbieter, die „over the Top“, also über eine Internetverbindung in ihren Apps nicht nur Textnachrichten, sondern auch Telefonate oder Videokonferenzen in guter technischer Qualität anbieten, sind eine ernsthafte Konkurrenz für die etablierten Mobilfunkkonzerne und verzeichnen kräftige Wachstumsraten. (uma@ct.de) **ct**

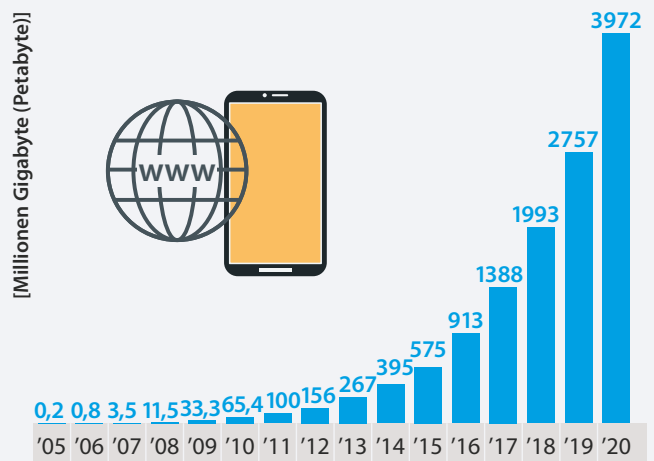
► Mobilfunkanschlüsse

Der Mobilfunk ist ein Massengeschäft. Statistisch gesehen kommen auf jeden Deutschen fast zwei Mobilfunkkarten.¹



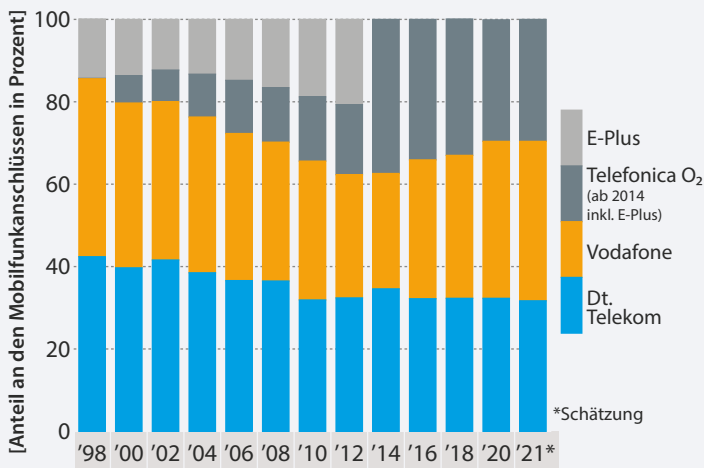
► Mobiles Datenvolumen

Erst mit UMTS wurde das mobile Internet massentauglich. Das Datenvolumen wächst seither exponentiell.¹



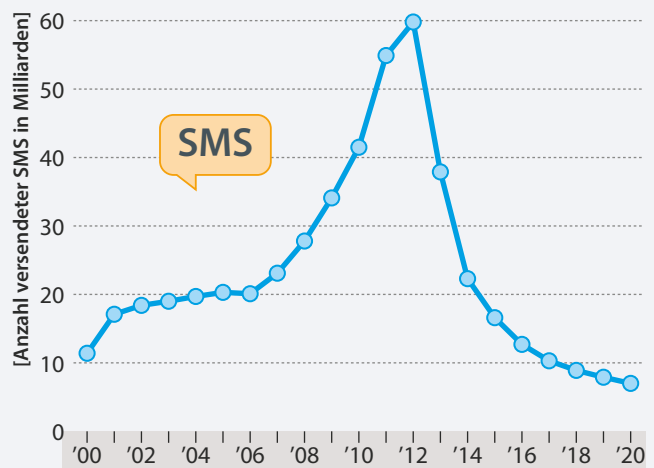
► Marktanteile der Netzbetreiber

Im Laufe der Jahre haben sich die Marktanteile der erst drei, dann vier, dann wieder drei Netzbetreiber erheblich verschoben.²



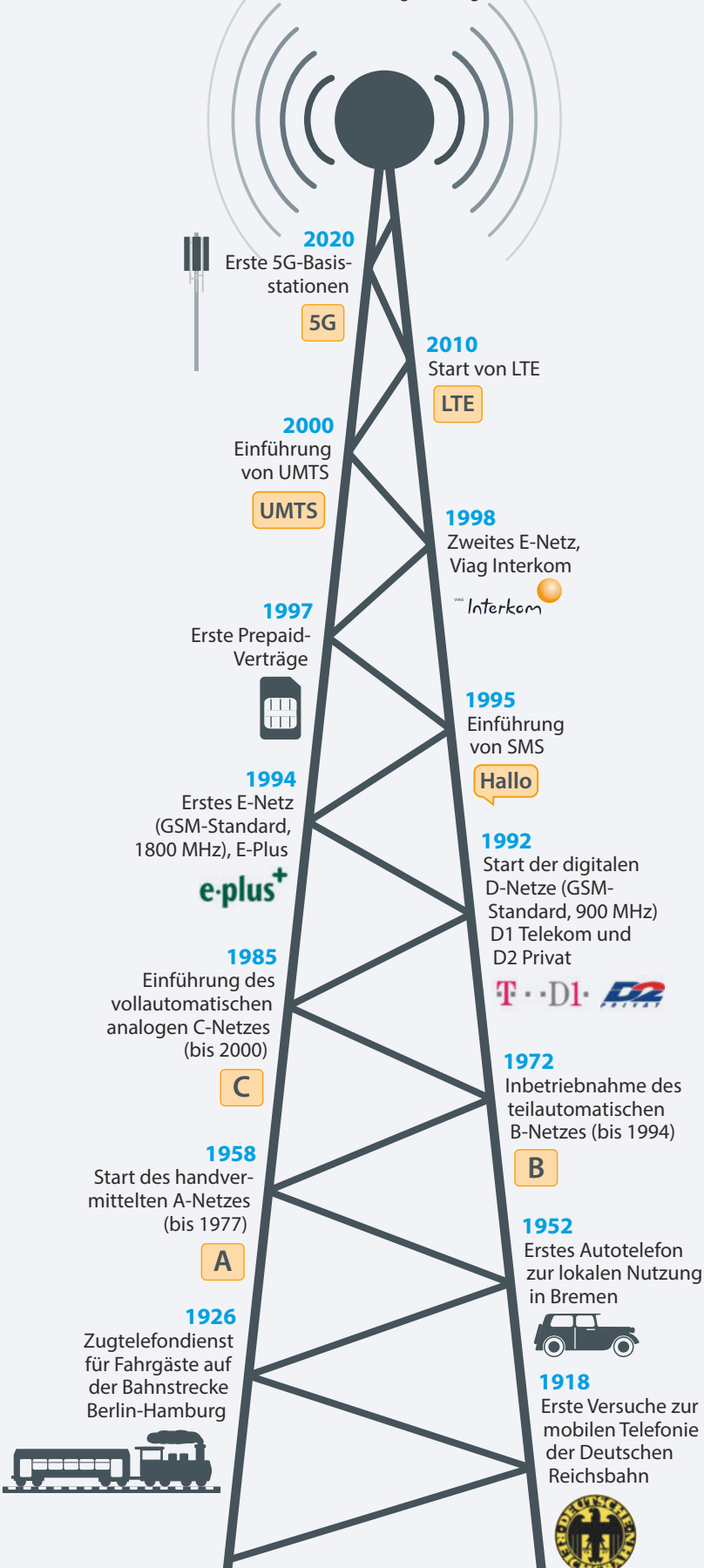
► Versendete SMS

Schon seit 2012 ist die Zahl verschickter SMS rückläufig. Genutzt wird der Dienst aber immer noch, beispielsweise zur Übermittlung von TANs.¹



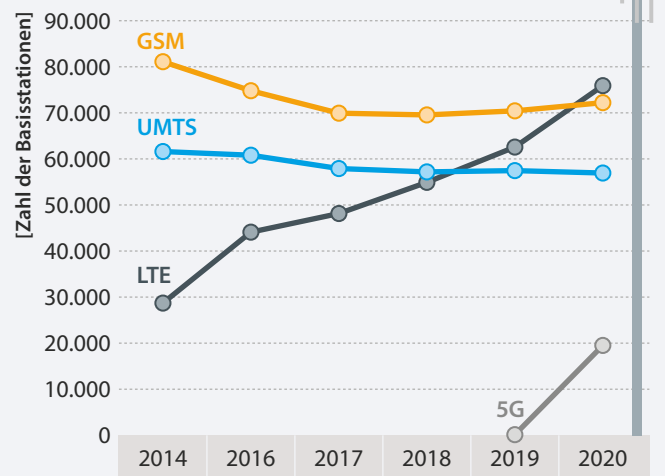
► Mobilfunk-Meilensteine

Aus dem anfänglichen Luxusgut mobiler Kommunikation ist in mehr als 100 Jahren ein Massengeschäft geworden.³



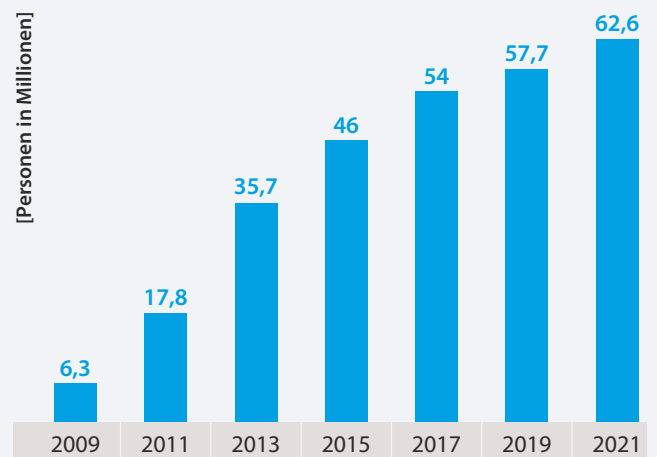
► Anzahl der Basisstationen

Nach dem Abschalten des UMTS-Netzes im vergangenen Jahr wird die Zahl der LTE- und 5G-Basisstationen weiter wachsen.¹



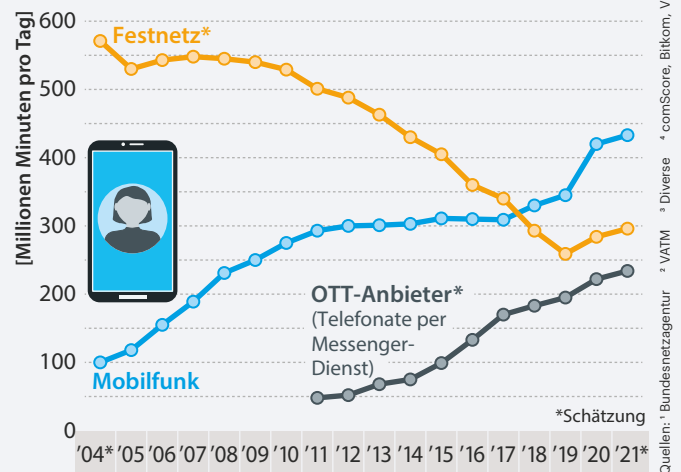
► Anzahl der Smartphone-Nutzer

Smartphones haben konventionelle Handys im Laufe von 12 Jahren in Deutschland fast komplett verdrängt.⁴



► Telefonminuten

Die Coronapandemie sorgte für einen kleinen Boom bei Telefonaten. Am meisten konnten die Mobilfunknetze davon profitieren.²





Ganz neues Geld

Der lange Weg zum digitalen Euro

Die Europäische Zentralbank entwickelt eine digitale Währung. In diesem Überblick beleuchten wir, welche Vorteile ein digitaler Euro gegenüber privaten Währungen wie dem Bitcoin hätte, was sich die Finanzwelt von einem digitalen Euro verspricht und ob er das Bargeld bedroht.

Von Tobias Weidemann

Zum gewohnten Bargeld, zu den verschiedenen bargeldlosen Zahlungsmöglichkeiten per Konto, Karte oder App und zu Kryptowährungen wie Bitcoin & Co. könnte sich hierzulande bald eine weitere Form des Geldes gesellen: der digitale Euro. Aber warum braucht es eigentlich eine weitere digitale Währung, wo man doch heute schon bequem per PayPal, Apple Pay oder Bitcoin digital bezahlen kann?

Stellen Sie sich dazu als mögliches Szenario vor, dass Sie über Ihr Bankkonto digitale Euros in ein Wallet laden, mit dem Sie über Ihr Smartphone oder eine Plastikkarte in Echtzeit zahlen. Anders als bei der „Geldkarte“, jener einst zum schnellen Bezahlen gedachten Zusatzfunktion der

Girocard, könnten Banken und Zahlungsdienstleister nach dem Aufladen nun aber außen vor bleiben.

Stattdessen wechseln nur einige Token in Echtzeit von einem Wallet ins andere – egal, ob Sie einer Freundin die mitgebrachte Tüte Pommes erstatten, im Laden eine Zeitschrift kaufen oder online Schuhe bestellen. Im ersten Fall halten Sie Smartphones aneinander oder an eine „Walletkarte“, im Laden nutzen Sie ein Kassenterminal und beim Onlineshopping eine Browser-Erweiterung.

Im aus Verbrauchersicht besten Fall bringen diese digitalen Euros die gleichen Vorteile mit wie Bargeld: Sie sind anonym, leicht zugänglich, einfach nutzbar und gegen technische Ausfälle gewappnet. Sie brauchen im Unterschied zu PayPal oder Apple Pay keine an Entgelten und Daten interessierten Banken und Dienstleister als Vermittler. Sie funktionieren nach verlässlichen und simplen Regeln, unterliegen im Unterschied zu Bitcoin & Co. keinen extremen Wechselkursschwankungen und sind zukunftssicher. Sie verdrängen die klassischen Münzen und Scheine nicht, sondern ergänzen sie.

Ob es wirklich so kommt, ist noch offen. Die Europäische Zentralbank (EZB) führt derzeit ein Projekt durch, in dem sie einen „digitalen Euro“ in verschiedenen Varianten erprobt, um der Politik anschließend Empfehlungen vorzulegen. Die Basis dieser digitalen Zentralbankwährung (Central Bank Digital Currency, CBDC) würde voraussichtlich eine von der EZB verwaltete und ihrer Geldpolitik unterliegende Infrastruktur bilden.

Ein digitaler Euro für Bürger ...

Doch was wird man mit digitalem Zentralbankgeld genau tun können, abgesehen von den genannten hypothetischen Beispielen? Dazu gibt es eine Vielzahl an Ideen und Szenarien. Die Ausgestaltung der Währung wird direkten Einfluss darauf haben, ob sich daraus ein Mehrwert ergibt oder ob das Ganze im Prinzip nicht mehr bringt, als man mit Apple Pay, PayPal, der SEPA-Echtzeitüberweisung oder anderen bereits bestehenden Diensten auch realisieren könnte.

Unter anderem versprechen sich viele Experten von einem digitalen Euro eine preiswerte Möglichkeit, nationale und vor allem internationale Zahlungen schneller und einfacher anzuweisen. Das betrifft Zahlungen zwischen Privatpersonen, noch mehr aber zwischen Unternehmen, die so eine dokumentierbare Zahlungsmöglichkeit erhalten.

Ein weiterer wichtiger Bereich sind Micro Payments, also die Zahlung von Kleinstbeträgen. Sie sind aufgrund der Kostenstrukturen von Zahlungsdienstleistern und Banken in bargeldloser Form bis heute unverhältnismäßig teuer: Händler entrichten pro Zahlung selbst bei Centbeträgen meist einen fixen Sockelbetrag plus ein prozentual an der Höhe des Umsatzes berechnetes Entgelt. Diese Kosten geben sie über die Produktpreise an die Verbraucher weiter. Für Micro Payments könnte ein digitaler Euro, der billig bis kostenneutral arbeitet, ganz neue Geschäftsmodelle schaffen.

... und für Unternehmen

Ein digitaler Euro kann auch in automatisierten Zahlungsprozessen zum Einsatz kommen, insbesondere Machine-to-Machine-Payment im Internet of Things (IoT). Denkbar ist dies, wenn ein E-Auto an der Ladesäule auflädt, wenn Drucker selbstständig Verbrauchsmaterialien wie Toner nachbestellen oder wenn Unternehmen häufig bedarfsweise Spezialinforma-

c't kompakt

- Der digitale Euro würde an den Euro gekoppelt und wäre damit kein Spekulationsobjekt wie der Bitcoin.
- Er könnte digitale Transaktionen erlauben, ohne dass Dritte davon Kenntnis erhalten oder Gebühren erheben.
- Die sichere Einführung ist komplex, sodass der erhoffte Start 2025 als überaus ambitioniert gilt.

tionen wie Flugwetterdaten gegen Entgelt abrufen: Eine digitale Währung erlaubt flexible, automatische und anonyme Zahlungen in Echtzeit. So sind auch Finanzierungsmodelle auf Nutzungsbasis denkbar, etwa die geleaste Industriemaschine, die in Echtzeit nach Zahl der produzierten Werkstücke abrechnet. Das Geld könnte zudem so programmiert werden, dass die Maschine es nur für diesen Zweck verwenden kann – etwas, das mit klassischem Giralgeld auf Bankkonten nicht geht.

Nicht zuletzt kann ein digitaler Euro bei speziellen Geschäften zwischen Unternehmen relevant werden, die über automatisierte und nahezu fälschungssichere Verträge laufen, sogenannte Smart Contracts. Die Vertragsparteien fassen sie nicht nur nach vorgegebenen Regeln digital ab und hinterlegen sie unveränderbar auf einer Blockchain. Sie rechnen sie mithilfe elektronischen Geldes auch in Echtzeit bei Erfüllung ab [1]. Im Gespräch mit Vertre-

tern von Banken und Finanzdienstleistungsunternehmen wird schnell deutlich, dass sie solch eine weitergehende Konzeption des digitalen Euro wünschen, wie ihn die EZB derzeit eher in Umrissen skizziert.

Die Deutsche Kreditwirtschaft (DK), der Zusammenschluss der fünf kreditwirtschaftlichen Spitzenverbände in Deutschland, pocht nicht nur auf das bewährte zweistufige Bankensystem aus Zentral- und Geschäftsbanken: Die Kreditinstitute sollen ihre angestammten Aufgaben behalten. Sie spricht sich auch für drei nebeneinander stehende Varianten des digitalen Euro aus. Neben der „Retail CBDC“ für den privaten Alltagsgebrauch sollte es nach ihren Vorstellungen auch eine „Wholesale CBDC“ geben, die an den Kapitalmärkten sowie im Interbankenverkehr zwischen Banken und Sparkassen genutzt würde. Hinzu kämen sogenannte Giralgeldtoken für den Einsatz in der Industrie und für mehr oder weniger automatisierte Anwendungen im industriellen Internet of Things.

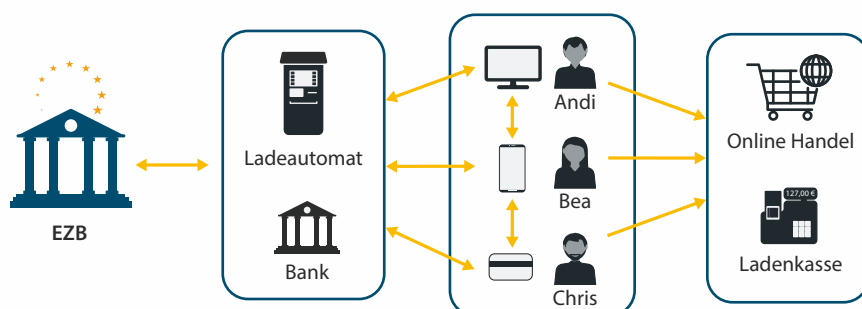
Der digitale Euro müsse wie Bargeld anonym über eine E-Wallet nutzbar sein, die auch offline funktioniere (also auch beispielsweise unabhängig von einem Smartphone). Einige Projekte in anderen Ländern arbeiten bereits mit Wholesale-Lösungen. Diese sind stets für einen begrenzten Nutzerkreis erhältlich, der sie entweder für Zahlungsvorgänge zwischen Unternehmen oder im Wertpapierhandel nutzen kann.

Kein Stablecoin ...

Laut ihrer Präsidentin Christine Lagarde will die EZB mit dem digitalen Euro „sicherstellen, dass Bürger und Unterneh-

Mögliche Nutzung des digitalen Euros

Verbraucher könnten mit einem digitalen Euro über ein Wallet zahlen, das sie über eine spezielle Ladeinfrastruktur füllen und ähnlich wie Bares für P2P-Geldtransfers und im Handel nutzen können.



men auch im digitalen Zeitalter Zugang zur sichersten Form des Geldes, dem Zentralbankgeld, haben“. Doch die Beweggründe der EZB und der Politik sind deutlich vielfältiger. Zum einen möchten sie die europäische Wirtschaft bei digitalen Finanzmarktinnovationen unterstützen. Zum anderen wollen die Entscheidungsträger nicht riskieren, dass digitales Geld und damit ein innovatives Finanzinstrument nichtstaatlichen Organisationen vorbehalten bleibt – ganz zu schweigen von klassischen Kryptowährungen wie Bitcoin, Ethereum oder Ripple, die sich dem staatlichen Geldsystem komplett entziehen.

In Zugzwang fühlt man sich vor allem angesichts der Pläne des Diem-Konsortiums. Dieses will unter der Führung des Facebook-Konzerns Meta gemeinsam mit zahlreichen Unternehmen der Finanzwirtschaft und der E-Commerce-Szene die private Digitalwährung „Diem“ einführen. Ursprünglich einmal „Libra“ genannt, könnte Diem eine Art privatwirtschaftliche Komplementärwährung werden. Sie würde aber auch Risiken für die bestehenden Währungssysteme schaffen. Der Diem als Stablecoin soll nämlich direkt an „stabile“ Währungen gebunden und durch Kapitalreserven vollständig gedeckt sein. Der dafür zunächst angedachte „Währungskorb“, der Dollar, Euro, Yen und wei-

tere Währungen enthalten hätte, ist zwar inzwischen vom Tisch. Der Diem soll sich nun länderspezifisch an einzelnen Leitwährungen orientieren, sodass in einer Vertrauenskrise in den Diem nicht mehr dutzende Volkswirtschaften auf einmal betroffen wären. Doch das beruhigt die Währungshüter noch nicht.

Zu den erklärten Zielen von Diem gehörte ursprünglich, ein einfaches Zahlungsmittel insbesondere in Schwellenländern anzubieten. Dort haben viele Verbraucher bisher nur eingeschränkten oder überhaupt keinen Zugang zu Bankdienstleistungen. Auch schnellere und billigere grenzüberschreitende Finanztransaktionen sollten ohne ein größeres Risiko möglich werden. Doch es bleibt offen, ob dieses privatwirtschaftliche Konsortium hinreichend sicherstellen kann, dass die von ihm herausgegebenen Werte auch wieder eingelöst werden. Das wiederum berührt die Frage nach der finanziellen Stabilität des Diem selbst.

Zwar ist es um den Diem ruhig geworden, seit die Diem Association im Mai 2021 aus der Schweiz in die USA gezogen ist. Daher lässt sich derzeit nicht abschätzen, ob und wann die auf Ethereum basierende Blockchain-Währung auf den Markt kommt. Doch die Reaktionen der Finanzaufsichtsbehörden und Zentralbanken

lassen wenig Zweifel daran, dass sie eine solche Währung ihrerseits reguliert wissen wollen. Zugleich haben sie verstanden, dass es weit über Diem hinaus Innovationen im digitalen Finanzwesen gibt, an denen Unternehmen und Verbraucher teilhaben wollen – und digitale Währungen könnten dazugehören.

Die Zentralbanken – übrigens nicht nur in der Euro-Region (siehe Kasten auf S. 113) – sind daher sehr interessiert daran, eine digitale Version ihrer Währungen zu schaffen. Sie wollen die Deutungshoheit bei diesem Thema lieber selbst in der Hand haben, als nur zu reagieren. Das gilt nicht zuletzt für den Wettbewerb mit anderen Ländern und deren Zentralbanken. Wer schneller ist als andere, könnte Vorteile haben, sobald sich echte Mehrwerte gegenüber dem jetzigen Geldsystem zeigen.

... und kein Bitcoin

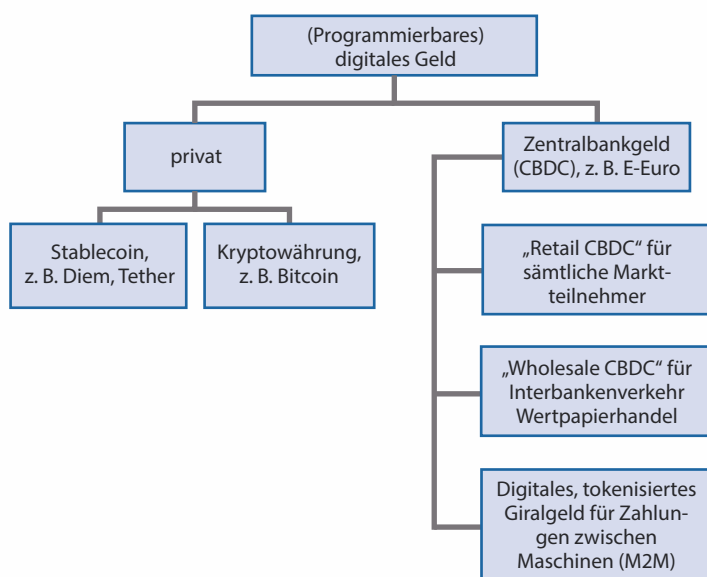
Abzugrenzen ist das digitale Zentralbankgeld außerdem von klassischen Kryptowährungen. Letztere sind nicht durch materielle Güter wie Edelmetallreserven gedeckt. Ebenso wenig garantiert ein behördlich legitimer Emittent wie eine Bank oder eine zentrale öffentliche Einrichtung für ihren Wert. Um das erforderliche Vertrauen in Geldschöpfung und Transaktionen zu schaffen, wird ihnen daher ein Proof of Work oder ein Proof of Stake zugeschrieben.

Proof of Work („Arbeitsnachweis“) bedeutet grob formuliert, dass Computer in einem dezentralen Netzwerk zunächst elektrizitäts- und ressourcenintensiv komplizierte kryptografische Rechenaufgaben lösen. Diese lassen sie sich von der Mehrheit der Netzwerkknoten bestätigen, damit die Transaktionen in einer Datenbank (Blockchain) eingetragen und irreversibel gültig werden. Beim ressourcensparenden Proof of Stake („Anteilsnachweis“) erzielt das Blockchain-Netzwerk per Zufallsauswahl Konsens darüber, wer als nächster in die Blockchain schreiben darf – wobei die Auswahl auch nach dem Besitzanteil an der Gesamtgeldmenge gewichtet wird, oder danach, wie lange der Teilnehmer dem Netzwerk bereits angehört.

Vehikel wie der Bitcoin stellen zwar ein durchaus innovatives Finanzinstrument dar und sind bestenfalls das „Gold der Zukunft“. Sie kommen aber aufgrund ihrer Volatilität, ihres Wechselkursrisikos und der Transaktionskosten (jedenfalls im Proof of Work) für Bezahlvorgänge nicht oder kaum infrage. Eine digitale Zentral-

Formen von digitalem Geld

Zwar handelt es sich bei digitalem Zentralbankgeld wie bei Bitcoin oder Diem um ein digitales Zahlungsmittel, abgesehen davon haben sie aber wenig miteinander gemeinsam.



bankwährung ist hingegen schon vom Prinzip her keine Kryptowährung wie Bitcoin oder Ethereum, sondern nur eine Erscheinungsform einer bestehenden Währung, ähnlich wie Münzen oder Scheine – selbst dann, wenn sie technisch auf einer Blockchain verwaltet wird.

Zentralbankgeld in Bürgerhand?

Ein Novum beim E-Euro ist, dass die Bürger in schuldnischer Hinsicht erstmals direkten Zugang zu unbarem Zentralbankgeld erhalten könnten. Derzeit kommen sie nur über Banknoten und Münzen an Geld, das die Zentralbank herausgegeben hat. Beim Buch- oder Giralgeld, das auf ihren Konten liegt, haben die Bürger schuldnischer bisher ausschließlich mit Geschäftsbanken zu tun. Nur diese haben über Konten bei den Zentralbanken Zugang zu unbarem Zentralbankgeld, nur sie erzeugen Buchgeld.

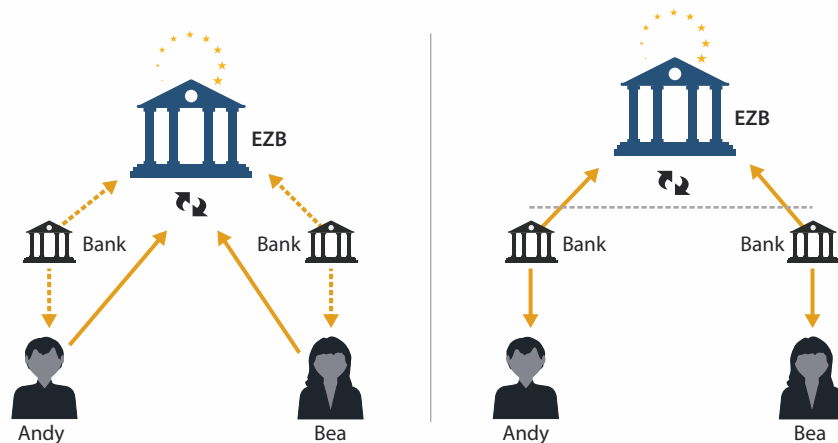
Gäbe die Zentralbank den digitalen Euro heraus, wäre das ein entscheidender Unterschied: Die Bürger hätten damit gegenüber der Zentralbank und damit dem Staat eine direkte Forderung. Theoretisch könnte dann eine Flucht aus dem Giral- in digitale Geld stattfinden, die die Banken kollabieren lässt – doch in den westlichen Industrieländern dürfte es in der Praxis derzeit abseits von Verschwörungsmäthen keinen ernsthaften Unterschied geben. Das Vertrauen in die Banken ist hoch.

Die Initiatoren des E-Euro haben schon sehr früh deutlich gemacht, dass sich an der gewohnten Rollenverteilung nichts grundlegend ändern soll. Das Vertrauen in die Geschäftsbanken, die Kredite vergeben und Einlagen verzinslich aufbewahren, ist schließlich ein wichtiges Element der Finanzsysteme in den Industrieländern.

Das digitale Zentralbankgeld soll außerdem, das betont die EZB ausdrücklich, eine Ergänzung zum Bargeld bleiben, das die Geschäftsbanken in Umlauf bringen. Daher könnte dieses Nebeneinander von Zahlungsmitteln beim digitalen Euro am Ende doch ähnlich reglementiert sein wie die Rollenverteilung beim Bargeld: Die EZB oder in ihrem Auftrag die nationalen Zentralbanken stellen den digitalen Euro und die Infrastruktur mit all ihrer Komplexität bereit. Dienstleister wie Banken und Sparkassen, die der Bankenaufsicht (in Deutschland BaFin) unterliegen, verteilen ihn an die Bürger und kümmern sich als Intermediäre im Zusammenspiel mit der Zentralbank um die Zahlungsabwicklung und -verbuchung. Die EZB hat

Zentrale Organisation

Im linken Szenario führen Endnutzer Konten direkt bei der EZB. Sie wickelt auch die Zahlungen ab. Banken bliebe eine Hilfsrolle, etwa beim Aufladen der Wallet. Im rechten Szenario führen sie stattdessen als „Intermediäre“ die Konten.



mehrere Möglichkeiten skizziert, wie die Zahlungsinfrastruktur gestaltet sein könnte (siehe Kästen oben und auf S. 112).

Um zusätzliche Stabilität zu schaffen, ist pro Bürger innerhalb der EU außerdem ein Maximalbetrag von 3000 bis 4000 digitalen Euros im Gespräch, den sie in Zukunft in elektronischen Wallets halten könnten. Eine Verzinsung soll ebenso wenig stattfinden können wie eine Abkopplung vom Euro – im Gegenteil wäre der digitale Euro 1:1 an den Eurokurs gebunden. Auch für Spekulanten, die das Auf und Ab klassischer Kryptowährungen wie Bitcoin zur Gewinnerzielung nutzen und die Stabilität einer Währung gefährden können, hätte der digitale Euro folglich keinen Mehrwert.

Technische Belastbarkeit

Ein wichtiges und valides Argument, das Bargeldbefürworter gegen digitale Währungen vorbringen, ist die technische Ausfallsicherheit und damit Resilienz des Zahlungssystems mit Scheinen und Münzen.

Schon aus diesen Erwägungen wäre es ein vernünftiger Schritt, wenn nicht jede Geschäftsbank für einen digitalen Euro eine eigene zusätzliche Infrastruktur schaffen müsste, sondern diese vollständig durch die EZB aufgebaut oder zumindest vorgegeben wird. Denn IT-Ausfälle, Stromausfälle oder Cyberangriffe könnten sich als Gefahr für den digitalen Euro erweisen. Somit wird ein System rund um den elektronischen Euro voraussichtlich auch unter die Kritischen Infrastrukturen im Sinne der KRITIS-Verordnung des Bun-

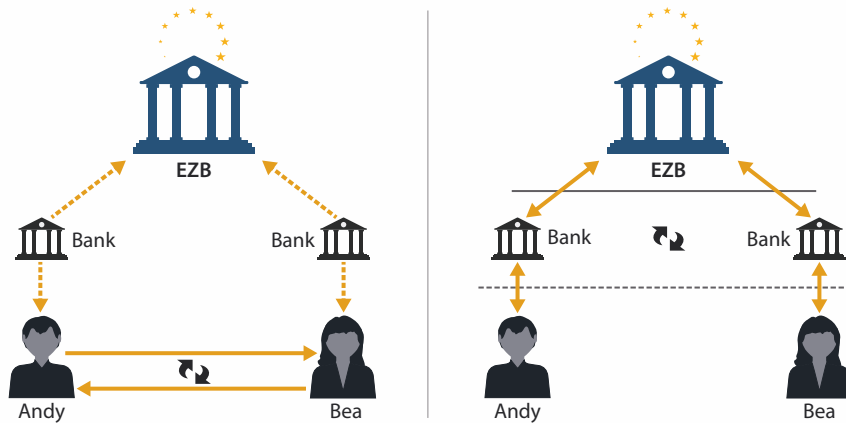
desamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) fallen.

Das Transaktionsvolumen eines digitalen Euro wird hingegen an keine technischen Grenzen stoßen. Darüber sind sich die Beteiligten einig. Das gilt bereits für das bestehende Zahlungsverkehrssystem der Zentralbanken in der Eurozone (TARGET2, Trans-European Automated Real-time Gross Settlement Express Transfer System). Seine Echtzeitplattform TIPS (TARGET Instant Payment Settlement) ermöglicht es Bürgern und Unternehmen schon heute, Geldüberträge untereinander mithilfe der Zentralbank innerhalb weniger Sekunden durchzuführen. TIPS gründet sich seinerseits auf die Vorgaben von SEPA Instant Credit Transfer (SCT Inst), das Schema für europaweite Echtzeitüberweisungen. Ein Experiment der EZB ergab, dass es über 40.000 Transaktionen pro Sekunde verarbeiten kann, während es im aktuellen Betrieb durchschnittlich 10.000 sind. Eine alternativ getestete Blockchain brachte es zwar nur auf 15.000 Transaktionen, sie könnte aber auf 325.000 skaliert werden.

Die Tests haben zudem gezeigt, dass Architekturen möglich sind, die zentrale und dezentrale Elemente kombinieren, was sowohl der Leistungsfähigkeit als auch der Sicherheit zugutekäme. Außerdem untersuchte die EZB die Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit einer solchen Kerninfrastruktur für einen digitalen Euro. Demnach sei der Energieverbrauch für zehntausende Transaktionen pro Sekunde bei den getesteten Architek-

Dezentrale Organisation

Links führen Endnutzer die digitalen Euros selbst in Wallets und wickeln Zahlungen direkt miteinander ab, etwa über eine Blockchain. Banken könnten die Wallets ausgeben und aufladen. Im hybriden Szenario rechts lägen die Wallets bei Banken, die die Zahlungen untereinander abwickeln.



turen im Vergleich zu Kryptowährungen wie Bitcoin vernachlässigbar.

Anonymität ist möglich

Bleibt noch die Frage nach dem Datenschutz und der Privatsphäre der Verbraucher. Gerade diese Punkte werden wesentlich über die Akzeptanz oder Ablehnung entscheiden, wie aktuelle Befragungen der Europäischen Zentralbank und der Bundesbank belegen. Prinzipiell, so befürchten Kritiker, könnte der Staat sämtliche Transaktionen nachvollziehen, der Bürger dadurch „gläsern“ werden – umso mehr dann, wenn der digitale Euro entgegen aller Beteuerungen einer kompletten Abschaffung des Bargeldes Vorschub leisten würde. Das weckt Ängste, die Bürger könnten in Zukunft nicht mehr anonym einkaufen, ohne dass der Staat zuschaut oder ihnen bestimmte Finanztransaktionen verweigert.

Anonymität könnten zum Beispiel Zero-Knowledge-Proof-Protokolle herstellen, wie sie in der Kryptografie und der Blockchain-Welt auch heute schon zum Einsatz kommen. Grob vereinfacht handelt es sich bei diesem „kenntnisfreien Beweisprotokoll“ um Mechanismen, mit denen eine Instanz oder Person einer anderen beweisen kann, dass sie etwas weiß, ohne dieses Wissen an sich preiszugeben. Der „Beweiser“ vermittelt so dem „Verifizierer“, dass er etwas weiß, und der Verifizierer bestätigt seinerseits, dass er die Legitimation überprüft hat. So könnte sich auch ein Bürger gegenüber einem Ge-

schäft, vor allem aber der EZB als Zahlungsberechtigt legitimieren, ohne Rückschlüsse auf seine Identität zu erlauben.

Ebenfalls mit Einschränkungen denkbar sind Anonymity-Voucher-Konzepte, wie sie in einem Prototyp der EZB schon zum Einsatz kamen. Dabei würde der Staat anonymisierte Zahlungen per Gesetz garantieren, solange der Zahler bestimmte Volumina innerhalb eines bestimmten Zeitraums nicht überschreitet. Erst bei höheren Summen müsste er sich identifizieren. So entstünde ein Kompromiss aus weitgehender Anonymität und hinreichender Geldwäscheprävention, die nicht nur in der EU eine immer größere Rolle spielt. Einen Nachteil gibt es aber: Während diese Anonymität gegenüber der Zentralbank gilt, können die Transaktionsdaten für Banken durchaus zugänglich (und somit nicht anonym) sein.

Möglich wären als dritte Lösung außerdem private Kanäle innerhalb einer Distributed-Ledger-Technologie, de facto also Blockchain. Die handelnden Akteure würden dann nur eine Bestätigung über die Zahlungsauslösung erhalten. Abgesehen von diesen auf den reinen Zahlungsprozess fokussierten Überlegungen sollte aber klar sein, dass eine kommerzielle Überwachung von Kaufvorgängen zumindest im Onlinehandel schon heute regelmäßig stattfindet.

Kunden können ihr Grundrecht auf Privatsphäre immer seltener sinnvoll schützen, weil bei einer Transaktion auch Daten oder Waren übertragen werden und

es etliche Indizien für Dritte oder den Staat gibt, wer was mit wem ausgetauscht hat. Doch mit entsprechenden Vorgaben der Zentralbanken könnte zum Beispiel bei digitalen Waren und Dienstleistungen eine reine Zahlungsauslösungsbestätigung erfolgen, ohne dass die Kunden persönliche Daten preisgeben müssen – ein Recht, auf das alle Beteiligten pochen sollten.

Der Fahrplan zum digitalen Euro

Der EZB-Rat hat sich im Sommer 2021 auf einen vorläufigen Zeitplan für eine mögliche Einführung des digitalen Euros geeinigt. Danach soll die EZB zunächst Vorüberlegungen zur konzeptionellen Ausgestaltung, zu Anwendungsfeldern und technologischen Arbeitsabläufen durchführen. Außerdem soll sie untersuchen, wie sie den digitalen Euro an Händler und Privatpersonen verteilen kann, welche Auswirkungen er auf die Finanzmärkte haben könnte und welche rechtlichen Änderungen in den Gesetzen der EU und ihrer Mitgliedsstaaten erforderlich wären.

Zentrales Element sind dabei nach den Worten des EZB-Rats Sicherheitsvorkehrungen, mit dem Ziel, „rechtswidrige Aktivitäten zu verhindern und etwaige unerwünschte Auswirkungen auf die Finanzstabilität und die Geldpolitik zu vermeiden“. Außerdem sollen Banken und Finanzdienstleister sowie Digitalunternehmen bereits in diesem frühen Stadium Konzepte für Anwendungen entwickeln, die mit einem digitalen Euro möglich wären.

Diese Untersuchungsphase, die im Sommer 2021 begonnen hat, soll im Laufe des Jahres 2023 abgeschlossen sein. Im Anschluss, so die Planung, könnte ein Prototyp der Digitalwährung entwickelt werden. Dieser würde dann erprobt und möglicherweise nach zwei Jahren in den Regelbetrieb überführt. Die Jahreszahl 2025, die die EZB im Sommer nannte, scheint aber ein sehr ambitioniertes Ziel für einen Regelbetrieb zu sein. Sie setzt voraus, dass es keine Verzögerungen oder größeren unvorhersehbaren Konflikte gibt. Doch auch wenn die EZB noch mit vielen Konjunktiven arbeitet und auch ein Scheitern des Projekts nicht ausschließt, gehen Banking-Experten davon aus, dass ein digitaler Euro in irgendeiner Form über kurz oder lang entstehen wird.

Einfluss auf Inhalte und Fahrplan des digitalen Geldes im Euroraum könnte außerdem die European Payment Initiative (EPI) nehmen. Sie setzt sich aus gut 30

Banken und Zahlungsdienstleistern zusammen und will ein gemeinsames europäisches, von Finanzkonzernen aus Übersee unabhängiges Zahlungssystem schaffen. Es soll nationale Systeme wie die deutsche Girocard bündeln oder ersetzen und im Onlinehandel wie auch an der Ladenkasse sowie für P2P-Zahlungen funktionieren.

Die endgültige Entscheidung darüber, ob die in der Initiative vertretenen Institute die veranschlagten immerhin rund 1,5 Milliarden Euro investieren werden, war bei Redaktionsschluss noch nicht gefallen. Die Zentralbanken, im deutschen Fall also die Bundesbank, wirken nur moderierend in diesem Prozess mit. Ob EPI und digitaler Euro anschlussfähig wären und von der gemeinsamen Initiative profitieren würden, ist unklar – es wäre jedoch nicht effizient, EPI und digitalen Euro nebeneinander zu betreiben. Sinnvoll wäre es allerdings – das fordern vor allem die Befürworter des digitalen Euro –, wenn die beiden Themenfelder nicht für sich betrachtet würden.

Der digitale Euro kommt (wahrscheinlich)

Unterm Strich bietet eine digitale Zentralbankwährung wie der digitale Euro viele Chancen. Er eröffnet die Möglichkeit, die Vorteile des Bargeldes in die digitale Sphäre zu übertragen und so einen digitalen

Zahlungsverkehr zu schaffen. Dieser könnte sichere, weitestgehend anonyme Zahlungen gewährleisten, die den Bürgern Unabhängigkeit von marktbeherrschenden Konzernen sowie digitale Teilhabe sichern.

Doch noch ist vieles unklar beim digitalen Euro: Wird er überhaupt in der heute angedachten Form in den Regelbetrieb kommen und wie lassen sich die Anwendungsfälle, für die ein digitaler Euro vorrangig geeignet sein soll, tatsächlich effizient und risikoarm abwickeln? Und, wenn ja, werden ihn die Europäer akzeptieren und nutzen?

Eine internationale Untersuchung des Finanztechnologieunternehmens Giesecke+Devrient hat gezeigt, dass es in dieser Frage in einzelnen Ländern deutliche Unterschiede je nach Entwicklungsgrad der Bezahlinfrastrukturen gibt: In Nigeria, wo der „eNaira“ kürzlich in den Regelbetrieb ging, erklärten 91 Prozent der Befragten, dass sie digitales Zentralbankgeld wahrscheinlich nutzen würden. In den USA sind es nur 24 Prozent und in Deutschland gerade einmal 14 Prozent.

Auffällig ist allerdings auch, wie zurückhaltend bis konservativ die EZB das Thema angeht und stets betont, dass der digitale Euro das bestehende bargeldbasierte und bargeldlose Bezahlen nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen werde. Auch der kürzlich ausgeschiedene Bun-

desbankpräsident Jens Weidmann hatte in der Vergangenheit erklärt, dass Sicherheit wichtiger sei als Schnelligkeit bei der Einführung. Gerade die Auswirkungen einer solchen Innovation müssten eingehend geprüft werden.

Ob die europäische Bevölkerung ein solches System am Ende trotz der momentanen Skepsis nutzen wird, hängt stark davon ab, ob ein Mehrwert bei Bezahlvorgängen sichtbar wird. Das betrifft einerseits die bestehenden bankenspezifischen Alternativen rund um Girokonten und Bezahlkarten. Ein digitaler Euro muss aber auch Vorteile gegenüber jenen alternativen Bezahlwerkzeugen bieten, die Digitalkonzerne wie Apple, Google oder PayPal bereitstellen.

Zudem setzt es eine breitere Akzeptanz voraus, dass der digitale Euro sowohl für Verbraucher als auch für Unternehmen so einfach und sicher zu nutzen ist wie Buch- und Bargeld. Die berühmten „Killerapplikationen“ dafür sind allerdings noch nicht in Sicht – schließlich ist der europäische Raum zumindest in weiten Teilen kein Schwellenmarkt, dessen Bürgern es an ausreichender Bankendichte oder Alternativen fehlen würde.

(mon@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Lars Hupel, Verträge im Ether, Eine Einführung in die Ethereum-Blockchain, c't 10/2021, S. 122

Digitale Zentralbankwährungen im internationalen Überblick

Aktuell arbeiten insgesamt 90 Staaten weltweit an digitalen Zentralbankwährungen oder prüfen eine Einführung. Diese repräsentieren mehr als 90 Prozent der weltweiten Wertschöpfung. Im Regelbetrieb sind digitale Zentralbankwährungen bereits in einer Reihe von Karibikstaaten (etwa Antigua, St. Lucia und Grenada) sowie auf den Bahamas und in Nigeria. Immerhin 16 weitere Staaten haben Pilotprojekte gestartet, darunter in Europa Schweden, Litauen und die Ukraine.

Das wohl meistdiskutierte Pilotprojekt findet in China statt. Die Volksrepublik forscht seit 2014 an digitalen Währungen. Vor einigen Monaten brachte sie bereits einen digitalen Yuan auf den Markt und verteilte im Rahmen eines Feldversuchs digitales Geld im Wert von 6,2 Millionen US-Dollar. 21 Millionen Chinesen

sollen nach Angaben der Regierung bereits über eine entsprechende Wallet verfügen.

Zwar betont die People's Bank of China, dass diese Währung lediglich für den inländischen Gebrauch bestimmt sei. Dennoch befürchtet beispielsweise die US-Regierung, dass der digitale Yuan den US-Dollar mittelfristig schwächen könnte. Er könnte diesem international als Zahlungsmittel Konkurrenz machen, ebenso dem internationalen Zahlungsnetzwerk SWIFT, über das die USA weitgehende Kontrolle haben. Ebenso sind in China staatliche Restriktionen gegenüber Fremdwährungen denkbar, zumal die chinesische Regierung rigide gegen freie Kryptowährungen ins Feld zieht. Für die Olympischen Winterspiele 2022 hat die chinesische Regierung angekündigt, auch

ausländischen Besuchern die Nutzung des digitalen Yuan ermöglichen zu wollen.

Weiterhin sind derzeit in mehr als einem Dutzend Ländern beziehungsweise Währungsräumen Projekte in der Entwicklung – neben der Eurozone auch in der Schweiz, in Kanada, Brasilien und Russland. Eine Aufstellung des Atlantikrates kommt auf etwa 40 weitere Digitalwährungsinitiativen in der Forschungsphase sowie auf acht inaktive und zwei abgebrochene Projekte (für eine Auswahl siehe Karte). Diese Zahlen beziehen sich auf die Situation im November 2021. Als der Atlantikrat seine Aufstellung im Mai 2020 erstmals veröffentlichte, zogen gerade einmal 35 Länder eine digitale Zentralbankwährung in Betracht. Das zeigt die Dynamik, die das Thema Digitalwährungen in den letzten Monaten bekommen hat.

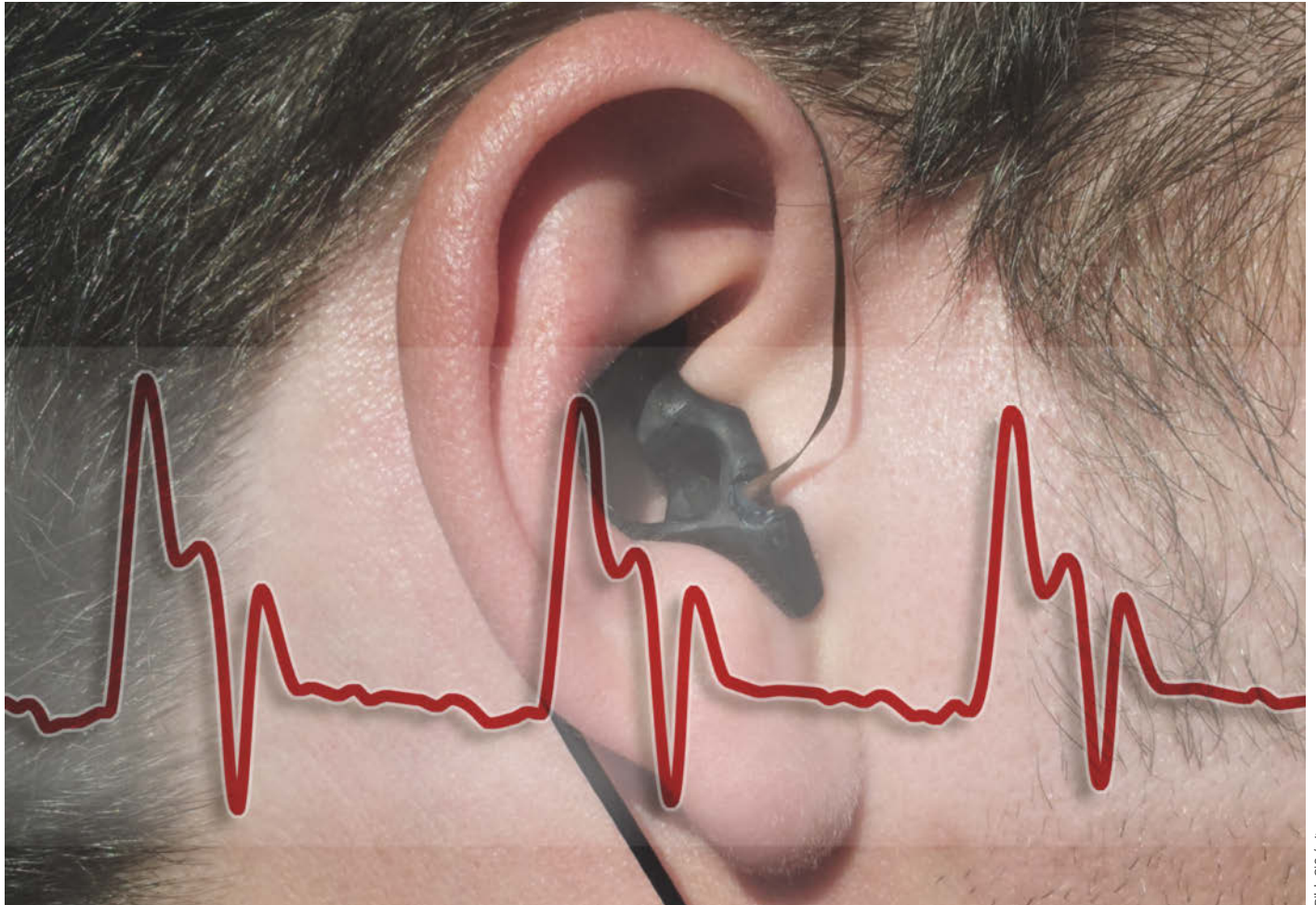


Bild: CIS / ct

Labor im Ohr

Wearables messen den Blutdruck exakt und kontinuierlich

Hörgeräte messen nebenbei ständig den Blutdruck – oder eine leichte Manschette erledigt das ohne Aufpumpen und andere Unannehmlichkeiten. Die Werte werden per Bluetooth übertragen. Technik dieser Art könnte bald den Alltag prägen.

Von Arne Grävemeyer

Ein hochsensibler Drucksensor macht exakte Blutdruckmessungen an den Kapillaren im Gehörgang möglich. Tatsächlich: Ein Sensor auf der Haut, versteckt im Gehörgang, kann Druckschwankungen an feinen Blutgefäßen sicher messen. Ebenso lassen sich an dieser Stelle auch optische Verfahren nutzen – über den Blutdruck hinaus können sie auch die Pulsfrequenz ermitteln, wie ein Forschungsprojekt des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) gezeigt hat. Zudem verspricht eine neuartige leichte Manschette für Oberarmmessungen, den Blutdruck akkurat und über lange Zeiträume zu kontrollieren. Hochqualitative, im

Alltagsleben kontinuierlich gemessene Blutdruckwerte stehen Medizinerinnen sonst nicht zur Verfügung.

Das Standardverfahren für die nicht-invasive Blutdruckmessung ist die Druckmanschette am Oberarm. Unter deren Gegendruck lässt sich sowohl der systolische arterielle Druck bestimmen, der nach der Anspannung des Herzmuskels durch die Adern pulst, als auch der diastolische arterielle Druck, der in der Erschlaffungsphase des Herzens herrscht. Mit einer solchen Messung erhält der Mediziner genau zwei Werte, die einen einmaligen Zustand beschreiben. Will er einen Tagesverlauf durch ganze Messserien erfassen,

muss er dem Patienten eine Intervallmessvorrichtung mitgeben, die dann während des Tages jede 15 Minuten und nachts jede 30 Minuten die Druckmanschette aufpumpt und eine Messung startet. Viele Patienten empfinden das als störend.

Exakter lässt sich der Blutdruck stationär und invasiv mit einem Katheter in einer großen Arterie und einem angeschlossenen Drucksensor beobachten. Damit sind kontinuierliche Messungen möglich, allerdings nicht im Alltag zu Hause, im Büro oder beim Sport.

Inzwischen versprechen Smartwatches und Fitnesstracker die kontinuierliche Aufzeichnung verschiedener Vitaldaten. Ihre Träger bekommen bei jedem Blick aufs Handgelenk mehr oder minder brauchbare Werte für ihren Puls und sogar ihren Blutdruck angezeigt. Aber akkurate Blutdruckmessungen kann man von Geräten an dieser Körperstelle nicht erwarten, betonen Mediziner wie Dr. Siegfried Eckert vom Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen (HDZ). Die Entfernung zum Herzen ist relativ groß, bei jeder Bewegung und jeder Muskelanspannung verfälschen störende Signale die Messergebnisse.

Am Ohr ist die Situation dagegen wesentlich stabiler. Das Herz versorgt den Kopf und das Gehirn darin auf direktem Wege, wodurch auch das Ohr stets gut durchblutet ist. Störeinflüsse durch Brust- oder Halsmuskeln sind gering. Im Gehörgang liegen die Blutgefäße direkt unter der Haut und sind damit für miniaturisierte Sensoren gut zugänglich.

Schlauer Stöpsel

Mit diesen Überlegungen startete im Januar 2018 das Forschungsprojekt MikroBO (siehe ct.de/y3v8). Das erklärte Ziel der teilnehmenden Industriepartner ist es, ein elektronisches Mikrosystem zu entwickeln, das permanent und nichtinvasiv (also unblutig) den Blutdruck bestimmt. Langzeitmessungen, die den Anwender im täglichen Leben nicht belasten, könnten die Diagnose und Therapie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen verbessern und das Verständnis für die häufigsten Todesursachen in Deutschland grundlegend verändern.

Die Projektteilnehmer entwickelten eine Sensor-Aktor-Komponente: einen Ohrstöpsel, der einen ringförmigen Wulst aufblasen kann. Der pralle Ballon quetscht die Kapillargefäße im Gehörgang kurzzeitig zusammen und erlaubt einem feinen

Drucksensor dabei, die Absolutwerte des Blutdrucks zu erfassen. Die zentrale Komponente, den hochauflösenden Drucksensor BMP580, brachte Bosch Sensortec 2020 in das MikroBO-Projekt ein. Öffentlich stellte das Unternehmen diesen Sensor erst zur CES Anfang Januar 2022 vor. Dieser Minisensor kommt mit einer quadratischen Grundfläche von 4 Quadratmillimetern bei gerade einmal 0,75 Millimeter Bauhöhe aus.

Durch seine hohe Genauigkeit ist der Sensor an der Gefäßwand im Gehörgang bereits in der Lage, relative Blutdruckschwankungen zu messen. Das energieaufwendige Aufblasen des Druckballons, mit dessen Hilfe sich der absolute Blutdruck bestimmen lässt, dient dann nur noch der Kalibrierung des Systems. Die müsste der Anwender dann vielleicht ein- bis zweimal am Tag vornehmen.

Licht im Gehörgang

Auf andere physikalische Effekte setzt das optische PPG-Verfahren (Photoplethysmographie). Mit dieser Technik arbeitet beispielsweise der Fingerclip, mit dem sich die Blutsauerstoffsättigung bestimmen lässt: Das Licht zweier monochromatischer LEDs durchleuchtet die Fingerkuppe. Die eine LED wirft Licht aus dem Nahinfrarot-Spektrum mit einer Wellenlänge von etwa 940 Nanometer. Oxygeniertes, also mit Sauerstoff gesättigtes Hämoglobin absorbiert diese Strahlung stärker als desoxyge-

ct kompakt

- Neuartige Sensoren machen kontinuierliche und zugleich präzise nichtinvasive Blutdruckmessungen verfügbar.
- Insbesondere In-Ear-Messungen haben sich in klinischen Tests bewährt.
- Mit Bluetooth-Schnittstelle und Smartphone-App eignet sich die Technik als Türöffner für telemedizinische Diagnosen.

niertes Hämoglobin. Bei dem Licht der zweiten LED, ein Rot mit einer Wellenlänge von etwa 660 Nanometer ist das Verhältnis umgekehrt, die desoxygenierte Variante absorbiert dieses Licht stark, mit Sauerstoff gesättigtes Hämoglobin dagegen kaum. Aus der Farbe des Blutes, oder genauer aus den relativen Absorptionsraten kann man also auf den Gehalt der beiden Hämoglobinvarianten schließen. Ihr Mengenverhältnis beschreibt die Blutsauerstoffsättigung. Auch Smartwatches und Fitnesstracker sind heute mit LEDs ausgestattet. Sie bestimmen die Blutsauerstoffsättigung ganz ähnlich wie das Pulsoximeter am Finger, allerdings nicht transmissiv, sondern reflektiv.

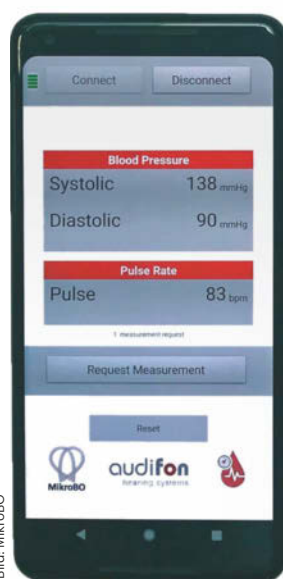


Bild: MikroBO



Der Demonstrator aus dem MikroBO-Forschungsprojekt besteht aus einem Ohrpaspstück mit aufblasbarem Ballonring und Drucksensor sowie einem bisher kabelgebundenen, zusätzlichen kleinen Gerät. Die Messdaten bekommt eine Smartphone-App per Bluetooth-Verbindung.

Dieses Prinzip nutzen die Entwickler am CiS-Forschungsinstitut für Mikrosensorik in Erfurt ebenfalls aus. Bereits Jahre vor dem MikroBO-Projekt arbeitete man dort an PPG-Sensorköpfen und elektronischen Auslese- und Auswerteverfahren, um verschiedene Vitalparameter im Gehörgang zu bestimmen. Entstanden ist ein mikrooptisches Modul mit drei LEDs und einer Fotodiode. Zwei LEDs sind darauf ausgerichtet, die Blutsauerstoffsättigung zu bestimmen, eine weitere mit grünem Licht der Wellenlänge 530 Nanometer dient in erster Linie der Pulsmessung.

Ein spezieller Algorithmus analysiert die Pulscurve und berücksichtigt die Pulswellengeschwindigkeit, um aus der Pulskontur schließlich Blutdruckänderungen abzuleiten. Für dieses Verfahren hat sich das CiS-Forschungsinstitut 2020 ein europäisches Patent gesichert.

Stromversorgung und Auswertungslogik des CiS-Moduls befinden sich noch in einer Gürtleinheit mit der Größe von zwei Zigarettenschachteln, womit der Prototyp noch keinesfalls marktgerecht gestaltet ist. Mit integrierten Schaltungen ließe sich das System auf eine anwenderfreundliche Größe bringen. Entwicklungspartner „ams Osram“ hat beispielsweise mit dem Chip AS7050 auf einer quadratischen Fläche mit 2,5 Millimeter Kantenlänge bereits 80 Prozent der Funktionen der Gürtleinheit umgesetzt und bietet zu diesem Demonstrator auch schon ein Evaluation-Kit für Entwicklungsingenieure an.

Klinische Tests

Am HDZ in Bad Oeynhausen sind in klinischen Studien beide Systeme, also das druckbasierte und das mikrooptische System für Blutdruckmessungen im Gehörgang getestet worden. Dies geschah bei Patienten, die zu einem routinemäßigen Gefäßcheck etwa im Vorfeld einer Operation gekommen waren. Bei jedem von ihnen wurde zusätzlich zu den beiden Ohrkomponenten ein arterieller Katheter für eine invasive Blutdruckmessung zur Kontrolle gelegt. Allerdings umfasste die erforderliche Genehmigung des Ethikforums keinen Test des aufblasbaren Ballons, der einen Druck auf Blutgefäße im Gehörgang erzeugt, weil ein solches System Energie in den Körper einbringt und damit zusammenhängende Gefahren nicht kurzfristig auszuschließen sind.

Aber auch ohne die Kalibrierung durch den integrierten Druckballon erkannte der Prototyp mit dem hochsensiblen Drucksensor alle Blutdruckschwankungen an den Kapillaren im Gehörgang, genau wie sie das Kathetersystem direkt in einer großen Arterie maß. Eine vergleichbare Genauigkeit erreichte auch das optische Verfahren. Beide Techniken haben sich damit in den Augen des Mediziners Eckert bewährt.

Allerdings ist keines der beiden Verfahren allein optimal, gibt Matthias Diehl vom FZI Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe zu bedenken. So ist der hochsensible Drucksensor auch anfällig für

Kopfbewegungen und misst dann Fliehkräfte als Störsignale. Die optische Messung läuft deutlich robuster ab. Andererseits nimmt die LED-Beleuchtung relativ viel Batterieleistung auf, dagegen käme der Drucksensor voraussichtlich mit einer kleineren Energiequelle aus. Und nur ein druckbasiertes System bietet mit der Ballontechnik eine Möglichkeit, neben relativen Blutdruckschwankungen auch den absoluten Blutdruck zu bestimmen.

In beiden Fällen würden individuelle Formpassstücke, sogenannte Otoplastiken, die Messgenauigkeiten wohl optimieren. Professionell optimierte Geräte könnten Anwender künftig als unauffällige Hinterohreinheiten tragen oder vielleicht sogar komplett im Gehörgang verschwinden lassen. Mit einer Bluetooth-Schnittstelle vermag eine Sensoreinheit, ihre Messergebnisse direkt an eine Smartphone-App zu übertragen.

Oder eine verbesserte Manschette?

Parallel zu den Forschungen im MikroBO-Projekt entwickelt ein Start-up namens Koala Sleeve eine verbesserte Manschententechnik, die ebenfalls kontinuierliche Blutdruckmessungen im Alltag des Anwenders ermöglichen soll. Kernstück dieser Entwicklung sind Fäden aus einer polymerbeschichteten Metallseele, die in der Manschette im rechtwinkligen Gittermuster übereinander liegen. An den Knotenpunkten, an denen die Fäden aufeinanderstoßen, kann ein leichter Strom fließen. Wenn nun Druck auf dieses Gittermuster wirkt und die Polymerummantelung quetscht, verringert sich der elektrische Widerstand an den Knotenpunkten.

Zu der Neuentwicklung gehört außerdem eine starre Kevlarfolie, die den Stoff mit den Gitterfäden von außen umschließt. Der Innendruck in den Adern stößt damit auf einen Gegendruck der Manschette und lässt sich jederzeit elektrisch messen und aufzeichnen. Andererseits muss der Anwender die Manschette nicht besonders fest zuzerren, wie der Mediziner und Koala-Sleeve-Mitgründer Dr. Hermann von Lilienfeld-Toal betont. Es bedürfe keines starken Drucks, um die leichten Spannungsschwankungen messen zu können.

Einen Prototyp der sogenannten Koala-Manschette haben die Entwickler bei Kipptischversuchen am Institut für Biomedizinische Technik an der TU Dresden getestet. Ihre Ergebnisse verglichen sie mit



Bild: CiS

Beim optisch arbeitenden Ohrsensor-Prototyp des CiS verstecken sich die drei winzigen LEDs im hellen Rechteck rechts. Links davon sieht man den optischen Sensor als etwas größeres graues Feld.

Messergebnissen einer etablierten nicht-invasiven Methode und fanden auf Anhieb eine 80-prozentige Übereinstimmung der Messungen, den systolischen Druck ermittelte ihre Manschette sogar mit 95-prozentiger Übereinstimmung. Ein Patent ist beantragt.

Auch die Koala-Sleeve-Entrepreneure denken an die Entwicklung einer Bluetooth-Schnittstelle zur Übertragung der Blutdruckwerte, damit zum Beispiel eine Smartphone-App die Daten aufbereiten und analysieren kann. Als nächster Schritt steht für das Start-up die Suche nach Industriepartnern im Vordergrund. Ihre Manschette sehen die Tüftler als eine einfache Lösung für genaue und kontinuierliche Blutdruckmessungen über den Tagesverlauf oder während sportlicher Tätigkeiten.

Wertvolle Daten

Bisher bedeutet kontinuierliches Blutdruck-Monitoring im Alltag, dass der Patient den Tag über eine umgeschnallte Manschette trägt. Sobald die Pumpe brummt, sollte er sich möglichst aufrecht hinsetzen und die Messung abwarten. Das Ergebnis sind Einzelmessungen über den Tagesverlauf.

Mit kontinuierlich aufgenommenen Blutdruckwerten ergäben sich neue medizinische Möglichkeiten, zum Beispiel in der Früherkennung. Damit ließen sich beispielsweise Indikatoren zum Schwangerschafts-Bluthochdruck erforschen. Zudem könnte ein Knopf im Ohr als Monitoring-System in Verbindung mit der GPS-Funktion des Smartphones bei drastischen Blutdruckänderungen und unmittelbarer Gefahr einen Hilferuf aussenden.

Funktionsintegration

Vor allem die In-Ear-Technik bietet Raum, über zusätzliche Funktionen nachzudenken. Speziell mit der optischen Technik lässt sich neben Puls und Blutdruck auch gleich die Blutsauerstoffsättigung messen. Sportmediziner, Trainingstherapeuten oder Mannschaftstrainer im Profibereich hätten diese Daten sicherlich gerne zur Verfügung. Das Unternehmen Coachwhisperer steht längst mit CiS in Verbindung. Deren Kommunikationssystem stattet die Spieler beispielsweise einer Fußballmannschaft im Training mit kabellosen sogenannten Hearables [1] aus. Über eine iPad-App kann der Trainer dann einzelne Spieler, definierte Gruppen oder das gesamte Team direkt ansprechen.

Mit dem Kipptischversuch am Institut für Biomedizinische Technik der TU Dresden provozieren die Koala-Entwickler schnelle Blutdruckschwankungen. Ihre Manschette misst kontinuierlich die Werte.



Bild: Koala Sleeve

Für die Zukunft ist bereits angedacht, dieses System um die Erfassung von Vitalparametern zu erweitern. Damit ist es denkbar, das Training individuell anzupassen und so die körperlichen Trainingserfolge zu optimieren.

Übrigens besitzen auch heute schon In-Ear-Kopfhörer wie die AirPods von Apple eingebaute optische Sensoren. Allerdings dienen diese bisher einzig dafür, die Musikwiedergabe zu stoppen, wenn die Ohrhörer nicht mehr im Gehörgang stecken.

Messdaten für die Pflege

Zusätzlich zu Blutdruck und Puls lässt sich im Gehörgang die Körpertemperatur sehr zuverlässig bestimmen. Ein System, das diese Messwerte einfach per Bluetooth-Schnittstelle bereitstellt, könnte Mitarbeiter in der Pflege deutlich entlasten. Einen Schritt weiter gedacht könnte ein solches System seine Daten auch als Grundlage für eine telemedizinische Betreuung bereitstellen.

Naheliegender ist auch die Kombination der In-Ear-Blutdruckmessung im Zusammenspiel mit einem Hörgerät. Nicht ganz zufällig liegt die MikroBO-Projektorganisation beim Hörgerätehersteller audifon, einem Unternehmen der KIND-Gruppe. Selbst der ringförmige Ballon, der als Erweiterung der druckbasierten Messtechnik

konzipiert ist, lässt das Gehör frei und ließe sich in moderne Hörtechnik integrieren.

Eine andere Variante, abseits von Hörgeräten und medizinischer oder pflegerischer Praxis, wären Geräte für Freizeitsportler und Kopfhörerträger. Mit der Bluetooth-Verbindung zum Smartphone könnten sich Hearables, die Vitalparameter messen, auch zum Musikhören und Telefonieren eignen.

Allerdings warnen Mediziner schon heute, dass Menschen, die in ihrer Freizeit zahlreiche Vitalwerte messen, auch eine angemessene Betreuung und Beratung benötigen. Gegebenenfalls sollte ein medizinisches Betreuungsnetzwerk auch helfen, unwesentliche Blutdruckschwankungen richtig einzuordnen.

Für beide Anwendungsfälle, Hearables in der Pflege oder in der Freizeit, sind allerdings die letzten Entwicklungsschritte hin zur Integration aller gewünschten Funktionen und zur optimalen Miniaturisierung der Technik noch zu gehen.

(agr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Arne Grävenmeyer, KI im Ohr, intelligente Hörhilfen der Zukunft, c't 4/2021, S. 68

Projekt MikroBO: ct.de/y3v8



Bild: Rudolf A. Blaha

Kalkulierte Emotionen für Milliarden

Was die Videoplattform TikTok so erfolgreich macht und wo ihre Gefahren liegen

Kinder und Jugendliche lieben TikTok, Verbraucherschützer und Politiker kritisieren die Plattform für kurze Handyvideos scharf. Was ist das Besondere an dem Dienst und wo liegen die Probleme? Ein ausführlicher Blick auf die Algorithmen, die App, das Geschäftsmodell und die Nutzerschaft.

Von Ludwig Gundermann und Jonas Mahlmann

TikTok ist ein Riesenerfolg. Im September 2021 hat der Dienst des chinesischen Anbieters ByteDance nach eigenen Angaben die Marke von einer Milliarde Nutzern geknackt. Hierzulande nutzten 2020 laut ARD/ZDF-Onlinestudie bereits 19 Prozent der unter 30-Jährigen den Kurzvideodienst. Laut JIM-Studie (Studien „Jugend, Information, Medien“ des deutschen Forschungsverbunds Südwest) schaute sich 2020 fast jeder zweite 12- bis 19-Jährige auf TikTok mehrfach wöchentlich Kurzclips an. TikTok wächst weiterhin stark und zählte auch in den letzten Monaten zu den am

meisten heruntergeladenen Apps in den App-Stores.

Wie erreicht TikTok diesen immensen Zulauf? Sicherlich spielte die Coronakrise eine große Rolle. Jugendliche und Erwachsene hatten mehr Zeit, Inhalte aus dem Netz zu konsumieren, als bisher. Die Kurzvideos auf TikTok haben dabei offenbar die Bedürfnisse vor allem junger Surfer besser bedient als die anderer Plattformen.

Der Betreiber ByteDance hat es verstanden, rund um Clips von meist 15 bis 45 Sekunden Länge ein neues Medium und Geschäftsfeld aufzubauen. Die Tik-

TikTok präsentiert die kurzen Videos geschickt und macht es so einfach wie möglich, sie zu abzurufen. Sobald man die App öffnet, startet das erste Video automatisch. Wer TikTok das erste Mal ausprobiert, dürfte zunächst ein Tanz-, Tier-, Comedy- oder Lip-Sync-Video zu sehen bekommen, bei dem ein TikToker seine Lippen synchron zur Musik bewegt. Diese Genres sind die beliebtesten bei TikTok.

Die App ist nicht auf solche Trendinhalte beschränkt. Es gibt viele tiefer-schürfende Videoproduzenten auf TikTok und auch etliche etablierte Medien publizieren dort, etwa die Tagesschau, und sogar Heise hat dort seinen Kanal für Tipps und Tricks. Gefällt dem Zuschauer ein Video nicht, ist er mit einem Wisch (Swipe) beim nächsten.

Wer nach mehreren Swipes kein passendes Video gefunden hat, dem schlägt der „Entdecken“-Bereich ein größeres Spektrum an angesagten Themen und Influencern vor. Man kann auch gezielt auf die Suche gehen. Wer einen konkreten Suchbegriff (etwa „comedy“) eingibt, dem zeigt TikTok thematisch verwandte Videotrends, Sounds („Say whaaaaat?“) und Hashtags (#Comedy Challenge). So finden auch Unerfahrene schnell Videos, die sie interessieren.

Schnell zusammengekllickt

TikTok macht es seinen Nutzern sehr einfach, unterhaltsame Kurzvideos mit allerlei Bling-Bling zu produzieren (maximal 180 Sekunden). Das fängt schon damit an, dass der Video-Editor der App die aktuellen Chart-Hits und Sounds (klatschen, weinen, lachen) anbietet, mit denen sie ihren Videos eine emotionale Note verleihen können.

Morphing-Effekte verwandeln Jungen- in Mädchengesichter, Heiligenscheine beleuchten Selfie-Gesichter und eine intelligente Bildanalyse lässt animiertes Konfetti realistisch hinter Objekten verschwinden. So kann aus einem flüchtig aufgenommenen Videoclip ein Effektfeuerwerk mit viel Reichweite werden.

Ist das Video fertig, versieht man es mit passenden Hashtags (#Hund, #Tanzen, #Humor), damit es sich besser finden lässt. Hashtags sind ein wichtiges Element für die Vernetzung der TikToker. Hashtags spielen auch bei einer TikTok-Spezialität eine Rolle: Sie helfen bei sogenannten Duets, ein zitiertes Video zu benennen.

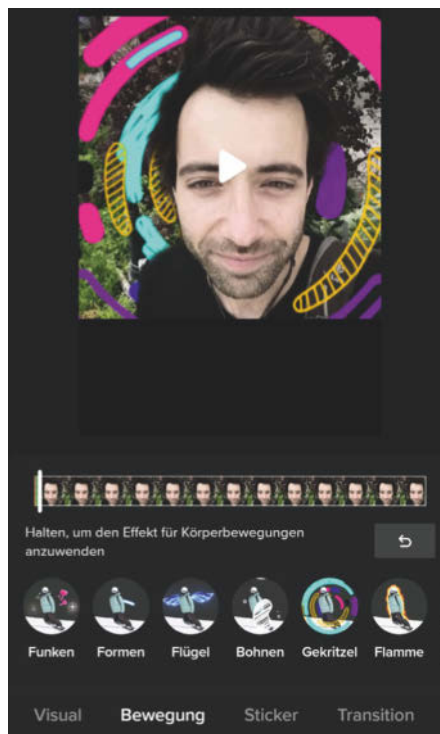
Bei Duets reagieren Produzenten auf die Videos anderer Nutzer.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe anderer sozialer Funktionen, so kann man andere Videos mit Herzen oder Likes markieren, sie kommentieren und Produzenten folgen. Gefällt einem Nutzer ein Video besonders gut, kann er dem Producer auch virtuelle Geschenke machen.

Das Geschäftsmodell

Um TikTok zu verstehen, muss man sich das Werbekonzept anschauen. TikTok baut Werbung (Ads) auf unterschiedliche Arten in seine Videofeeds, die Landing- und Entdecken-Page ein. ByteDance und Firmen, die auf TikTok werben, arbeiten mit Influencern zusammen, die Werbebotschaften und Produkte nicht nur im Umfeld platzieren, sondern in ihre Videos einbauen.

Die Werbemöglichkeiten vermarktet ByteDance über seine Plattform „TikTok for Business“. Wenn Nutzer durch den Videofeed scrollen, zeigt TikTok Werbung als sogenannte In-Feed-Ads zwischen den Videos an, ähnlich wie bei Facebook-Stories. Anzeigen, die direkt beim Öffnen des Videos angezeigt werden, nennt TikTok Brand Takeover Ads. Sie bestehen aus einem Bild oder einer kurzen GIF-Animation. Ein integrierter Button lenkt Nutzer



TikToks Videoeditor erkennt Gesichter automatisch und wertet sie mit raffinierten AR-Effekten auf.

c't kompakt

- TikTok ist die am schnellsten wachsende App der Welt und stellt Download-Rekorde in App-Stores auf.
- Nie war es für Teens so einfach und unterhaltsam, eigene Kurzvideos per Smartphone zu drehen, effektiv zu schneiden und mit der Welt zu teilen.
- Der Algorithmus sammelt riesige Datenmengen über jeden Nutzer und schlägt entsprechend präzise die passenden Videos vor, welche in Filterblasen führen.

auf den TikTok-Kanal des Unternehmens, auf dem sie mehr über Werbeaktionen und Produkte erfahren. Filmstudios wie Twentieth Century Fox bewerben so etwa ihre aktuellen Kinofilme.

Videoeffekte, die speziell auf werbende Firmen zugeschnitten sind, pepen als sogenannte Branded Effects Videos auf. Damit können TikToker ihre Videos mit besonderen Augmented-Reality-Objekten schmücken, etwa eine Löwenmaske von Disney auf das eigene Gesicht projizieren, während sie zu einem Hit von Lady Gaga tanzen. Weil solche Effekte nur für kurze Zeit im Editor verfügbar sind, sind sie etwas Besonderes und bekommen mehr Reichweite.

Hashtag-Challenge

Das beliebteste Werbeformat ist laut TikTok die sogenannte Branded-Hashtag-Challenge (BHC). Nutzer werden dabei animiert, zu einem vorgegebenen Thema selbst kleine Werbefilme zu drehen und diese mit einem Firmen-Hashtag zu versehen. Ein Beispiel: Mercedes-Benz wollte seine Bekanntheit bei jungen Leuten in Deutschland und England steigern. Die lassen sich nach Meinung von Marketingexperten stärker von Erlebnissen und Gefühlen beeinflussen als von den Produkteigenschaften selbst.

Der Autokonzern rief daher in seiner Hashtag-Challenge dazu auf, den klassischen Mercedes-Stern in ihrem eigenen Stil – etwa als Tanz, Zeichnung oder Zauberstück – neu zu interpretieren.

In der ersten Phase kurbelte der Autokonzern seine Challenge durch Influencer

Wachstum der monatlich aktiven Nutzer

Wachstum der monatlich aktiven Nutzer ausgewählter Social-Media-Plattformen weltweit von 2019 bis 2021. TikToks Wachstumsrate überholte 2019 bis 2021 alle anderen bekannten Social-Media-Plattformen.

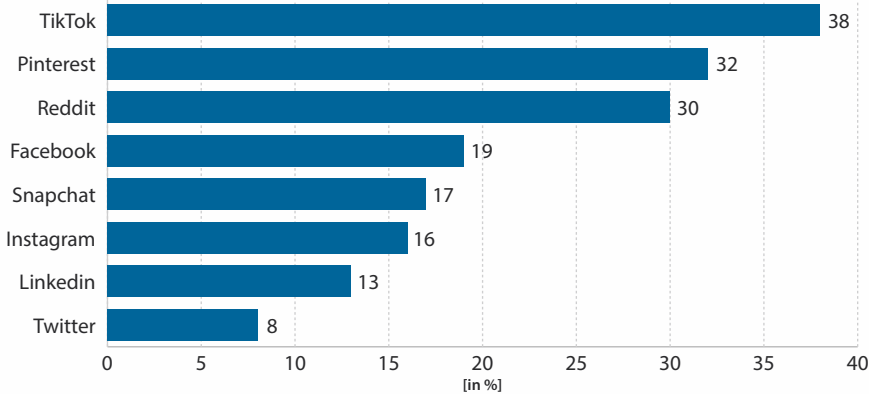


Bild: nach Daten von www.statista.com

mit besonders großer Reichweite an. Deren Videos brachten der Marke über zwei Millionen Aufrufe. Auf Basis dieser Reichweite folgte eine zweite Phase: Mercedes präsentierte die erfolgreichsten Influencer-Videos durch Anzeigen zwischen Videos einer breiteren Nutzergruppe. Diese likten, teilten und kommentierten die Videos und erhöhten damit die Reichweite abermals. Das Resultat: 180 Millionen Aufrufe und 30.000 neue Follower für Mercedes-Benz.

Neue (alte) Influencer

Genauso, wie YouTube eine neue Gattung von Medienproduzenten hervorgebracht hat, so ist auch rund um TikTok eine neue Community von Kurzvideoproduzenten entstanden.

Die Amerikanerin Bella Poarch ist ein TikTok-Star und sie begann ihre Influencer-Karriere bei Instagram. Ihre Spezialität sind Lip-Sync-Videos. Sie hat mehr als 80 Millionen Follower und ihre über 400 Videos haben etliche Millionen Views. Damit verdiente sie 2021 etwa 200.000 US-Dollar.

Wie bei manchen YouTube-Stars entwickeln ihre Fans ein persönliches Verhältnis zu ihr, denn sie sehen vermeintlich persönliche Einblicke in das Leben der TikTokerin. Banale Videos zeigen beispielsweise, wie Bella 14 Sekunden lang genüsslich Sesambagel auf einer roten Kuschelcouch im Musikstudio isst oder wie sie ihren Mops zärtlich auf die schwarze Nase küsst, um ihn dann auf einem Skateboard fahren zu lassen.

Die deutsche TikTokerin Diademlori arbeitet nach eigenen Angaben durchschnittlich 15 Stunden pro Tag und ist an jedem Tag online. Dabei bedient sie vor allem Modetrends auf TikTok und Instagram im Parallelbetrieb. Damit hat sie mehr als 2 Millionen Follower und über 220 Millionen Likes erreicht. Je nach Werbe-Deal verdient sie nach eigenen Angaben fünfstelligen Beträge. Einige Influencer mit einer großen Follower-Basis bauen sogar eine eigene Marke auf, unter der sie zum Beispiel T-Shirts, Tassen oder Mützen verkaufen.

Eine wichtige Einnahmequelle für Producer sind virtuelle Geschenke, die Fans mit echtem Geld kaufen. Das günstigste Geschenk ist ein „Panda“ (etwa 10 Cent wert) und das teuerste ein „Drama Queen“-Icon (etwa 80 Euro wert). TikToker können erhaltene virtuelle Geschenke jederzeit, bei TikTok mittels Paypal, in echtes Geld umwandeln. Allerdings ist hier Vorsicht geboten: Laut AGBs behält sich ByteDance vor, jederzeit die Wechselkurse zu verändern.

TikToker, die mindestens 16 Jahre alt sind und mehr als tausend Follower haben, dürfen live auf Sendung gehen, um Reichweite und Einnahmen zu erhöhen. Wer regelmäßig vor großem Publikum streamt, sollte sicherheitshalber seine Landesmedienanstalt informieren, um Strafen durch fehlende Lizenzen zu vermeiden.

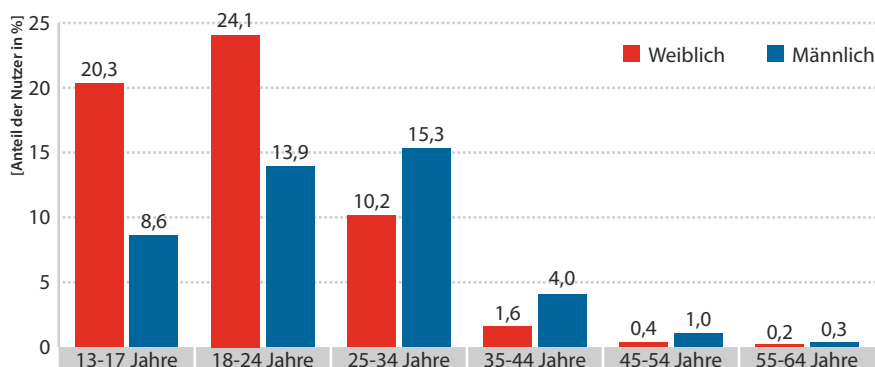
Verdienstmöglichkeiten

Auch TikToker mit weniger Followern, sogenannte Microinfluencer, versuchen über die Plattform ein paar Euro dazuzuverdienen. Mit mehr oder weniger deutlicher Werbung im Video selbst, und zwar für Produkte aller Arten, vielfach Musik Trends und Videoeffekten, hängen sie sich damit an Werbekampagnen großer Konzerne. Ab etwa 10.000 Followern gehen Unternehmen auf TikToker zu und geben ihnen Produkte, die sie für Geld vor der Kamera präsentieren.

Außerdem verdienen Microinfluencer an Provisionen, indem sie auf Sonderangebote verlinken und Gutscheincodes verteilen. Wie stark TikTok mittlerweile die Musikbranche beeinflusst, zeigt der Jahresbericht 2021 des Konzerns: Mehr als 400 Songs auf der Plattform haben über eine Milliarde Aufrufe erzielt. Plattenfirmen bezahlen ausgesuchte Influencer dafür, ihre Tracks in Videos einzubauen.

TikTok-Nutzer

Anteil der TikTok-Nutzer nach Altersgruppen und Geschlecht – weltweit im Jahr 2021. 18- bis 24-jährige Frauen sind bei TikTok besonders präsent.



Quelle: www.statista.com

TikTok versucht derzeit, eine neue Generation von Kreativen für seine Plattform zu gewinnen. Dafür hat es den TikTok Creator Fund aufgelegt. Um davon zu profitieren, müssen TikToker mindestens 100.000 Videoaufrufe innerhalb der letzten 30 Tage vorweisen können. Qualifizieren sie sich, erhalten sie Geld für die Views ihrer Videos.

Dmitri Steiz, einer der erfolgreichsten Influencer Deutschlands (3,7 Millionen Follower, rund 80 Millionen Likes), verriet in einem Interview mit dem Tech-Portal „BASIC thinking“, dass ByteDance ihm grob einen Euro pro 100.000 Views zahle. Große Sprünge kann man mit dem Geld aus dem Creator Fund also offenbar nicht machen.

Der Algorithmus

Wer einmal anfängt, die Videos auf TikTok durchzuscrollen, kann schwer damit aufhören. Dafür sorgt der sogenannte Für-Dich-Algorithmus. Er stellt den endlosen Strom an Videos zusammen. Gefällt ein Video nicht, wischt man einfach weiter und das nächste Video erscheint. Die Funktionsweise erinnert an Dating-Apps wie Tinder.

2020 gab TikTok erstmals grobe Einblicke, wie der Algorithmus arbeitet: Er zeigt ein neues Video in der „Kaltstart-Phase“ zunächst einer kleinen Zuschauergruppe, die mutmaßlich Gefallen am Inhalt findet. Reagiert die Gruppe positiv, wird es einem größeren Nutzerkreis mit ähnlichen Präferenzen vorgeschlagen. TikTok nennt das Empfehlungsphase. Das wiederholt sich in immer größeren Benutzergruppen, bis das Video womöglich viral geht. Die

meisten Videos fallen kurz nach dieser zweiten Phase aus dem Für-Dich-Feed und gewinnen dann kaum noch an Reichweite.

Um zu entscheiden, welche Nutzer ein hochgeladenes Video zu sehen bekommen, analysiert die Plattform es und wertet Metadaten wie die Videobeschreibung, die Sounds, die Hashtags und die Songs aus. Diese Informationen geben dem Algorithmus Hinweise auf das Thema und den Stil. Darüber hinaus sammelt TikTok Informationen über die Nutzer: Geräteinformationen, das Heimatland, Interessen und Videopräferenzen. Je nach App-Einstellungen zapft die App sogar persönliche Daten wie Telefonnummern und Namenslisten ab. Diese Daten haben vermutlich kaum Einfluss auf den Algorithmus, können jedoch wertvoll für ByteDance sein, um neue Nutzer zu werben.

TikTok merkt sich für jedes Video, wie lange und wie oft es ein Nutzer angeschaut hat oder ob er es schnell überspringt. Jeden Like, jeden Kommentar und jeden Follow speichert TikTok im Profil des Nutzers. Danach verfeinern sich die Empfehlungen im Für-Dich-Feed.

Die New York Times hat kürzlich ein internes ByteDance-Dokument erhalten. Danach soll der Für-Dich-Algorithmus möglichst viele Benutzer (Daily Active User, DAU) lange auf der Plattform halten und sie schnell zurückkehren lassen. Das Dokument bestätigt, dass sich bei TikTok Videos mit vielen Likes und Kommentaren sowie großer summierter Abspielzeit positiv auswirken.

Julian McAuley, Professor für Informatik an der University of California San Diego, der das TikTok-Dokument für die

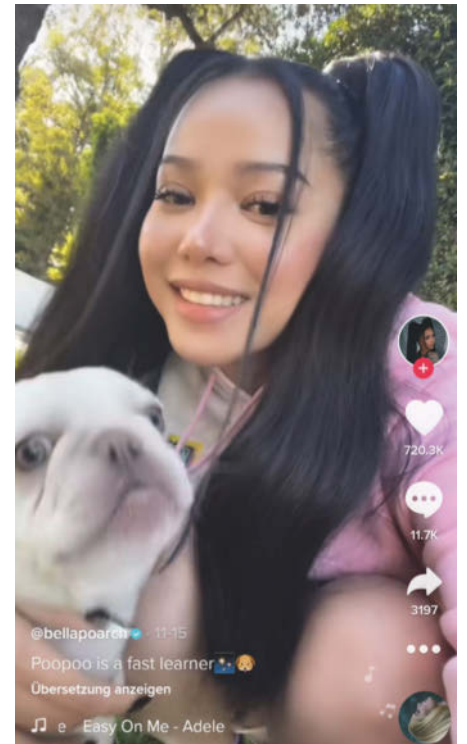


Bild: TikTok-App

TikTokerin Bella Poarch bringt ihrem Hund das Skateboarding bei.

New York Times analysierte, sagte hierzu, die Beschreibung sei „völlig vernünftig, aber traditionelles Zeug“. Er sehe keine „algorithmische Magie“.

Der vielleicht größte Unterschied zu anderen sozialen Medien ist offenbar, dass sich TikTok ausschließlich an den Daten des einzelnen Nutzers zu orientieren scheint. Welche Videos seine Freunde gelikt oder kommentiert haben, spielt demnach keine wesentliche Rolle.

Das hat damit zu tun, dass die TikTok-App so viel Information über jeden einzel-

Videointeraktionen durch Hashtag-Challenges und Duets verführen Millionen von Teens auf TikTok zum Dreh eigener Videos.

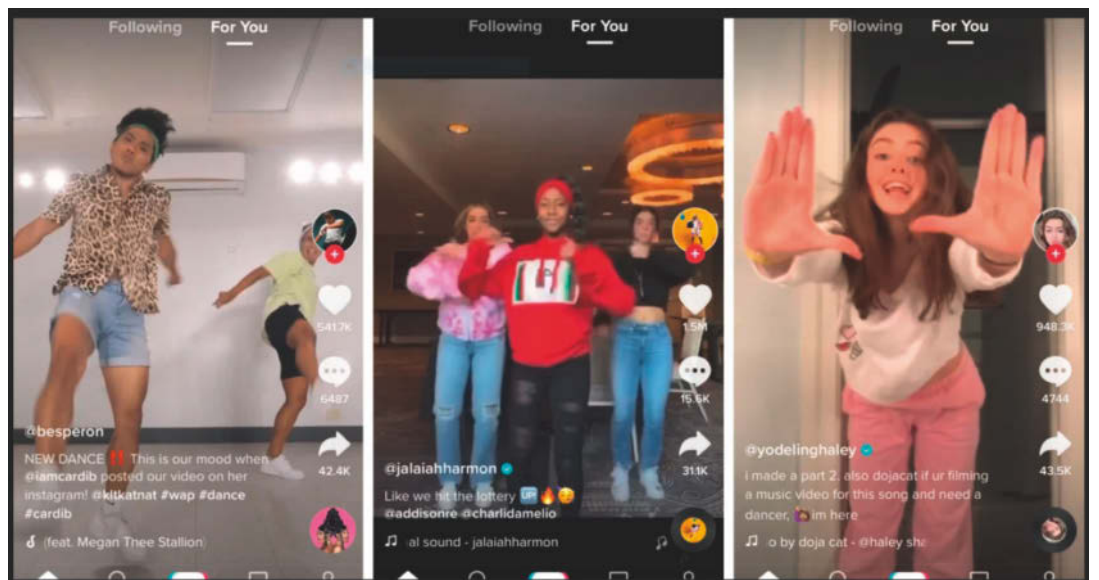


Bild: TikTok-App

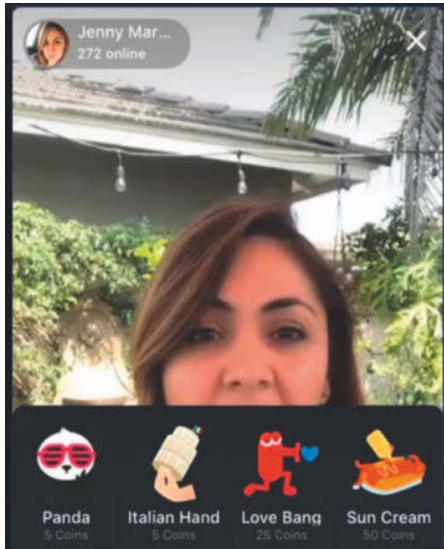


Bild: TikTok-App

TikToker lassen sich mit virtuellen Objekten beschenken, die sie anschließend in reales Geld umtauschen.

nen Nutzer sammelt. Die Bedienoberfläche ist durch das Wischprinzip so gestaltet, dass TikTok bei jedem angezeigten Video ein qualifiziertes Feedback erhält: Der Benutzer sieht das Video bis zu Ende an, reagiert sogar darauf – oder wischt es schnell weg. Nun folgt ohne Pause sofort das nächste Kurzvideo, das dem Nutzer weitere Informationen über seine Konsumbedürfnisse entlockt, ganz gleich, was er tut. TikTok lernt seine Nutzer wesentlich schneller kennen als etwa YouTube, durch die Kürze der Videos. Selbst wenn ein Nutzer 25 Videos am Stück wegwischt, lernt TikTok durch seine Negativreaktion immer besser, irrelevante Inhalte auszusortieren. Mit jedem Swipe kommt die App also der optimalen Befriedigung des Nutzers näher.

Mit dieser Praxis führt TikTok seine Nutzer flotter in Filterblasen. Das hat das Wall Street Journal (WSJ) Mitte 2021 mit einem Experiment verdeutlicht: Etwa 100 Bots mit je eigenem TikTok-Account untersuchten die Funktionsweise des Algorithmus im Detail. Die Programmierer brachten jedem Bot bei, durch TikTok-Videos zu scrollen und sich nur bestimmte Videos anzuschauen, sowie Likes und Kommentare dafür zu verteilen.

Welche Videos ein Bot konsumierte, ergab sich anhand der ihm zugewiesenen Interessen, wie etwa „Hunde“, „Politik“ oder „melancholische Inhalte“. Sobald der Bot in einem Video eigene Interessen erkannte, spielte er dieses in voller Länge ab. Dieser Vorgang wiederholte sich über

Stunden. Die Forscher fanden heraus, wie der Algorithmus die Videovorschläge nach den Interessen der Bots veränderte. Likes, Shares, Follow-Verhalten sowie der Wohnort spielten nach den Untersuchungen des WSJ für den Für-Dich-Feed nur eine sekundäre Rolle. Wichtiger war, welche Videos die Bots wie oft und wie lange betrachteten.

Filterblasen

Schaute der Bot zum Beispiel Hundevideos an und scrollte bei Politik weiter, bekam er zukünftig häufiger Tiervideos und seltener Politik zu sehen – wie zu erwarten war. Die Interaktion der Bots mit TikTok führte aber noch tiefer in Themennischen hinein. Irgendwann bekamen die Bots nur noch Videos über bestimmte Rassen wie Arabische Greyhounds zu sehen. In diesem Endstadium des Experiments bestanden bis zu 93 Prozent des Feeds aus den Nischenthemen.

Das Experiment zeigte auch, dass bis zu 90 Prozent der Videoaufrufe durch die Empfehlungen des Algorithmus entstehen. Bei YouTube sind es unter 70 Prozent. Ob ein Video bei TikTok Erfolg hat, hängt somit stärker vom Algorithmus ab als beim Konkurrenten. Auch andere Anbieter wie Meta und Twitter stehen mit ihren Plattformen seit Jahren in der Kritik, Nutzer in Filterblasen zu leiten. TikToks Algorithmus

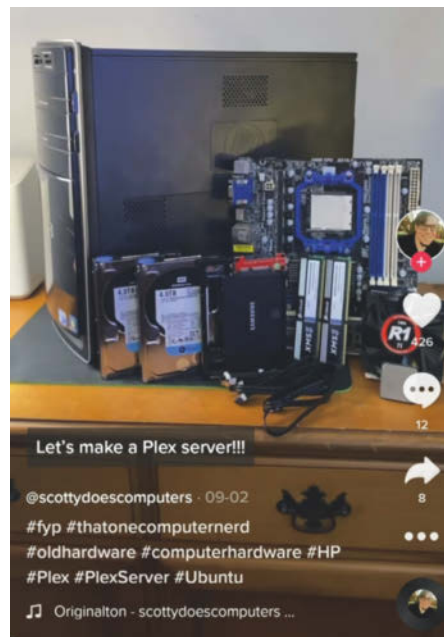


Bild: TikTok-App

Nachdem wir bei TikTok Interesse an Computertemen zeigten, schlug uns der Algorithmus bald Videos von Hardwareschraubern und Linux-Nutzern vor.

mus scheint in dieser Hinsicht noch weiter zu gehen.

Offenbar will TikTok jedoch mit einem Ende 2021 angekündigten Algorithmus-Update drohender Langeweile bei Nutzern durch Filterblasen entgegenwirken. Der Algorithmus soll zukünftig für vielfältigere Videovorschläge sorgen.

Copypcats

Es verwundert nicht, dass der Erfolg von TikTok andere soziale Netzwerke auf den Plan rief. Sie versuchten, TikToks Markenkern zu kopieren, also die Kurzvideos und den vertikalen Video-Feed, durch den sich der Nutzer wischt.

TikTok hat unter anderem Instagram zu seinem Reels Tab, YouTube zu seinen Shorts und Snapchat zu seinem Snapchat Spotlight inspiriert. Letztlich lassen sich eine erfolgreiche Funktion und die Kultur innerhalb einer Plattform aber nicht 1:1 woandershin übertragen.

So wurden die Reels in Instagram in einem eigenen Tab platziert. Bei TikTok dagegen macht der Für-Dich-Feed den Kern der Anwendung aus: Wer die TikTok-App startet, landet sofort darin. Auch Funktionen wie Duets gibt es bei Instagram nicht. Die anderen Anbieter konnten TikToks Erfolg bisher nicht reproduzieren.

TikTok wächst weiter. Aktuell testet ByteDance zusammen mit Shopify einen sogenannten Shopping-Tab. User klicken auf ein Shopping-Icon im Video und kaufen Produkte, die sie gerade gesehen haben, ohne TikTok zu verlassen. Shopping-Events im Livestream befinden sich noch in der Beta-Phase. Ob und wann die Events nach Deutschland kommen, steht bislang noch nicht fest.

Kritik

TikTok steht in der Kritik. Verbraucherschützer kritisieren TikToks Algorithmus scharf: „Der Algorithmus versucht, die Menschen süchtig zu machen, anstatt ihnen das zu geben, was sie wirklich wollen“, sagte Guillaume Chaslot von Algo Transparency, einer Pariser Organisation, die Algorithmen großer Firmen unter die Lupe nimmt.

Besonders hart gehen deutsche Jugendschützer mit den Inhalten auf TikTok ins Gericht. Die Plattform schütze beeinflussbare und leichtsinnige junge Menschen zu wenig, die sich ohne Bedenken freizügig präsentieren. Das wiederum könne für das Selbstbild insbesondere von Mädchen und jungen Frauen schädlich



Bild: ByteDance

ByteDance will TikTok über den Creator Fund in den kommenden drei Jahren mit bis zu 255 Millionen Euro bezahlen.

sein, die sich in ihrer Pubertät mit den hübschen und erfolgreichen TikTok-Influencerinnen vergleichen.

Zwei Drittel der jungen TikTok-Kreator sind weiblich. Wer viel TikTok-Videos schaut, könnte sein Selbstwertgefühl nur noch vom Feedback seiner TikTok-Aktivitäten ableiten. Diese Kritik betrifft auch den Konkurrenten Instagram.

Kritisiert wurde ebenfalls, dass viele sehr junge Nutzer von Pädophilen ohne Barrieren kontaktiert wurden. TikTok reagierte 2020 und setzte das Mindestalter für die Nutzung der App auf 13 Jahre hoch. Erst ab einem Alter von 16 Jahren dürfen Jugendliche Nachrichten versenden und direkt kontaktiert werden. Beide Altersgrenzen werden indes nicht kontrolliert. Für ein besseres Sicherheitsgefühl hat TikTok einen „begleiteten Modus“ eingeführt, mit dem Eltern besser die App-Nutzung ihrer Kinder kontrollieren können.

Kritiker werfen TikTok zudem vor, Reichweite von Videos einzuschränken, die Menschen mit Behinderungen thematisieren oder etwas mit Übergewicht, Homosexualität oder LGBTQ zu tun haben. ByteDance wird dafür kritisiert, Vorurteile zu fördern, die Meinungsfreiheit einzuschränken und legale sexuelle Orientierungen zu zensieren. Davon betroffen sind auch deutsche Video-Blogger, die über ihr Leben berichten wollen. TikTok begründete dies damit, Menschen vor Mobbing schützen zu wollen. Die Reichweite dieser Inhalte wird von TikTok ab circa zehntausend Aufrufen eingeschränkt.

Bei einem chinesischen Unternehmen stellt sich die Frage, inwieweit es mit Behörden seines Landes zusammenarbeitet – etwa bei den Themen Zensur und der Datenweitergabe. Tatsächlich soll der Konzern zahlreiche Videos über Proteste gegen die chinesische Regierung in Hongkong, Tibet oder China gelöscht oder aus dem Für-Dich-Feed entfernt haben.

Derzeit sagt TikTok, es gebe keine Zensur mehr. ByteDance verweist darauf, dass es sich bei TikTok nicht um ein chinesisches Unternehmen handelt. Das internationale Geschäft sei streng getrennt vom chinesischen Markt, der Firmensitz liegt auf den Cayman Islands, die Rechenzentren stehen in den USA. In China heiße die entsprechende App auch nicht TikTok, sondern Douyin. Das Magazin Spiegel zitiert einen Unternehmenssprecher mit der Aussage: „TikTok hat niemals Nutzerdaten an die chinesische Regierung weitergegeben, und wir würden dies auch nicht tun, wenn wir gefragt würden.“

Fazit

Obwohl TikTok erst seit Ende 2017 existiert, gibt sein rasanter Aufstieg den amerikanischen Social-Media-Riesen zu denken. Trotz immenser Kritik zu Datenschutz, Spionage, politischer Zensur, Ju-

gendschutz, Filterblasen sowie Sexismus-Diskussionen beziehungsweise Pädophilievorfällen wuchs keine andere App 2021 so stark.

Die Videoplattform erobert vor allem junge Nutzer. TikTok gibt ihnen das Gefühl, Teil einer kreativen Spaß- und Mitmach-Community zu sein, die sie berühmt machen kann. Alles, was sie dafür tun müssen, ist Chart-Hits nachzusingen und dabei interessant in die Kamera zu schauen. Wenn sie dazu gut aussehen, tanzen können und unterhaltsame Kommentare machen, funktionieren sie für ByteDance und Werbepartner umso besser.

Trotz fragwürdiger Auswahl der Videotrends bietet TikTok Inhalte für viele Geschmäcker. Fans von Technik, Politik und Raumfahrt können genauso fündig werden wie Auto- oder Musikfans. Dass hier kein inhaltlicher Tiefgang wie bei langen YouTube-Videos erwartet werden kann, liegt in der Natur der Kurzvideos. Es bleibt spannend, wie TikTok den Für-Dich-Algorithmus weiterentwickelt, um den Balanceakt zwischen gewinnbringenden Filterblasen und genügend Abwechslungsreichtum für Nutzer-Retention zu meistern. Trotz aller Kritik: Es war nie so einfach, unterhaltsame Kurzvideos mit Bling-Bling-Effekten zu produzieren, wie mit TikTok. (lgu@ct.de)

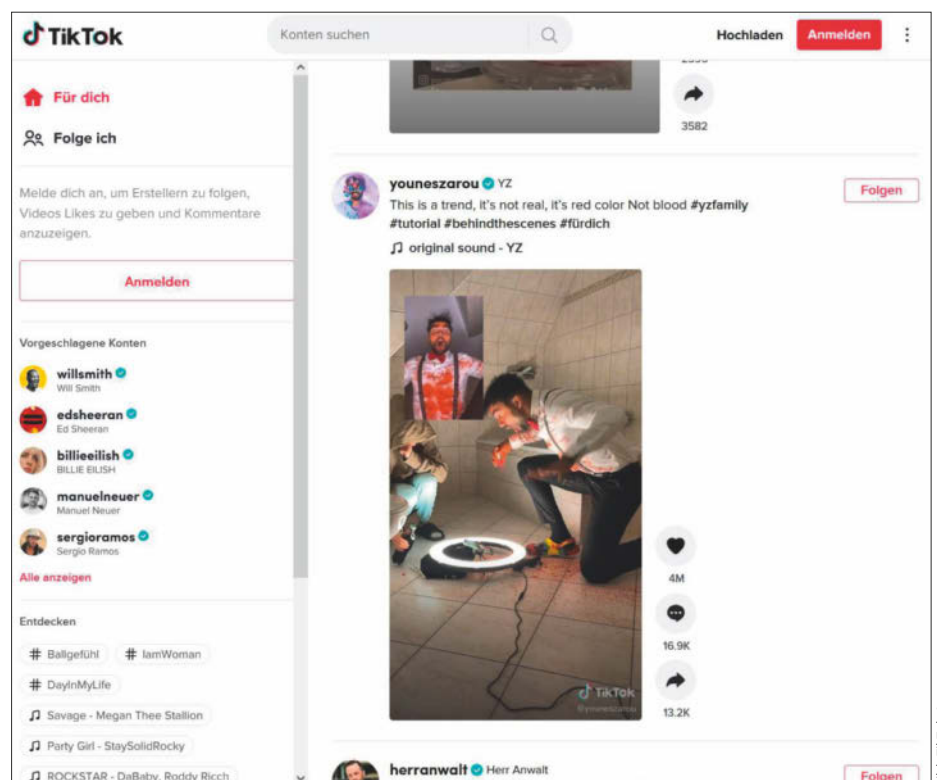


Bild: TikTok-App

Auf der Homepage lässt sich TikTok ohne Anmeldung erkunden.

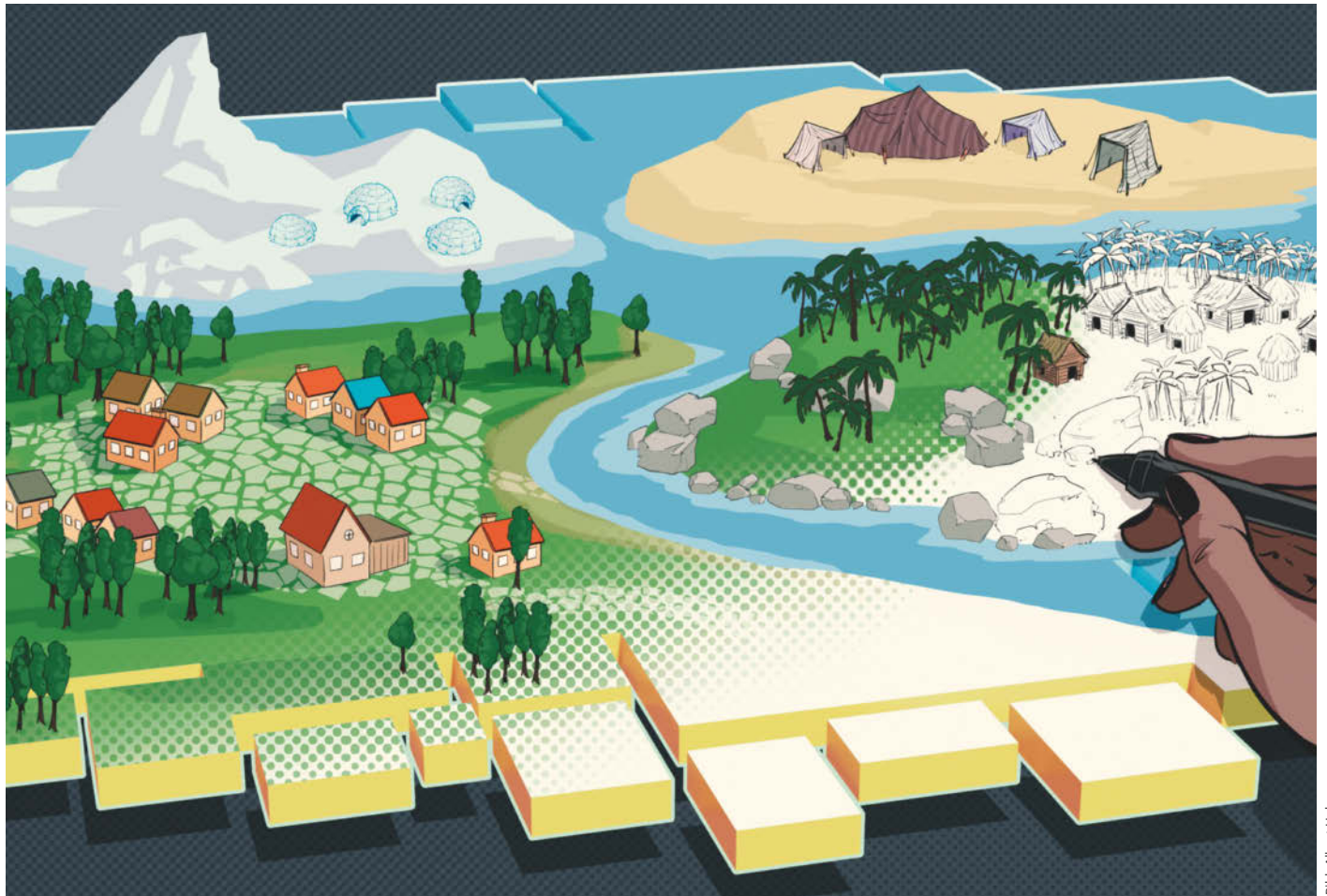


Bild: Albert Huim

Überraschend gut

Ein paar der besten Spiele des Jahres 2021 sind noch gar nicht fertig

Immer mehr Spiele erscheinen als „Early Access“. Was einst der Finanzierung kleiner Indiegames diente, zieht sich heute als Trend durch die ganze Branche. In diesem Jahresrückblick schauen wir auf die besten unfertigen Spiele des Jahres 2021 – von Valheim über Dorffromantik bis Baldur's Gate 3.

Von Daniel Ziegner

Früher war alles einfacher: Man arbeitete ein paar Monate an einem Videospiel und wenn es fertig war, wurde es auf Spielmodule kopiert oder CDs verfrachtet und im Laden verkauft. Doch der Vertrieb über das Internet hat nicht nur den Absatz physischer Medien verringert, sondern auch die Art verändert, wie Videospiele entwickelt werden. Einige der besten Spiele des letzten Jahres waren noch längst nicht fertig, wurden aber trotzdem schon eifrig gespielt.

Und damit ist nicht allein Cyberpunk 2077 von CD Projekt Red gemeint. Das Science-Fiction-Rollenspiel zählte lange zu den am sehnlichsten erwarteten Titeln.

Als es vor einem Jahr dann endlich erschien, trübten technische Probleme und zahlreiche Fehler den Spielspaß. Nicht nur das: Der Börsenkurs des polnischen Game-Studios brach ein, Kunden verlangten die Rückerstattung des Kaufpreises, Investoren klagten auf Schadensersatz und Sony entfernte das Spiel aus dem PlayStation-Store. Wäre Cyberpunk 2077 mal besser als Early Access gestartet.

Das Modell des Early Access gibt es seit mehr als zehn Jahren. Ein solches Spiel kann man bereits kaufen, während das Entwicklerteam noch aktiv daran arbeitet. Auf Steam, der größten Online-Plattform für PC-Spiele, gibt es Tausende unfertiger

Titel unter dem Schlagwort „Early Access“.

Wer ein Spiel so früh kauft, kann oft gemeinsam mit der Community Einfluss auf die weitere Entwicklung nehmen. Im Laufe der Zeit kommen meist neue Inhalte hinzu und manchmal werden sogar ganze Spielmechaniken verändert. Das vergangene Jahr 2021 hat erneut gezeigt, welche Vielfalt hinter dem Schlagwort steckt. In diesem Artikel schauen wir auf die besten Early-Access-Spiele des Jahres 2021 zurück – die Neuerscheinungen, die großen Updates und die Dauerbrenner.

Vom Hype zum Hit

Als wir das Survival-Spiel **Valheim** vor mehr als zwei Jahren vorgestellt haben [1], war noch nicht abzusehen, dass es 2021 zum Überraschungshit werden würde. Damals gab es eine frühe Alpha-Version auf der kleineren Plattform Itch.io zum kostenlosen Download. Als Valheim im Februar 2021 auf Steam erschien, schossen die Verkaufszahlen binnen kurzer Zeit in die Millionen. Es entstand ein regelrechter Hype um das Spiel, in dem Wikinger eine unbekannte Welt nach Ressourcen durchsuchen, Bosse besiegen und selbstgebaute Burgen gegen Monster verteidigen.

Erfolgsgeschichten wie die von Valheim zeigen: Seine einst abschreckende Wirkung hat das Label „Early Access“ längst verloren. Es ist keine Überraschung, dass ein unfertiges Indiegame mit Retrografik in der Liste der meistverkauften Spiele des Jahres neben Giganten wie Counter-Strike, Cyberpunk 2077 und Age of Empires 4 auftaucht. Aus dem Hype wurde nachhaltiger Erfolg: Fast ein Jahr nach der Veröffentlichung reisen jeden Monat Zehntausende Menschen nach Valheim, auch wenn dessen virtuelle Welt noch längst nicht vollständig ist.

Zum Start auf Steam waren nach Schätzungen der Entwickler nur drei Viertel der Funktionen und etwa die Hälfte aller Biome, Waffen und Gegner fertig. Valheim ist 2018 als Ein-Mann-Projekt des Programmierers Richard Svensson gestartet. Mit einem Preis von 16,79 Euro und mehreren Millionen verkauften Kopien ist seine Firma Iron Gate gewachsen und hat mehr als genug Budget, um Valheim in Ruhe weiterzuentwickeln.

Valheim ist ein Musterbeispiel dafür, was ein erfolgreiches Early-Access-Spiel ausmacht. Mehr als technische Perfektion erwartet das Publikum frische Ideen, Feh-

ler und größere Veränderungen verzeiht es. Entwickler haben deshalb mehr Freiheit, verrückte Sachen auszuprobieren. Early-Access-Spiele sind dazu meist günstig und haben einen Mehrspielermodus. Was macht mehr Spaß, als etwas Neues gemeinsam mit Freunden auszuprobieren?

Genau darin liegt auch das Erfolgsrezept von **Phasmophobia**. Schon 2020 erschien das Horrorspiel, in dem bis zu vier Spieler auf Geisterjagd gehen. Gemeinsam versuchen sie mit pseudowissenschaftlichen EMF-Messgeräten und okkulten Ouija-Brettern die Identität von Geistern zu entschlüsseln. Das detektivartige Spielprinzip unterscheidet sich grundlegend von Shootern und Survival-Spielen. Dieses Alleinstellungsmerkmal, die unheimliche Atmosphäre und ein clever abgestimmter Rabatt zu Halloween machten Phasmophobia zum Verkaufsschlager.

Das Entwicklerstudio Kinetic Games ruht sich darauf allerdings nicht aus. Gemeinsam mit der Community sammelt es neue Ideen, um Phasmophobia weiter zu verbessern. Dafür nutzt es einen öffentlichen Bereich in der Projektmanagementanwendung Trello. Die Entwickler sind außerdem immer mal wieder bei beliebten Streamern zu Besuch und halten über Discord den Kontakt zur Community.

„Wir wollten das Spiel in die Hände der Spieler geben, um sicherzustellen, dass wir das bestmögliche Spiel entwickeln“, sagt Kinetic Games über diesen transparenten Ansatz. Das ganze Jahr

c't kompakt

- Spiele können bereits erfolgreich sein, noch bevor ihre Entwicklung abgeschlossen ist.
- Game-Developer gehen Early-Access-Releases sehr unterschiedlich an.
- Durch das frühe Einbinden der Community können schwere Fehler erkannt und noch behoben werden.

2021 über wurden kleine und große Updates veröffentlicht, die neue Gegenstände, Gespenster und Geisterhäuser hinzufügten. Jedes Update weckt die Neugier und lässt die Spielerzahl sprunghaft ansteigen. Durch dieses konstante Dranbleiben ist Phasmophobia weit über den saisonalen Halloween-Hype hinaus beliebt. Das Spiel ist ein Beispiel dafür, wie Entwickler ihr Spiel lange über den initialen Hype am Leben halten können.

Ein weiteres Mini-Team traf im vergangenen Jahr den Geschmack der Massen: In **Dyson Sphere Program** geht es weder um Wikinger noch um Gespenster. Stattdessen lässt man die hypothetische Dyson-Sphäre Realität werden – eine Raumstation, die einen ganzen Stern umschließt und seine Energie erntet. Nach einer erfolgreichen Kickstarter-Kampagne startete das Weltraum-Aufbauspiel di-



In Valheim kann man allein oder gemeinsam eine eigene kleine Wikinger-Festung bauen.



Wer möchte, kann im Survival-Spiel Raft einer Geschichte folgen und besondere Orte entdecken. Oder stattdessen sein Floß ausbauen und von Insel zu Insel schippern.

rekt in den Early Access. Zwar sind die Spielerzahlen nach den ersten Monaten wieder abgeflacht, doch der Early-Access-Start konnte trotzdem mehr Menschen erreichen als die recht kleine Crowdfunding-Kampagne, die nur 319 Unterstützer überzeugen konnte. Das zeigt, wie effizient Early Access im direkten Vergleich ist. Ein unfertiges Game selbst zu spielen ist attraktiver, als Geld für ein möglicherweise leeres Versprechen vorzustrecken.

Mit einem kleinen Team und einer erfolgreichen Crowdfunding-Kampagne sind 2013 auch The Fun Pimps mit dem Zombie-Survival-Crafting-Game **7 Days to Die** gestartet. In neun Jahren hat sich das Spiel nicht nur grafisch stark verändert. In mindestens jährlichen Updates kamen Verbesserungen, neue Inhalte und Spielmechaniken hinzu. Die bereits spielende Fangemeinde wuchs, die Einnahmen aus dem Early Access finanzieren ein mittlerweile deutlich größeres Team. Mit dem letzten Update im Dezember 2021 erreichten die Spielerzahlen einen neuen Höchstwert von 70.000.

Überleben in Serie

Aufbauspiele wie Dyson Sphere Program und Survival-Simulationen wie Valheim machen einen großen Teil der Spiele aus, die im Early Access entwickelt werden. Das liegt nicht nur daran, dass sich das Genre seit dem Erscheinen von Minecraft anhaltender Beliebtheit erfreut. Die offe-

nen, oft zufällig erzeugten Spielwelten harmonisieren mit einer Entwicklung, bei der ständig alles im Fluss bleibt. Meistens hat man eine Reihe an Werkzeugen zur Hand, um sich mit Improvisation und Geschick durch eine lebensgefährliche Welt zu schlagen. Daraus lernen die Entwickler, welche Ideen gut funktionieren – und welche weniger.

Eine Ausnahme ist das ebenfalls schon 2019 vorgestellte **Raft**, denn es erzählt eine Geschichte. Im Kern ist auch Raft im Lieblingsgenre aller Early-Access-Entwickler angesiedelt, dem Survival-Abenteuer in einer offenen Spielwelt. Auf einem selbst gezimmerten Floß segelt man darin durch eine überflutete Welt. Mit einem Funkempfänger erhält man die Koordinaten zu besonderen Orten, an denen die Geschichte weiter geht. Im Oktober 2020 spülte ein Update das zweite Kapitel ins Spiel. Die Spielerzahlen erreichten daraufhin ihren bisherigen Tageshöchststand von über 40.000 und halten sich seither auf einem besseren Durchschnitt als in den beiden Jahren zuvor.

Raft ähnelt damit dem Ansatz von **The Long Dark**, das schon seit 2017 das Label des Early Access hinter sich gelassen hat und offiziell „fertig“ ist. Nur das Ende der Geschichte bleibt bisher offen und wird in einzelnen Kapiteln (kostenlos) nachgeliefert. Daneben gibt es einen storyunabhängigen Sandbox-Modus. In dem Survival-Game schlägt man sich nach einem Flug-

zeugabsturz durch die verschneiten Berge Kanadas. Die ersten beiden Kapitel läuteten den Launch der Vollversion im Jahr 2017 ein. Erst zwei Jahre später folgte eine dritte Episode, im Jahr 2021 wurde dann der vierte Teil veröffentlicht. Das Finale dürfte bei diesem Rhythmus schätzungsweise 2023 kommen.

Ein anderes Team hat statt eines Updates gleich eine vollwertige Fortsetzung abgeliefert. Das Game-Studio Unknown Worlds war vier Jahre lang mit der Entwicklung von Subnautica beschäftigt. Schon ein Jahr nach dem Release im Januar 2018 erschien der Nachfolger **Subnautica: Below Zero**. Spieler kehren darin in die Unterwasserwelt des außerirdischen Planeten 4546B zurück – und Unknown Worlds zum Early Access. Diesmal dauerte die Phase allerdings nur knapp 16 Monate: Im Mai vergangenen Jahr hat auch Below Zero seine Early-Access-Phase erfolgreich abgeschlossen.

Eine Fortsetzung ist auch dann angebracht, wenn die Entwickler ihre Spielidee radikal umschmeißen möchten. Wie sehr sich ein Spiel verändern kann, hat Darkest Dungeon bewiesen. Entwickler Red Hook feilte ein Jahr an der Spielbalance seines Rollenspiels und brachte dann mit herunterladbaren Erweiterungen neue Spielmechaniken ein. **Darkest Dungeon II** behält den Comicstil, die beklemmende Atmosphäre des kosmischen Horrors und die Mark und Bein durchdringende Stimme seines Erzählers bei. Ansonsten geht der zweite Teil neue Wege.

Die taktischen Kämpfe gegen abscheuliche Monster sind weiterhin der Kern des Spiels. Wo die Spielfiguren früher in eine Stadt zurückkehrten, um dort ihre körperlichen und geistigen Wunden zu heilen, ist ihr Kampf diesmal aber ein Roadtrip auf dem Weg zum Ursprung des Bösen. Dabei rücken die einzelnen Charaktere (und ihre Beziehungen untereinander) noch stärker in den Mittelpunkt. Durch das Erhalten seines alten Kerns spielt sich der zweite Teil eher wie eine Neuinterpretation als eine Fortsetzung.

Technisch gab es ebenfalls einen großen Sprung. Aus den 2D-Animationen wurde 3D, auch wenn man das auf den ersten Blick gar nicht sieht. Der Stil blieb eins zu eins erhalten. In Bewegung bemerkt man weichere Animationen und dramatische Beleuchtungseffekte, die so vorher nicht möglich waren.

Mitunter ist es schwierig, im Early Access Geschichten zu erzählen. Denn ist die

Story durchgespielt, gibt es womöglich keinen Grund, das Spiel in seinem fertigen, besten Zustand noch mal zu spielen. Das episodische Modell hat sich dabei bewährt, wie *Raft*, *The Long Dark* und auch *Subnautica* beweisen. Einzelne Kapitel sind dann bereits fertig, nur die weitere Geschichte fehlt noch. Und die Statistiken auf Plattformen wie Steam belegen, dass selbst große Abstände zwischen den einzelnen Kapiteln das Interesse nicht zwangsläufig abflachen lassen – häufig ist sogar das Gegenteil der Fall.

Zwischen Ungeduld und Perfektionismus

Doch nicht immer ist unfertig gleich unfertig. Tatsächlich gibt es Early-Access-Spiele, die schon dermaßen auf Hochglanz poliert sind, dass man die unfertigen Stellen mit der Lupe suchen muss. Etwa **Dorfromantik**, das beim Deutschen Computerspielpreis (DCP) für sein Gamedesign ausgezeichnet wurde. In dem Aufbau-Puzzlespiel legt man sechseckige Spielkarten mit zueinander passenden Seiten aneinander. Mit der Zeit wächst daraus eine Landschaft mit Wäldern, Eisenbahnlinien, Seen und Städten. Wer gut taktiert, schafft es auf die oberen Plätze der Bestenliste, denn jede Karte und jede abgeschlossene Aufgabe bringen Punkte.

Eigentlich wollte das kleine Team aus Berlin sein Spiel ganz altmodisch erst vollständig fertig entwickeln. Dann kam die Pandemie: „Viele von euch haben uns berichtet, dass bereits der Prototyp von Dorfromantik hilft, in der aktuellen Situation etwas Entspannung im Alltag zu finden und herunterzukommen“, schreiben die Entwickler von Toukana Interactive auf Steam. Das habe sie überzeugt, Dorfromantik früher als geplant an die Community herauszugeben.

„Aus unserer Sicht ist Dorfromantik aber bereits in einem perfekt spielbaren und stabilen Zustand mit allen Kernmechaniken und viel Feinschliff“, erklärten die DCP-Gewinner. Die bislang veröffentlichten Updates haben das Spiel daher vor allem um Inhalte erweitert und etwa eine Schneelandschaft hinzugefügt.

Auch das Pixelart-Rollenspiel **Death Trash** spielt sich auf Steam schon fast wie fertig. Sechs Jahre werkelt der Berliner Stephan Hövelbrinks größtenteils allein an seinem Traumprojekt. In dieser Zeit postete er fast täglich neue Bilder von seinem Fortschritt in den sozialen Medien. Das postapokalyptische Action-Rollen-



Das entspannte Aufbau-Puzzle Dorfromantik hat einen sehr erfolgreichen Start hingelegt, obwohl es noch nicht fertig ist.

spiel fand mit seiner schrägen Pixelwelt schnell begeisterte Anhänger. Wo sonst kann man mit einäugigen Fleischmonstern Freundschaft schließen oder in einer abgeranzten Punker-Kneipe per Knopfdruck auf den Boden kotzen?

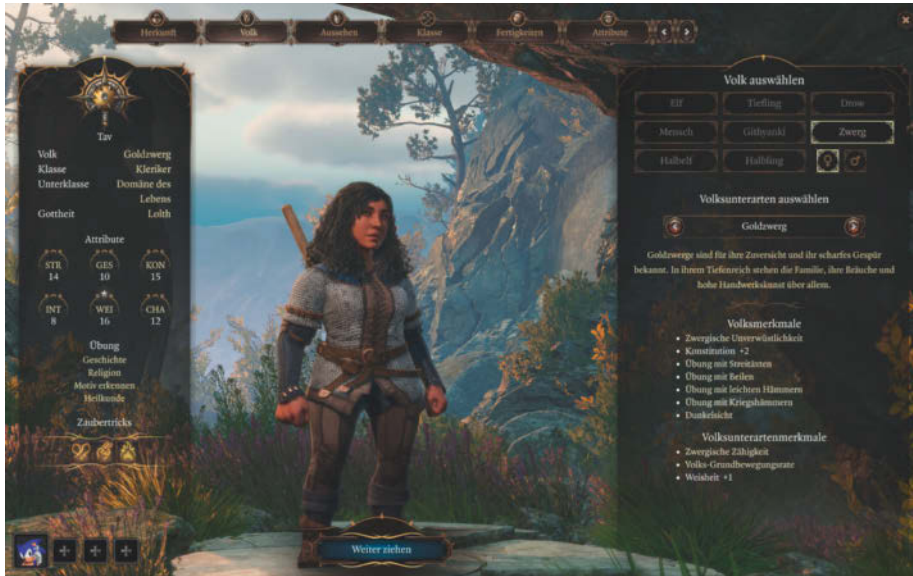
Dadurch wuchs auch die Erwartungshaltung. Immer wieder kündigte der perfektionistische Solo-Entwickler einen Release-Termin an und verschob ihn dann doch wieder. Im vergangenen Jahr gab Hövelbrinks nach und öffnete *Death Trash* für das Publikum. Bisher ist er mit dem Feedback zufrieden, auch wenn er selbst sein größter Kritiker bleibt. „Das Spiel hat

etwas Wiederspielwert durch Story und Gameplay-Entscheidungen, aber wenn die Zahl der Spielstunden wichtig für dich ist, warte einfach besser, bis das Spiel fertig ist“, empfiehlt Hövelbrinks. Den sehr positiven Nutzerkommentaren nach zu urteilen, genügt der Zustand vielen jetzt schon.

Auch die Ungeduld der Zielgruppe kann also eine Motivation sein, den allerletzten Feinschliff erst im laufenden Betrieb vorzunehmen. Es ist beinahe so, als ob ein Teil des Publikums ein neues Spiel gar nicht früh genug in die Finger bekommen kann.



Im Pixelart-Rollenspiel *Death Trash* kann man Freundschaft mit einäugigen Fleischmonstern schließen und in der Punkerkneipe auf den Boden kotzen.



Das epische Rollenspiel Baldur's Gate 3 ist schon spielbar. Noch stehen aber nicht alle Charakterklassen zur Auswahl.

Nicht nur für Indies

Early Access ist längst nicht mehr nur die Domäne winziger Indie-Teams. Die Flexibilität dieser Art der Entwicklung haben bereits weitaus größere Studios für sich entdeckt. Sogar eine der bekanntesten Rollenspielserien verbrachte 2021 im Early Access: Baldur's Gate 3. Das belgische Studio Larian Studios hatte sich mit Divinity: Original Sin einen Namen im Genre gemacht. Der erste Akt der Geschichte von **Baldur's Gate 3** ist bereits spielbar. Der Rest soll in diesem Jahr folgen.

Baldur's Gate 3 unterscheidet sich von anderen Early-Access-Spielen. Phasmophobia, Valheim & Co. haben als Projekte einzelner Solo-Entwickler begonnen. Larian dagegen ist ein etabliertes Unternehmen mit über 300 Angestellten. Bei dieser Teamgröße kann man nicht mal eben schnell eine gute Idee aus der Community auf den Projektplan setzen. „Wir verwenden automatische Datenerfassungsinstrumente, um die Spielbalance besser anpassen zu können, aber wir achten gleichzeitig auf Feedback in den Foren, um interne Diskussionen voranzubringen“, beschreibt das Larian-Team sein Vorgehen. Denn Baldur's Gate 3 bietet nicht nur eine große Spielwelt, sondern auch zahllose Lösungswege. Die Spielfiguren können schleichen oder kämpfen, man kann Dialogoptionen wählen und die Fertigkeiten der Figuren miteinander kombinieren. Bei dieser Komplexität ist es unbezahlbar, schon wäh-

rend der Entwicklung eine Million Tester zu haben.

Der Erfolg im Early Access ist auch ein Vertrauensvorschuss. Obwohl seit Baldur's Gate 2 mehr als 20 Jahre vergangen sind, gibt es noch immer ein Publikum für ein altmodisches Fantasy-Rollenspiel. Immer wieder scheiterten Versuche, die Marke wiederzubeleben. Early Access hat als praktische Marktanalyse nun bewiesen, dass sich das Risiko gelohnt hat.

Mit **Vampire: The Masquerade** kehrte 2021 ein weiteres berühmtes Rollenspiel-Franchise zurück. Allerdings nicht im Gewand des heiß ersehnten Bloodlines 2, das nach dem Austausch des Teams allem Anschein nach in der Entwicklungshölle feststeckt, sondern mit dem Ableger Bloodhunt. Einige Fans des in der modernen Zeit spielenden Vampir-Mythos konnten bereits ihre Zähne in den Battle-Royale-Shooter schlagen. Aus der Schulterperspektive kämpfen in Bloodhunt Vampire mit Maschinengewehren und Magie im modernen Prag um die Vorherrschaft.

Das Game-Studio hat im Early Access eine Lektion gelernt und den vollständigen Release auf das Frühjahr verschoben. Mittlerweile sind die Spielserver komplett geschlossen. Eigentlich war diese Auszeit von der Testphase nicht geplant. In einem Blogbeitrag schreibt das Team, das „Feedback hat uns unglaublich dabei geholfen, zu erkennen, in welchen Bereichen unser Spiel hervorsteht, aber auch, wo wir härter arbeiten müssen, um die hohen Standards

von uns Entwicklern und euch Spielern zu erreichen.“ So hat die frühe Spielbarkeit möglicherweise einen völlig verkorksten Start verhindert. Für etablierte Marken wie Vampire und Baldur's Gate ist Early Access eine Möglichkeit, die Stimmung im Publikum zu testen und Probleme rechtzeitig zu erkennen.

Zweite Chance

Damit verliert eine PR-Weisheit der Spielebranche zunehmend an Bedeutung. Die besagt, dass jedes Spiel nur einen einzigen Launch hat. Erscheint ein Spiel als Early Access, wäre die Version 1.0 kein besonderes Ereignis mehr. Die Auf- und Abs in den Spielerstatistiken langjähriger Early-Access-Spiele zeichnen ein anderes Bild. Jedes große Update reaktiviert nicht nur die mit der Zeit eingeschlafene Spielerbasis, sondern gewinnt auch neue Fans dazu.

Das Publikum ist durch die Popularität von Early Access auch große Änderungen an einem Spiel gewohnt. Studio Yager hat das eine zweite Chance eröffnet. Bekannt wurde das Team mit der düsteren Story des Shooters Spec Ops: The Line. Mit The Cycle wollte das in Berlin ansässige Unternehmen ein Stück vom Multiplayer-Markt abhaben. Doch der im Early Access verfügbare Mix aus Survival und Ego-Shooter hat nicht so recht eingeschlagen. Also wagen die Berliner einen kompletten Neustart für das Projekt – schließlich war The Cycle ja ohnehin noch gar nicht richtig erschienen. The Cycle heißt jetzt **The Cycle: Frontier** und wird 2022 zum zweiten Mal in den Early Access starten.

Die Grenzen dessen, was Early Access eigentlich bedeutet, verschwimmen indes mehr und mehr. Der Launch des Weltraumerkundungsspiels **No Man's Sky** war eine Bruchlandung. Nach großen Ankündigungen konnte das Endergebnis nicht mit den hohen Erwartungen des Publikums mithalten. Doch statt sich den Anfeindungen verärrter Fans zu ergeben, hat das Team von Entwickler Hello Games fleißig weiter an seinem Herzensprojekt gewerkelt. Herausgekommen ist das wohl größte Comeback der Videospielgeschichte.

Das No Man's Sky von heute hat zwar denselben Namen wie das Spiel, das 2016 erschienen ist. Inhaltlich könnte es fast genauso gut eine komplett neu entwickelte Fortsetzung sein. Damals konnte man nur einsame Planeten erkunden und Ressourcen sammeln. Inzwischen geht das im

Mehrspielermodus gemeinsam mit Freunden. Weitere massive Neuerungen erlauben es, Basen zu bauen, Missionen von Außerirdischen anzunehmen und vieles mehr. Erstmals waren damit 2021 die meisten Nutzerrezensionen auf Steam positiv.

„Heute haben wir eine stärkere Spielerbasis als jemals zuvor in den letzten fünf Jahren“, verkündete Hello Games in einem Dankesgruß an seine Community zum fünften Jubiläum. Die Entwicklung von No Man's Sky hat überdeutliche Parallelen zum Verlauf einer Early-Access-Phase. Möglicherweise hätte dieses Label allein mit angepasster Erwartungshaltung einigen Hatern den Wind aus den Segeln genommen. Doch ob mit oder ohne die beiden Wörter – die Idee des Early Access hat die Spieleentwicklung verändert.

Nicht mehr wichtig

Zwar gibt es in digitalen Spielsehops weiterhin eigene Kategorien für Early-Access-Spiele. Die Trennlinie zwischen fertigen und unfertigen Spielen verschwimmt aber zunehmend. Was früher als eine Form des Crowdfundings für kleine Projekte anging, ist inzwischen ein von vielen selbstverständlich hingenommenes Konzept. Für manche Projekte scheint das Fertigwerden gar keine so große Rolle mehr zu spielen.

So etwa **BeamNG.Drive** aus Bremen. Der Fahrzeugsimulator lässt Autofanater von gemütlichen Spritztouren bis zu wilden Stunts und detailliert simulierten Unfällen alle Freiheiten. Schon 2015 startete BeamNG.Drive auf Steam. „Es ist schwierig, eine genaue Zahl zu nennen“, schreiben die Entwickler über die geplante Dauer der Testphase, „aber wahrscheinlich mindestens zwölf Monate.“ Der letzte Patch aus dem Dezember 2021 trägt die Versionsnummer 0.24.1 und ist noch immer weit entfernt von einer finalen Version. Dennoch hat das Spiel bereits fast 100.000 Rezensionen auf Steam gesammelt und die sind im Durchschnitt „äußerst positiv“. Viele der Rezensenten haben Hunderte oder Tausende von Stunden mit BeamNG.Drive verbracht. Das entspricht in etwa den Spielzeiten eines professionellen Testers.

Noch länger im Early Access steckt **Project Zomboid**. 2011 erschien ein erster Prototyp des Zombie-Survival-Spiels auf der längst eingestellten Spieleplattform Desura. Seitdem hat sich gleichzeitig viel und nichts getan. Optisch ist dem Zombie-Spiel aus der Vogelperspektive das Alter anzumerken. Erst am Inhalt werden die



Das Alleinstellungsmerkmal von BeamNG.Drive ist seit dem Early-Access-Start im Jahr 2015 das kleinteilige Schadensmodell der Fahrzeuge.

zehn Jahre Entwicklungszeit sichtbar. Es gibt zahllose Möglichkeiten, seinen Apocalypse-Überlebenden anzupassen, Häuser lassen sich auf jede erdenkliche Art verbarrikadieren und man kann mit Fahrzeugen vor den lebenden Toten flüchten. Project Zomboid erfüllt so ziemlich jeden Wunsch einer Weltuntergangsfantasie.

Mit über 50.000 steht das Game im Januar 2022 auf Platz 19 der gleichzeitig aktiven Spieler. „Projekt Zomboid ist ein sehr viel ehrgeizigeres Spiel, als wir jemals hätten hoffen können, selbst zu finanzieren“, schreibt das Entwicklerteam The Indie Stone. „Es ist über die Jahre massiv gewachsen, und es war eine Achterbahnfahrt, aber jetzt befinden wir uns in einer stabilen finanziellen Situation mit einer insgesamt positiven Reaktion der Steam-Community.“

Beide Spiele sind mit Ambitionen gestartet, die weit über den Möglichkeiten eines kleinen Indieteams liegen. Doch nicht nur die Hoffnungen der Entwicklerteams sind bereits erfüllt, auch die Community ist mit den Spielen zufrieden. Ob und wann sie fertig werden, spielt daher keine Rolle.

Fazit

Early Access steht heute für viel mehr als nur ein unfertiges Spiel. Es kann bedeuten, sein Publikum aktiv in die Entwicklung einzubeziehen und eine Community aufzubauen. Es kann Möglichkeiten zur Finanzierung bieten, die nachhaltiger als ein einmaliges Crowdfunding sind. Ein Early-Access-Spiel kann wenige Monate für den

Feinschliff benötigen oder die Entwicklung zum Dauerzustand machen. Und es kann auch bedeuten, dass man all das tut, ohne es jemals „Early Access“ genannt zu haben.

Videospiele sind längst keine statischen Produkte mehr, die einmal fertig programmiert sind und dann verkauft werden. Ihr Code ist ständig im Fluss, noch während sie längst gespielt werden. Das gewachsene Verständnis beim Endkunden erlaubt es sogar Spielen wie No Man's Sky, sich mit den Werkzeugen der Early-Access-Entwicklung aus einem holprigen Launch zu retten. Auf der anderen Seite kann eine frühe Offenheit der Entwicklung auch Probleme verdeutlichen, um so eine Bruchlandung zu verhindern.

Das Erstellen von umfassenden Jahresendlisten macht diese neue Art der Spieleentwicklung jedenfalls nicht leichter. Welches Erscheinungsjahr zählt denn nun für die besten Spiele des Jahres 2021? Zählt die erste Alpha, Version 1.0 oder das große Jubiläums-Update? Am Ende ist es gar nicht so wichtig, wann und ob ein Spiel fertig wird. Viel wichtiger ist die Frage, ob es Spaß macht. Und die lässt sich jederzeit beantworten. (lmd@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Liane M. Dubowy, Rudolf Opitz, Vorschuss für Spiele, Das Finanzierungsmodell Early Access setzt sich durch, c't 14/2019, S. 114

Early-Access-Spiele & Videos: [ct.de/y2g8](https://www.ct.de/y2g8)



Bild: Albert Huim

Kryptische Propaganda

Entschlüsselt: Briefe von Kaiser Maximilian II.

Transportverschlüsselung von vertraulichen und personenbezogenen Daten gab es auch vorm Inkrafttreten der DSGVO. Schon 1575 ließ Kaiser Maximilian II. wahlentscheidende Briefe von seiner Kanzlei für den Postweg verschlüsseln. Nach Jahrhunderten im Archiv haben Forscher ihre Inhalte mit Zettel, Stift und Algorithmus entschlüsselt – mit interessanten Ergebnissen für Kryptologie und Geschichtswissenschaft.

Von Nils Kopal und Michelle Waldispühl

Das Jahr 1575 war ein entscheidendes für den Habsburger Kaiser Maximilian II. Eine wichtige Wahl für ihn stand an, in der er seinen Einfluss auf große Gebiete hätte erweitern können. Die Krone des Vielvölkerstaats Polen-Litauen, eine parlamentarische Monarchie, war vakant, und die rund 50.000 Mitglieder des Adels hatten im November 1575 die Gelegenheit, ihren König und Großfürsten zu wählen. Unter den Kandidaten für den Thron befanden sich unter anderem Maximilian II., sein Sohn Ernst und die polnische Prinzessin Anna Jagiellonica zusammen mit ihrem zukünftigen Mann Stephan Báthory, dem Fürsten aus Siebenbürgen.

Zu den Wahlvorbereitungen gehörte damals wie heute möglichst wirksame Wahlpropaganda. In vormodernen Zeiten erreichte man die Wahlberechtigten allerdings nicht so einfach über öffentliche Medien wie heute – die Kommunikation und damit die Beeinflussung der Wahl-

berechtigten geschah vorwiegend mündlich und vor Ort. Dafür brauchte Maximilian als ausländischer Kandidat Verbündete in Polen-Litauen, die für ihn

lobbyierten und auf Stimmenfang gingen. Um seine Verbündeten vor Ort über seine politischen Ideen, Wahlversprechen und -strategien zu informieren, war er auf Briefkorrespondenz angewiesen. Die

Frisch aus
c't Nerdistan

Briefboten mussten allerdings große Strecken überwinden und waren mehrere Tage oder sogar Wochen unterwegs. Es bestand immer die Gefahr, dass die Briefe abgefangen und von Dritten gelesen würden. Fremde sollten jedoch unter keinen Umständen Einblick in die diplomatischen Briefe bekommen – ein Verfahren für verschlüsselte Übertragung musste her. Während man heute für eine solche Verschlüsselung komplexe mathematische und computerbasierte Verfahren zu Hilfe nimmt, übernahmen in vormoderner Zeit handschriftliche Geheimschriften diese Funktion. Auf solche vertraute auch Maximilian II.

Zum Glück für die heutige Forschung wurden damals nicht alle Briefe direkt vernichtet und so landeten einige im Haus-, Hof- und Staatsarchiv in Wien. Im Zuge der Arbeit innerhalb des interdisziplinären Forschungsprojekts DECRYPT zu historischer Kryptologie, das in einem vorangehenden Artikel schon eingehender vorgestellt wurde [1], stießen wir in der DECODE-Datenbank auf fünf verschlüsselte Briefe (hier Briefe A bis E genannt). Sie sind sich optisch sehr ähnlich und im Zusammenhang mit der Habsburger Kandidatur für den polnisch-litauischen Thron in den Jahren 1574 und 1575 verfasst worden. Allerdings hatten wir am Anfang der Forschung noch keine Ahnung, wer die Briefe wann versandt hatte, wer die Adressaten waren und was darin stand. Alles, was wir vor uns liegen hatten, waren die fotografierten Briefseiten der Geheimschrift.

Im Folgenden zeichnen wir nach, wie wir die Briefe mithilfe von computergestützten Methoden und dank dem inter-

disziplinären Zusammenspiel eines Kryptologen und einer historischen Sprachwissenschaftlerin geknackt haben. So kamen wir den Geheimnissen um die Wahlstrategien von Maximilian II. auf die Spur.

Abtippen mit Hindernissen

Anfangs hatten wir nur einen fotografierten Text, Brief A, der in der DECODE-Datenbank von unseren DECRYPT-Projektkollegen digital abgelegt und mit dem Prädikat „nicht entschlüsselt“ versehen worden war (siehe ct.de/yket). Nachdem wir diesen gelöst hatten, konnten wir vier weitere ähnliche Dokumente in der Datenbank identifizieren und ebenfalls computergestützt lösen.

Bevor wir aber computergestützte Methoden auspacken konnten, mussten

wir die Texte erst in eine maschinenlesbare Form bringen. Dazu transkribierten wir jedes einzelne Geheimtextzeichen mit einem von uns festgelegten UTF8-Zeichen. Das klingt nachträglich einfacher, als es tatsächlich war, denn es galt zuerst herauszufinden, wie viele unterschiedliche handschriftliche Geheimtextzeichen die Chiffre genau enthält. Die Sekretäre von Maximilian II. vertrauten dessen geheime Nachrichten 1575 nämlich nicht den zu dieser Zeit üblichen Zahlenchiffren an, sondern benutzen eine andere Form der Verschlüsselung. Zwar verschlüsselten sie die Nachrichten auch homophon – Klartextbuchstaben können durch verschiedene Geheimtextzeichen ersetzt werden –, allerdings nutzten sie statt Buchstaben oder Zahlen eigene Geheim-

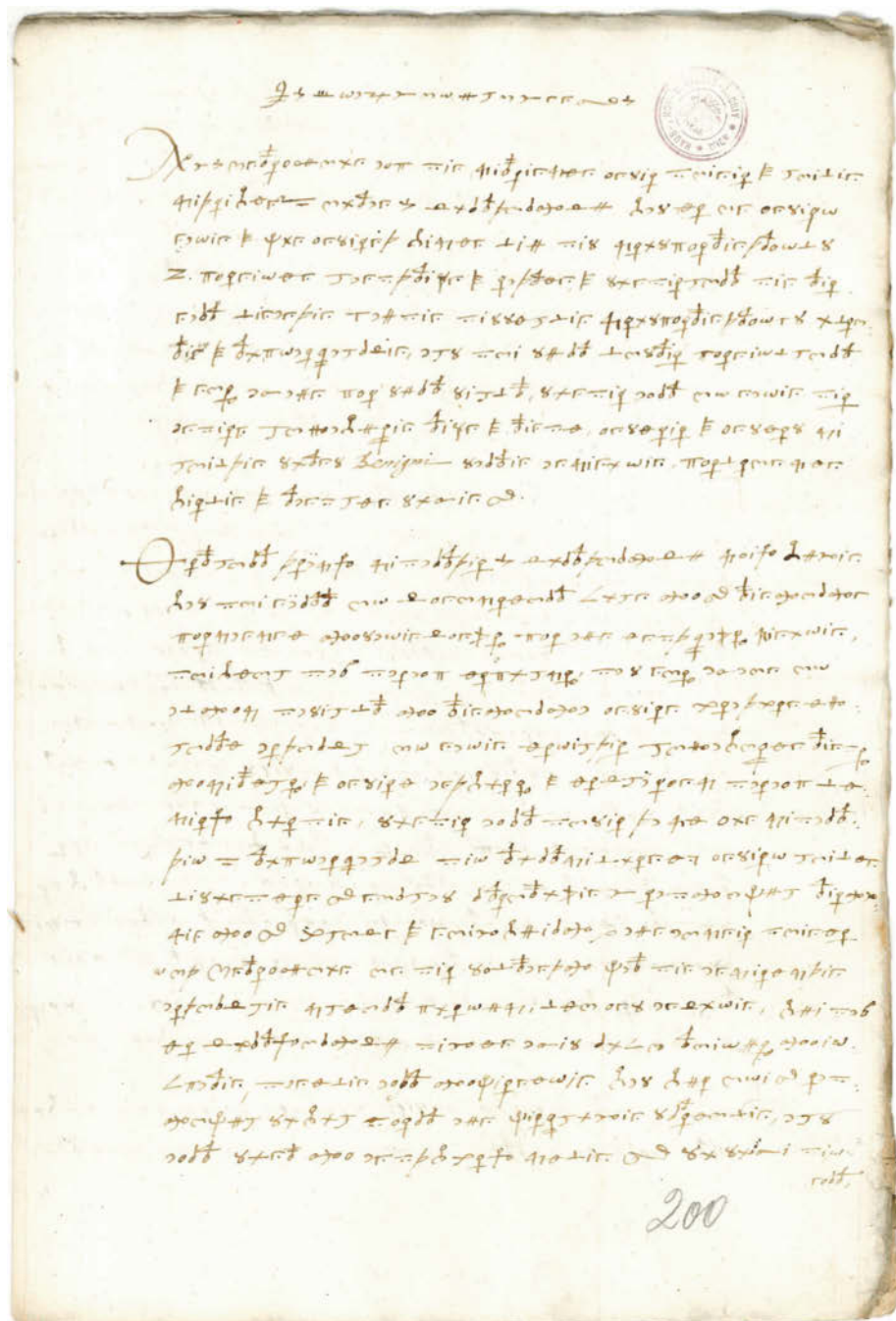


Bild: KHM-Museumsverband

Der Habsburger Kaiser Maximilian II. wollte König in Polen-Litauen werden. Die Briefe mit seiner Wahlkampfstrategie ließ er für den Transport verschlüsseln.

ct kompakt

- Um historische Briefe zu entschlüsseln, arbeiten Historiker und Kryptoanalytiker zusammen.
- Der Habsburger Kaiser Maximilian II. verschickte wahlentscheidende Briefe nicht im Klartext.
- Verschlüsselt wurde mit Zeichen aus Astrologie, Alchemie sowie lateinischem und griechischem Alphabet – vorm Entschlüsseln mussten die Forscher sie transkribieren.



Die handschriftlichen Symbole sind schwer zu entziffern. Erst wenn man sie transkribiert hat, kann der Computer mit der Entschlüsselung beginnen.

textsymbolden und griffen auf eine bunte Mischung aus alchemistischen und astrologischen Zeichen, lateinischen und griechischen Buchstaben sowie Zahlen und Fantasiezeichen zurück. Außerdem konnten wir die einzelnen Zeichen im Manuskript nicht immer eindeutig auseinander halten. Die erste Zeile von Brief A sah in unserer Transkription dann wie folgt aus:

ſÄ1HJüKCHKſCK/DvÄ

Auch wenn die Transkription wegen der vielen schwer lesbaren Zeichen mühsam war, machten uns die kaiserlichen Kryptologen, die sich die Chiffre ausgedacht hatten, das Leben einfacher, als wir es von anderen Texten aus der Zeit gewohnt waren. Im Gegensatz zu den vatikanischen Zahlenschiffren mussten wir den Text nämlich nicht in seine Bestandteile zerlegen. Ein Geheimtextzeichen in den Maximilian-Briefen repräsentiert immer ein oder mehrere Klartextzeichen, nie-

mals mussten mehrere Geheimtextzeichen zusammengenommen werden. Genau das hatte die Entschlüsselung der Vatikan-Chiffren im Verhältnis deutlich anspruchsvoller gemacht. Bevor wir dort die Chiffren in Klartextbuchstaben entschlüsseln konnten, mussten wir Trennungen zwischen diesen herausfinden. Dafür programmierten wir im DECRYPT-Projekt verschiedene Parser, die die Geheimtexte in ihre Einzelteile zerlegten [1].

Maximilians Kryptografen hielten ihr rätselhaftes Zeichensystem auch ohne Zeichenkombinationen für ausreichend sicher. Für die konkrete Entschlüsselung benutzten wir direkt nach der Transkription den „Homophonen Substitutionsanalyzer“, eine Komponente der von uns mitentwickelten Open-Source-Software CrypTool 2 (zum Download über ct.de/yket) [2]. Der Analyzer beherrscht die automatische und semiautomatische Kryptoanalyse von homophonen Substitutionschiffren und nutzt dazu den Hillclimbing-Algorithmus. Beim Hillclimbing wählt der Analyzer zunächst eine zufällige Belegung von Geheimtextzeichen zu Klartextsymbolen (einen Schlüssel) aus. Er bewertet mittels eines Sprachmodells, wie gut die aktuelle Entschlüsselung ist. Danach tauscht er sukzessive Teile des aktuellen Schlüssels aus und versucht so, diesen zu verbessern. Den Analyzer darf man sich aber nicht wie einen Automaten vorstellen, in den man eine Zeichenkette aus dem 16. Jahrhundert wirft und einen fehlerfreien Klartext herausbekommt.

Zum Erfolg kommt man nur als Team aus Software und Bediener. Neben einem Wörterbuch, mit dem der Analyzer automatisch erkennt, ob er bereits vollständige Wörter gefunden hat, kann der Kryptoanalytiker eingreifen und Zuordnungen (und somit den Schlüssel) auch manuell verändern und verbessern. Bereits als korrekt identifizierte Buchstaben kann man grün markieren und so fixieren; diese bleiben dann bei den nächsten Iterationen unverändert. Als Bediener muss man sich auch für ein Sprachmodell entscheiden und dafür vorab abschätzen, in welcher Sprache der Klartext wohl geschrieben wurde. Den zuerst transkribierten Text dechiffrierten wir mithilfe von CrypTool 2, wo sich nach einigen Versuchen mit verschiedenen Sprachmodellen herausstellte, dass es sich um einen deutschsprachigen Text handeln musste.

Bild: Haus-, Hof- und Staatsarchiv, Wien

heise +

ct

ix

Mac&i

Make:

MIT
Technology
Review
Das Magazin für Innovation von Heise

ct **Fotografie**

c't-Abonnenten
lesen bis zu
75%
günstiger

Das digitale Abo für IT und Technik.

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

- ✓ Zugriff auf alle Artikel von heise+
- ✓ Jeden Freitag exklusiver Newsletter der Chefredaktion
- ✓ Alle Heise-Magazine online lesen: c't, ix, Technology Review, Mac & i, Make und c't Fotografie
- ✓ 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

Verräterische Leerzeichen

Ungewohnt leicht angreifbar war die Chiffre auch, weil die verschlüsselten Wörter durch sichtbare Leerzeichen getrennt wurden. Das schränkt die Wahlmöglichkeiten, insbesondere für sehr kurze Wörter der Sprache (wie „DER/DIE/DAS“ und „UND“), bei der Entschlüsselung sehr ein. Die Profis aus dem Vatikan machten das geschickter und ließen in ihren Zahlenchiffren die Leerzeichen vollständig weg.

Auch mithilfe sprachlicher Analysen des Texts konnten wir die Transkription und die Dechiffrierung weiter verbessern und schließlich einen Schlüssel extrahieren. Schnell stellten wir fest, dass ein Geheimtextzeichen entweder für einen einzelnen Buchstaben (wie A oder E), für einen Doppelbuchstaben (wie FF oder ST) oder für bedeutungslose Füllzeichen stehen kann, die in der Kryptologie als Nullen bezeichnet werden.

Als knifflige Textteile erwiesen sich – wegen dieser Nullen – die erste und die letzte Zeile. Eine Frequenzanalyse der einzelnen Geheimtextzeichen zeigte deutlich, dass mehrere der Zeichen sonst nirgends im Text vorkommen. Dies legte die Vermutung nahe, dass es sich entweder um Nullen oder um sogenannte Nomenklator-Zeichen, das heißt Codes für einen Personen- oder Ortsnamen oder einen Begriff handeln könnte. Eine Probe mit Nullen ergab schließlich die erhellen- de Lösung. In der ersten Zeile steht

„###MAX#IMILI#AN##“ und in der letzten „####DAT#PRAG DEN 5## IULII####1#5#7#5####“ (# steht für eine Null), womit wir den Absender, den Versandort und die Datierung des Briefs festlegen konnten.

Der schwierigste Teil war damit geschafft: Die Entzifferung der weiteren Briefe war mit dem Vorwissen über Chiffretyp und Textstruktur, das wir aus der Analyse von Brief A gewonnen hatten, wesentlich einfacher. Für die Briefe B und C wurde gar derselbe Schlüssel verwendet. Die Briefe D und E bestanden zwar aus teilweise anderen Zeichen und einem anderen Schlüssel, unser Vorwissen beschleunigte dennoch sowohl die Transkription als auch die automatische Entschlüsselung mit dem Substitutionsanalysator. Wir konnten bis zum heutigen Zeitpunkt rund 95 Prozent der Brieftexte entziffern. Ein offenes Problem stellen noch einige Codewörter für Personen dar. Einige davon konnten wir dank dem inhaltlichen Kontext bestimmen, für einige andere bräuchten wir einen Originalschlüssel, um eine definitive Lösung zu bekommen.

Die geheimen Botschaften

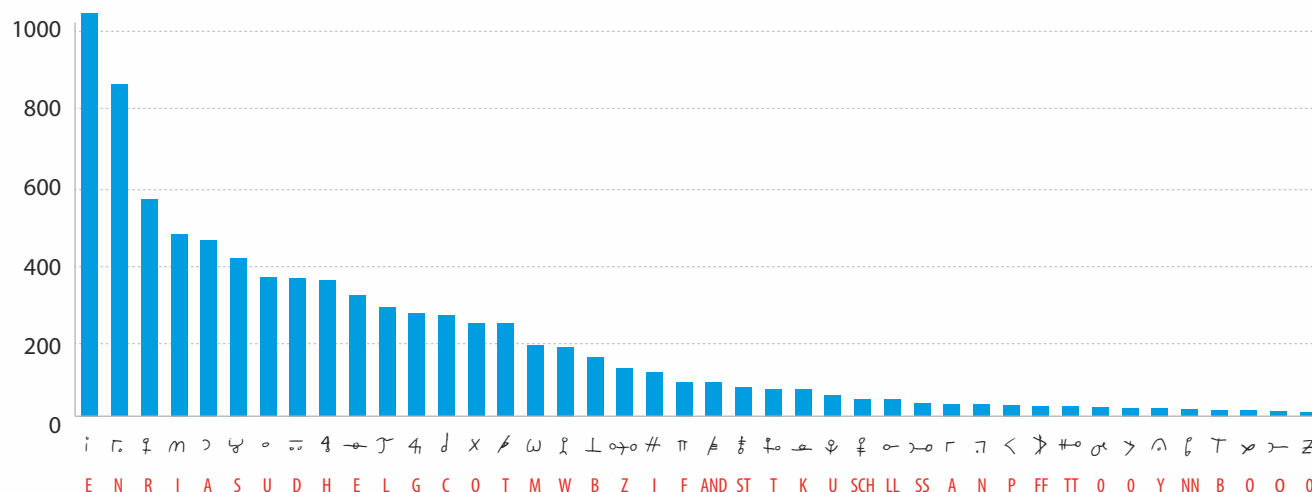
Die entschlüsselten Briefe sind auch inhaltlich spannend. Sie geben Aufschluss über politische Bündnisse, Wahlversprechen und Wahlstrategien der Habsburger und deren litauischem Verbündeten, dem

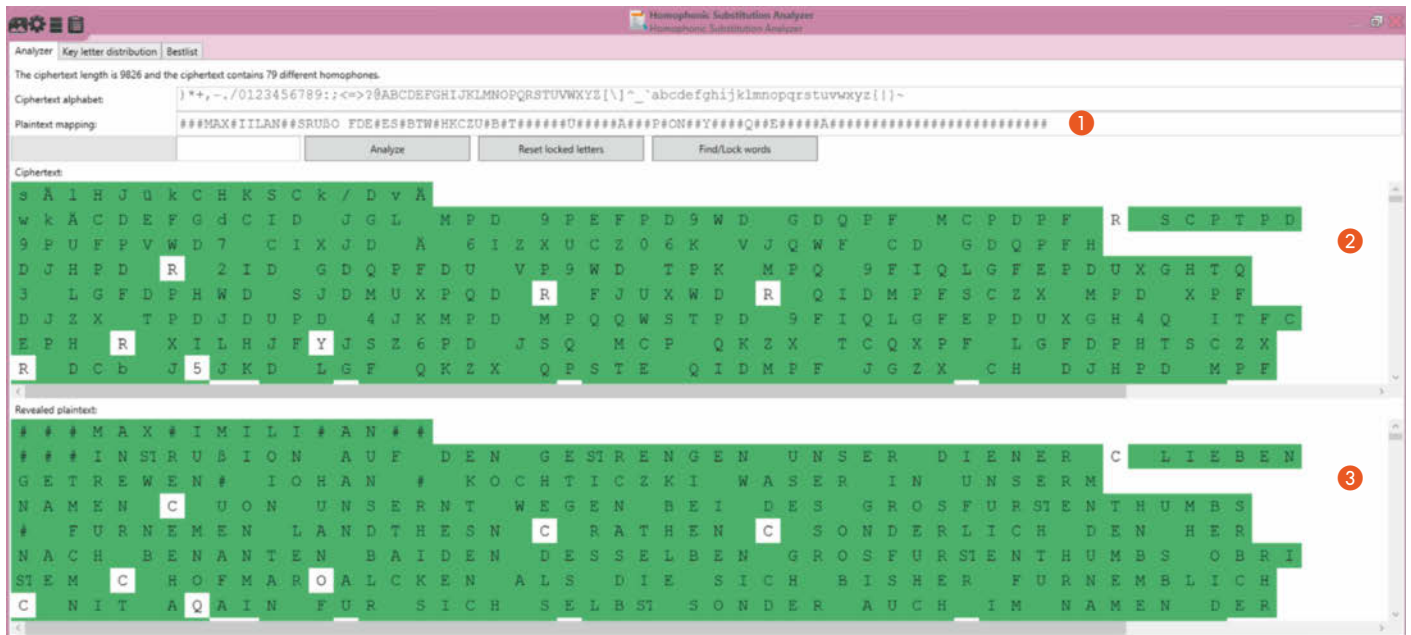
Großmarschall von Litauen, Jan Chodkiewicz. Die beiden ältesten Briefe vom November 1574 und Februar 1575 legen die politische Position der Vertreter des litauischen Großadels offen. Sie wurden vom Obermarschall Jan Chodkiewicz an Maximilian II. versendet und enthalten Rapporte über aktuelle Stimmungstendenzen in der Wählerschaft, Loyalitätsbekundungen sowie Forderungen des litauischen Adels in Bezug auf Wahlversprechen und Vorschläge für wahlstrategische Manöver.

Die weiteren drei Briefe hingegen wurden von Maximilian II. selbst gezeichnet und enthalten Anweisungen an seine Abgesandten in Polen-Litauen. Im Brief vom Juli 1575 erfahren wir, dass sich Maximilian mit den litauischen Hochadligen in Bezug auf Wahlstrategien beriet und welche Wahlversprechen er der litauischen Wählerschaft kundtat. Die beiden weiteren Briefe datieren auf den 24. Dezember 1575. Darin zeigt sich Maximilian entrüstet über das Wahlergebnis. Das polnisch-litauische Parlament war nämlich zutiefst gespalten und verkündete Mitte Dezember zunächst die Wahl Maximilians II. und ein paar Tage später auch jene von Anna Jagiellonica und Stephan Báthory. Der Habsburger Kaiser legte in den Briefen seinen Anspruch auf den Thron offen und ließ nicht unerwähnt, dass er, wenn nötig, seine Wahl auch mit Gewalt verteidigen würde. Er merkte allerdings auch an, dass es ihm nicht möglich wäre, im Januar schon nach Kraków (heute

Zeichenhäufigkeit in Brief A

Insgesamt enthält Brief A 42 verschiedene Geheimtextzeichen. In einer homophonen Chiffre kodieren mehrere Zeichen ein Klartextzeichen. Das erschwert eigentlich Angriffe, die mit der Häufigkeit von Zeichen arbeiten. Maximilians Kanzlei arbeitete aber nicht sonderlich umsichtig: Die im Deutschen häufigen Buchstaben E und N zum Beispiel ragen in der Frequenzanalyse deutlich heraus.





Der in CrypTool 2 enthaltene Analysator homophoner Substitutionen probiert verschiedene Schlüssel ❶, bis aus dem Geheimtext ❷ ein lesbarer Klartext ❸ wird.

eingedeutscht als Krakau) zu reisen, wie es seine Verbündeten wünschten. Sein langsame Handeln und Abwarten auf einen möglichen Consensus bei den polnisch-litauischen Wählern brachte ihn wohl schließlich um die Krone, denn im Mai 1576 wurden seine Gegner auf dem Thron installiert.

Alle Briefe wurden in einer bairisch-österreichischen Schreibsprache verfasst, typisch für die damaligen Habsburger Kanzleien. Aus dem Wort „nicht“ wurde beispielsweise „nit“ und der ältere Diphthong „ai“ (zum Beispiel in „gemin“ oder „christenhait“), wurde konsequent vom jüngeren Diphthong „ei“ (etwa in „Zeit“ und „schreiben“) unterschieden. Für den Kanzleistil dieser Zeit charakteristisch waren die langen und komplexen Sätze, die vor allem in Brief A auffällig sind. Teilweise wechselte auch die Sprache. Insbesondere in den Briefen D und E fanden wir einige kurze Passagen auf Latein, für welche dasselbe Verschlüsselungsverfahren zum Einsatz kam.

Fazit

Die vertraulichen Briefe von Maximilian II. sind geknackt, in den Archiven schlummern aber noch viele Regalmeter mit weiteren Rätseln für Kryptoanalytiker und Historiker. Im Forschungsprojekt DECRYPT, das noch bis Ende 2024 läuft, arbeiten wir weiter sowohl an Verfahren und Werkzeugen für die automatische

Transkription und Entschlüsselung als auch an der Analyse und Kontextualisierung ähnlicher historischer chiffrierter Manuskripte. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit eines Informatikers und einer historischen Sprachwissenschaftlerin hat sich bei der Analyse und Interpretation der Maximilian-Chiffren als überaus ertragreich herausgestellt [3, 4]. Dadurch, dass alle Ergebnisse veröffentlicht und frei zur Verfügung gestellt werden, können andere Forscher und Interessierte das Material und die Werkzeuge in Zukunft auch für eigene Vorhaben verwenden.

Die Entschlüsselung der Maximilian-Chiffren hat gezeigt, dass die von ihm und seinen Sekretären genutzte Kryptografie deutlich unter dem Standard der Kryptografie der päpstlichen Sekretäre in dieser Zeit lag. Die im Vatikan eingesetzten Zahlenchiffren waren erheblich schwieriger zu analysieren und damit auch zu brechen als die von Maximilian genutzten Symbolchiffren. Die bestanden zwar aus vielen Zeichen und waren daher für potenzielle Angreifer im 16. Jahrhundert durchaus

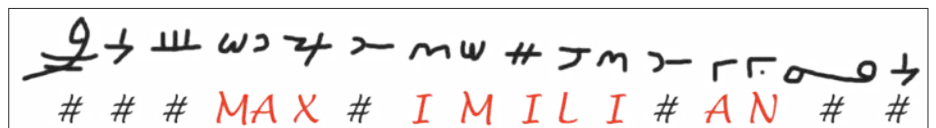
fordernd. Im ungleichen Kampf von handschriftlicher Chiffre und modernem Prozessor kommt es darauf aber nicht an. Die heute verfügbare Rechenleistung aktueller Computer ist – manuelle Vorarbeit, geeignete Algorithmen und erfahrene Bediener vorausgesetzt – in der Lage, auch schwierige Chiffren erfolgreich zu brechen.

(jam@ct.de)

Literatur

- [1] Nils Kopál und Beáta Megyesi, Die Kryptografen des Papstes, Entschlüsselt: Historische Chiffren aus dem Vatikan, c't 3/2022, S. 134
- [2] Bernhard Esslinger und Nils Kopál, Krypto ganz unkryptisch, Mit CrypTool 2 moderne Kryptografie ausprobieren und verstehen, c't 15/2021, S. 142
- [3] Nils Kopál und Michelle Waldspühl, Deciphering three diplomatic letters sent by Maximilian II in 1575, Cryptologia (2020), S. 1–25
- [4] Nils Kopál und Michelle Waldspühl, Two Encrypted Diplomatic Letters Sent by Jan Chodkiewicz to Emperor Maximilian II in 1574–1575, International Conference on Historical Cryptology 2021

DECRYPT und wissenschaftliche Artikel:
ct.de/yket



Zwischen vielen bedeutungslosen Füllzeichen (Nullen) kommt die erste Zeile des Briefs A zum Vorschein: „MAXIMILIAN“.

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.

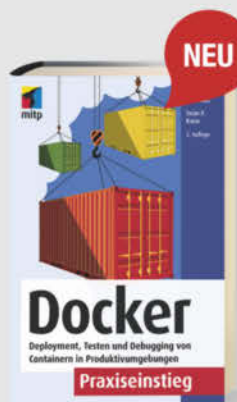
ISBN 9783836267120
shop.heise.de/dsgvo-websites **39,90 €** >



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 Löhmman
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.

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 € ➔



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 € ➔

NEU



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.

shop.heise.de/raspi-kameras

ab 18,50 € ➔



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!

shop.heise.de/arduitouch

~~69,90 €~~
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 € ➔



NEUER PREIS!

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 kühlt auch perfekt und ist leicht zu montieren. Praktisch: alle Kabel werden auf der Rückseite gebündelt ausgeführt – kein Kabelsalat!

shop.heise.de/argon-set

~~117,60 €~~
99,90 € ➔



NEU

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 € ➔



28% RABATT

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-Plüschroboter und der Makey-Lötbausatz mit LEDs und Batterie.

shop.heise.de/makey-paket

~~27,70 €~~
19,90 € ➔



„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 Fallschirmseide bildet nach dem Schließen einen faradayschen Käfig und blockiert so alles Signale.

shop.heise.de/no-signal-sleeve

29,90 € ➔

heise Shop

shop.heise.de ➔

➔ Bestellen Sie ganz einfach online unter shop.heise.de oder per E-Mail: service@shop.heise.de



Quiz statt pauken

Arbeitsblätter erstellen und weitergeben

Gelungene Arbeitsblätter für Schüler in Word zu gestalten, ist oft mühsam. Mit TutorY klappt das im Browser. Wir zeigen, wie der Einstieg gelingt und Sie sich nicht in den umfangreichen Möglichkeiten verirren. Lehrer mit Angst vorm weißen Blatt oder Inspirationsbedarf jenseits des Schulbuches finden Hilfe in der Materialdatenbank.

Von Anke Brandt

Mit dem Arbeitsblattgenerator TutorY erstellen Sie anschauliche Arbeitsblätter für Ihre Lerngruppen. Die Webanwendung funktioniert wie ein Baukasten und das Grundgerüst ist schnell erzeugt: Die einzelnen Aufgaben lassen sich per Drag & Drop aufs Blatt ziehen und mit eigenen Inhalten füllen. Zur Wahl stehen einfache Frage-Antwort-Aufgabenstellungen, Multiple-Choice-Fragen, Zuordnungsaufgaben, Kreuzworträtsel und vieles mehr. Außerdem können Sie QR-Codes erzeugen und Evaluationstabellen einfügen. Damit auf dem Blatt keine reine Bleiwüste herrscht, können Sie Ihre Aufgaben durch Fotos und Grafiken unter anderem von Wikimedia oder durch eigene Bilder illustrieren.

Alle in der Materialdatenbank veröffentlichten Arbeitsblätter sind offene Bildungsressourcen (Open Educational Resources, OER). Diese dürfen Sie kostenlos verwenden, verändern und erneut veröffentlichen – sofern alle Änderungen den Richtlinien einer offenen Lizenzierung im Sinne der Creative Commons entsprechen. Eine detaillierte Anleitung, welche Stolperfallen Sie bei der Lizenzierung berücksichtigen müssen und wo Unterschiede zu den Sonderregelungen für Lehrkräfte nach § 60a UrhG liegen, hat der Anbieter auf seiner Website veröffentlicht (siehe ct.de/yyuf).

TutorY bietet verschiedene Lizenzmodelle für Einzelpersonen, Schulen, Länder und Kreise sowie andere Institutionen wie Weiterbildungseinrichtungen und Verlage. Einzelpersonen wählen zwischen drei Varianten. In der kostenlosen Version stehen die Grundfunktionen zur Verfügung. Jedoch lassen sich nur sechs Arbeitsblätter privat speichern. Mit TutorY-Basic (30 Euro pro Jahr) kommen zusätzliche Aufgabenformate und Schriften hinzu, beispielsweise Kreuzworträtsel und die

Grundschrift. Außerdem lassen sich unbegrenzt viele Arbeitsblätter privat speichern. Tutorium-Premium (60 Euro pro Jahr) ergänzt das Angebot durch weitere Symbole, Piktogramme und Comicfiguren. Darüber hinaus lässt sich auf Wunsch ein eigenes oder das Schullogo auf den Arbeitsblättern einbinden. Studierende und Referendare bekommen diese Version um 25 Prozent ermäßigt.

In unserem Beispiel nutzen wir Tutorium-Premium, da man das Design besser an die eigenen Wünsche anpassen kann. Außerdem stehen mehr Bausteine wie verschiedene Rätsel zur Verfügung. Zum Ausprobieren und Stöbern in der Materialdatenbank genügt aber in jedem Fall die kostenlose Variante. Falls eine von uns beschriebene Funktion in der Gratisversion nicht funktioniert, weist Tutorium darauf hin. Alle Beispielangaben beziehen sich auf den Entstehungszeitpunkt des Artikels im Januar 2022. Da Nutzer regelmäßig neue Inhalte veröffentlichen, können beispielsweise die Suchtreffer variieren. Unser fertiges Arbeitsblatt zum Thema Konjunktionen in Klasse 7 stellen wir im PDF-Format zum Download bereit (siehe ct.de/yyuf).

Überblick und Materialdatenbank

Auf Tutoriums Arbeitsfläche finden Sie sich schnell zurecht. Nach dem Login erscheinen auf der linken Seite „Meine Materialien“, die wiederum unterteilt sind in „Meine Dokumente“ und „Meine Sammlungen“. Im Abschnitt „Vorlagen und Leitfäden“ liefern die Tutorium-Macher 42 Beispielblätter etwa für „Brüche, Dezimalbrüche und Dezimalzahlen“. Falls Sie die Schrift- und Formelauszeichnungssprache LaTeX für Ihre Arbeitsblätter nutzen wollen, finden Sie in diesem Bereich zahlreiche Hinweise, wie Sie beispielsweise Abstände und Texte in Formeln definieren.

In der linken Spalte gibt es außerdem den Bereich „Entdecken“. Dort können Sie durch alle bisher veröffentlichten Arbeitsblätter stöbern. Das waren im Januar immerhin rund 9600 Einträge. Zur konkreten Suche taugt das nicht. Besser eignet sich die Suche am oberen Rand des Arbeitsbereichs mit fünf Filterfunktionen: Fach, Klassenstufe, Bildungsgang, Sozialform und Arbeitsmethode. Setzen Sie die Filter mit Bedacht ein. Jeder Ersteller kann selbst entscheiden, welche Angaben er macht, ob er zum Beispiel die Klassenstufe einträgt. Geben Sie daher zunächst den Suchbegriff ein, beispielsweise „Zeitfor-

ct kompakt

- Mit Tutorium erstellen Lehrkräfte ansprechende Arbeitsblätter.
- Eigenes Material lizenziert man nach Creative-Commons-Richtlinien und stellt es für andere bereit.
- Digital und analog – Schüler bearbeiten Arbeitsblätter auf Papier oder am PC.

men“. Die Suche listet 71 Treffer. Im nächsten Schritt grenzen Sie die Treffer auf alle aus dem Fach „Deutsch“ ein, indem Sie auf den Suchfilter klicken und das Häkchen bei „Deutsch“ setzen. Die Trefferanzahl reduziert sich auf 48. Durch weitere Filteroptionen lassen sich die Treffer weiter eindampfen. „Klassenstufe 7“ liefert nur noch drei Arbeitsblätter. Auf diese Weise durchsuchen Sie immer alle drei Bereiche auf der linken Seite (eigenes Material, Materialdatenbank, Leitfäden), was insbesondere bei umfangreicher eigener Materialsammlung schnell nützlich ist.

Um sich ein Arbeitsblatt genauer anzuschauen, klicken Sie es an. Auf der rechten Seite öffnet sich eine Vorschau. Meist reicht diese noch nicht aus, um sich einen detaillierten Eindruck vom Material zu verschaffen. Ein Klick auf den blauen „Aktionen“-Button am oberen Rand öffnet ein Kontextmenü. Über dieses können Sie eine „Private Kopie erstellen“, das „Arbeitsblatt-PDF herunterladen“, ein „Lösungsblatt-PDF herunterladen“ und eine „Webansicht“ öffnen. Ob überhaupt ein Lösungsblatt existiert, hängt allerdings

davon ab, ob der Ersteller eines hinterlegt hat. Falls das nicht der Fall sein sollte, speichern Sie nur eine Kopie des unausgefüllten Arbeitsblattes. Es gibt keine Möglichkeit, im Vorfeld zu erkennen, ob Sie mit einer Lösung rechnen dürfen oder nicht. In der geöffneten Webansicht stehen erneut die Möglichkeiten „Herunterladen“ und „Private Kopie“ zur Verfügung. Sie müssen also nicht erst zum ursprünglichen Suchfenster zurückwechseln, sofern Sie das Arbeitsblatt verwenden möchten.

Arbeitsblätter, Sammlungen und Basislayout

Falls Sie Ihr Arbeitsblatt lieber komplett selbst entwerfen wollen, klicken Sie in der linken Spalte auf den Button „Neues Dokument erstellen“. Geben Sie einen passenden Titel ein, zum Beispiel „Konjunktionen“, und fügen Fach sowie Klassenstufe hinzu (in unserem Beispiel: Deutsch und Klasse 7). Falls Sie das Blatt in mehreren Jahrgängen oder verschiedenen Fächern einsetzen wollen, wählen Sie mehrere Fächer und Klassenstufen aus. Dieses neu erstellte Dokument finden Sie ab sofort im Abschnitt „Meine Dokumente“ auf der linken Seite.

Mit der untersten Schaltfläche auf der linken Seite beginnen Sie eine Sammlung. Sie entspricht einem Themenordner. Komplexe Ordnerstrukturen mit weiteren Untersammlungen erlaubt Tutorium nicht: Sie können immer nur eine Sammlung anlegen, in der die jeweiligen Arbeitsblätter landen. Analog zum Arbeitsblatt vergeben Sie auch hier wieder einen Namen, das zugehörige Fach und die Klassenstufe (Inhaltsangabe Klasse 7, Deutsch, 7).

Sobald Sie das Arbeitsblatt öffnen, erscheint der Editor. Auf der linken Seite

Alle auf Tutorium veröffentlichten Materialien müssen einer offenen Lizenzierung im Sinne der Creative Commons entsprechen.



Die Arbeitsblattvor-schau bietet verschiedene Möglichkeiten, zum Beispiel eine Webansicht zu öffnen oder den Download.

finden Sie die unterschiedlichen Arbeitsblattbausteine wie Linien und Kästchen, Formeln, mathematische Zeichnungen und so weiter. Diese lassen sich per Drag & Drop auf das Blatt ziehen. Die Kopfzeile füllt Tutor in der Standardeinstellung automatisch aus und fügt den Namen des Arbeitsblattes ein sowie ein Feld für den Schülernamen und das aktuelle Datum. Ein Doppelklick auf die Kopfzeile öffnet die Layouteinstellungen des Arbeitsblattes. Da die Schüler das Datum selbst eintragen sollen, ersetzen Sie die Voreinstellung durch „Datum:“. Alle anderen Einträge passen Sie nach Ihren Wünschen an. Tutor liefert einige Variablen mit, die Sie verwenden können. Falls es ein mehrseitiges Arbeitsblatt ist, könnten Sie in die Fußzeile in der rechten Spalte „Seite #Seite/#Seitenanzahl“ einfügen, sodass die Schüler stets wissen, von welcher Seite im Unterricht gesprochen wird. Außerdem legen Sie noch fest, in welchem Design Tutor Lücken darstellt: grau hinterlegt, gerahmt, unterstrichen oder gestrichelt.

Falls Sie Ihre Arbeitsblätter einheitlich gestalten wollen, klicken Sie in der Layoutansicht auf den Button „Layout im Profil anpassen“. Damit verändert jede Anpassung das Standardlayout. Sie können auch weiterhin einzelne Arbeitsblätter einmal mit einem anderen Design versehen, beispielsweise für Klassenarbeiten. Dazu schieben Sie den Schalter von „Profil-layout“ auf „Blattspezifisch“.

Eigenes Arbeitsblatt gestalten

Nach allen Voreinstellungen geht es weiter mit dem eigentlichen Inhalt des Blattes. Ziehen Sie alle benötigten Bausteine auf

das weiße Blatt. Für das Beispielarbeitsblatt benötigen Sie folgende Elemente: Überschrift, Hinweis, Informationstext, Lückentext, Wortsuchrätsel sowie Linien und Kästchen. Breite, Höhe und Position der einzelnen Bausteine lassen sich jederzeit anpassen. Das magnetische Raster erleichtert es, alles auszurichten. Tutor fügt zu fast jedem Baustein Beispieltex-te ein, die einen ersten Eindruck vom Design liefern. Ein Doppelklick öffnet das Editorfenster auf der rechten Seite. Hier nehmen Sie die gewünschten Anpassungen vor und ändern beispielsweise Überschrift, Aufgabenstellungen und so weiter.

Der Hinweiskasten oben links auf unserem Blatt soll kurz und knapp erklä-

Name: _____ Datum: _____

Konjunktionen

Das hölzerne Pferd – Sätze durch Konjunktionen verbinden

Merke
Konjunktionen sind Wörter, mit deren Hilfe man zwei kurzen Sätzen zu einem längeren verbindet. Dadurch kann ein Text flüssiger klingen. Beispiele für Konjunktionen findest du in dieser Wortbox.

als – aber – damit – darum – dass – jedoch – nachdem – obwohl – oder – und – sodass – trotzdem – während – weil – wenn – wobei

Aufgabe 1: Setze in die Lücken eine passende Konjunktion aus der Wortbox ein. Du kannst die Konjunktionen mehrfach benutzen.

a. Die Griechen kämpfen gegen die Trojaner. _____ ihr Held Achilles tot ist.
b. Die Trojaner schlagen jeden Angriff zurück. _____ die Griechen die Stadt nicht einnehmen.
c. Die Griechen bauen ein hohles Pferd. _____ ihre Krieger sich darin verstecken.

Aufgabe 2: Finde alle sieben Konjunktionen, markiere sie im Rätsel und schreibe sie am Rand auf die Linien.

Ä F W E N G L E I C H J J
R O Z J Q V J O I S H U Ü S
Z L P Ö J T G L B E N Z Ä Q
K S M B N Ü J U M R F Ö A E
Y Z F G K R Ü Z E U E Y I L
S Y A G S J T D Ä J M W F O
S O L T Q G N G W E O S T U

So könnte ein fertiges Arbeitsblatt zum Thema Konjunktionen in der 7. Klasse aussehen: Hinweis, Wortbox, Lückentext und ein Wortgitter-Rätsel.

ren, was Konjunktionen sind. Zudem gibt es rechts daneben eine Wortbox mit Beispielen. Damit sich der Hinweis vom Aufgabenteil abhebt, bekommt er ein Glühbirnensymbol. Im Bereich „Rahmen/Hintergrund“ änderten wir die Farbe auf „Blau“, den Hintergrund auf „Schraffur“ und stellten die Helligkeit auf „hell“. Neben diesem Zettel landet die Wortbox (Informationstext) mit den Konjunktionsbeispielen. In dieser ist lediglich die Schriftgröße von M auf L vergrößert.

Ein wenig mehr Zuwendung benötigt der Lückentext, damit am Ende alles wie gewohnt aussieht. Geben Sie den Text ein und fügen an der Stelle, an der die Lücke auf dem Arbeitsblatt erscheinen soll, zwei eckige Klammern mit einem Leerzeichen darin ein: []. Sie können den Leerstellen feste Breiten zuweisen, sodass die Länge keinen vermeintlichen Hinweis auf das erwartete Wort liefert. Im Wortsuchrätsel müssen Sie nicht viel tun. Tragen Sie die Aufgabenstellung und zu findende Wörter ein. Anschließend klicken Sie so lange auf „Rätsel neu generieren“, bis Ihnen die Anordnung der Suchwörter gefällt. Neben das Wortgitter ziehen Sie einen „Linien und Kästchen“-Baustein mit so vielen Zeilen, wie Sie Wörter im Rätsel versteckt haben (in unserem Beispiel sieben). Fertig ist Ihr erstes Arbeitsblatt.

Um das Arbeitsblatt einer Sammlung hinzuzufügen, klicken Sie auf „Sammlung bearbeiten“, wählen das Dokument aus und bestätigen die Änderungen. Sie haben zudem die Möglichkeit, Arbeitsblätter und Sammlungen zu kopieren, herunterzuladen und auf Tutor zu veröffentlichen. Die Anwendung erinnert sowohl beim Download als auch bei der Veröffentlichung daran, dass Sie die notwendigen Quellenangaben und Lizenzhinweise beachten müssen. Wer Erläuterungen zu dem Thema nachlesen möchte, dem liefert Tutor im Hinweis den passenden Link gleich mit.

Der Arbeitsblattgenerator Tutor bietet noch weit mehr Gestaltungsmöglichkeiten, als wir in unserer kurzen Einführung darstellen können. Nutzen Sie die Kopierfunktion, um vorhandene Dokumente anders zu gestalten. Stöbern Sie durch die Möglichkeiten und überraschen Sie Ihre Schüler mit professionell design-ten Aufgabenblättern, die Lust aufs Bearbeiten machen. Das funktioniert übrigens auch digital. (abr@ct.de) **ct**

Lizenzhinweise, Musterarbeitsblatt:
ct.de/yyuf

Maßgeschneidert!

Bauen Sie Ihren Wunsch-PC

Heft + PDF
mit 29 % Rabatt



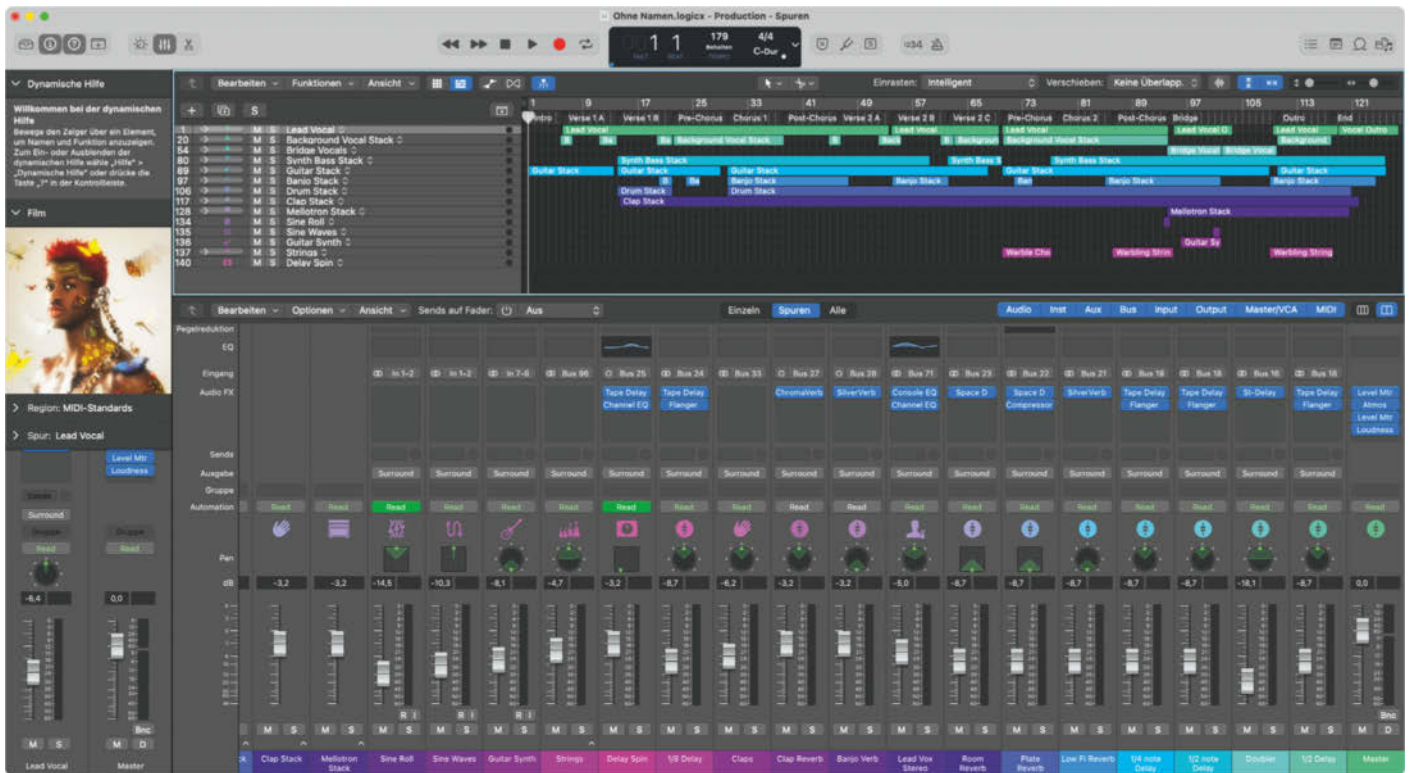
Sie folgen nicht dem Massengeschmack und den Hersteller-Vorgaben bei Komplett-PCs? Dann finden Sie in diesem Heft Tipps für die Komponentenauswahl Ihres individuellen PCs – sowohl als Neuanschaffung oder zum Aufrüsten des alten:

- 2 Bauvorschläge: High-End- & Gaming- oder Mini-PC
- Hardware-Anforderungen für Windows 11
- Aktuelle Prozessoren sowie Tipps zum Energiesparen und Übertakten
- Im Test: 16 aktuelle PCI-Express-3.0- und 4.0-SSDs

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



shop.heise.de/ct-hardwareguide21



Musik mit Atmosphäre

3D-Songs in Dolby Atmos mit Logic Pro X mischen

Apples Musiksoftware Logic Pro X erlaubt es in der Version 10.7 erstmals, Musikstücke in Dolby Atmos zur Not auch ohne aufwendige Lautsprecher-Setups zu mischen. Ein Kopfhörer genügt. Unser Tutorial erklärt Hörern die Besonderheiten des Formats und Musikern, wie sie für kleines Geld einen Song in Atmos umsetzen und veröffentlichen.

Von Hartmut Gieselmann

Die großen Musikstreamingdienste Apple, Amazon und Tidal bieten heute auch Songs im 3D-Format Dolby Atmos an [1], bei dem die Klangquellen um den Hörer herum sowie über seinem Kopf platziert sind. Das funktioniert nicht nur mit teuren Surround-Setups samt zusätzlichen Deckenlautsprechern, sondern

auch mit gewöhnlichen Kopfhörern sowie manchen Soundbars und Smart-Speakern. Die Musikstücke müssen dazu allerdings komplett neu abgemischt werden. Bislang war dies nur in hochpreisigen Digital Audio Workstations (DAW) wie Steinberg Nuendo oder Avid Pro Tools möglich. Produzenten mussten ihr Studio zudem mit rund einem Dutzend Abhörmonitoren ausrüsten, was die Kosten leicht in fünfstelligen Euro-Regionen trieb.

Apples Musik-Software Logic Pro X 10.7 erlaubt erstmals auch Heimanwendern, Musikstücke auf dem Mac in Dolby Atmos zu mischen. In der nur 200 Euro teuren Software finden Sie bereits alle nötigen Werkzeuge – inklusive eines binauralen Renderers für Kopfhörer, der räumliche Lautsprecher-Setups simuliert. Die fertigen Atmos-Mischungen im Format ADM BWF (Audio Definition Model Broadcast Wave Format) lassen sich anschließend auch ohne Major Label auf den Streamingplattformen von Apple, Amazon und Tidal vertreiben.

Im Folgenden erklären wir, wie Sie einen Atmos-Mix anlegen beziehungsweise ein vorhandenes Stereo-Projekt in einen

Dolby-Atmos-Song verwandeln. Dazu gehen wir auf die Besonderheiten eines 3D-Mixes sowie die zusätzlichen Klangbearbeitungsmöglichkeiten der mitgelieferten Atmos- und Surround-Plug-ins von Logic ein. Wir setzen dabei voraus, dass Sie mit den Grundlagen des Mischens von Stereo-Tracks und der Bedienung einer DAW wie Logic vertraut sind. Aber auch wenn Sie keine eigene Musik produzieren, sondern lediglich als Hörer an dem neuen Format interessiert sind, erfahren Sie mehr über die Möglichkeiten von Dolby Atmos.

Atmos Bed und 3D-Objekte

Während frühere Dolby-Formate auf bestimmte Lautsprecher-Setups wie 2.0, 5.1 oder 7.1 zugeschnitten wurden und für jede Box einen kontinuierlichen, im Voraus gerenderten Audiostream ausgaben, setzt sich ein Dolby-Atmos-Song aus zwei Komponenten zusammen.

Da wäre zunächst das sogenannte Bed im Format 7.1.2: Es platziert sieben virtuelle Lautsprecher um den Hörer herum (C: Center, L: vorne links, R: vorne rechts, Lm: linke Seite, Rm: rechte Seite, Ls: hinten

links, Rs: hinten rechts), einen LFE-Kanal (Low Frequency Effects) für Tieftoneffekte (werden am üblicherweise über den Subwoofer wiedergegeben), sowie zwei an der Decke angebrachte Höhenlautsprecher links und rechts vom Hörer. Die Surround-Lautsprecher haben einen Winkelabstand von 45 Grad, die beiden Höhenlautsprecher (Ltm: oben links, Rtm: oben rechts) sind in der Mitte über Lm und Rm angebracht.

Zu diesem Bed gesellen sich weitere 3D-Objekte, die sich frei im Raum positionieren und bewegen lassen. Dolby Atmos erlaubt maximal 118 solcher zusätzlichen 3D-Objekte in Mono, beziehungsweise bis zu 59 in Stereo.

Da sowohl das zehnkanalige Bed als auch jedes 3D-Objekt bei der Abmischung in 24 Bit mit 48 kHz im Wave-Format gespeichert wird, entstehen schnell sehr große Dateien. Pro Minute fallen allein für das Bed 86,4 MByte an. Wenn ein Musikstück alle 118 zusätzlichen 3D-Objekte nutzt, sind es sogar 1,1 GByte pro Minute.

Bed und 3D-Objekte mit zusätzlichen Positionsdaten werden getrennt voneinander in einer ADM-BWF-Datei gespeichert. Der finale Mix entsteht erst bei der Wiedergabe im Dolby-Atmos-Decoder, der das Bed mit allen 3D-Objekten zusammenführt und auf das tatsächlich vorhandene Lautsprecher-Setup oder für den Stereo-Kopfhörer rendert. Hier können kleinere, aber auch wesentlich größere Setups als das Bed mit 7.1.2 bedient werden. In der professionellen Musikproduktion gehört beispielsweise ein 7.1.4-Setup mit vier Höhenlautsprechern (zwei vorne, zwei hinten) zum Standard.

Wenn ein Klang etwa nur aus dem oberen rechten vorderen Lautsprecher erklingen soll, muss man ihn als 3D-Objekt definieren, da das Bed bei den oberen Lautsprechern nur zwischen links und rechts unterscheidet. Die Positionen aller Klangquellen lassen sich per Automation verändern – egal, ob über das feste Bed oder als einzelnes 3D-Objekt.

Die direkte Positionierung über ein 3D-Objekt ist zwar präziser, trotzdem wäre es unsinnig, jede Spur eines Mixes als 3D-Objekt zu definieren. 3D-Objekte können nämlich keine gemeinsamen Busse und Effekte nutzen, sondern müssen einzeln separat mit Insert-Effekten gemischt werden. Auch Effekte in der Masterspur wie beispielsweise ein Limiter wirken sich nur auf das Bed aus, aber nicht auf die 3D-Objekte.

Die Separierung der 3D-Objekte belastet nicht nur den Prozessor bei der Echtzeitwiedergabe in Logic, sondern macht es auch äußerst schwierig, in einem großen Arrangement die Übersicht zu behalten und beispielsweise Änderungen bei Hall-Plug-ins über mehrere Spuren konsistent zu halten. Das Gros der Spuren fassen Sie deshalb besser im Bed zusammen und addieren nur einzelne Kanäle als 3D-Objekte.

Atmos-Wiedergabe

Um die Kopfhörerausgabe eines Atmos-Mixes möglichst objektiv beurteilen zu können, empfehlen wir weitgehend neutrale, offene Kopfhörer. Gut geeignet sind beispielsweise Modelle aus der HD-6xx-Serie von Sennheiser. Zudem ist es eine gute Idee, die Mixe auf typischen Consumer-Modellen zu prüfen, mit denen später auch Ihr Publikum den Song hört. Diese haben beispielsweise oft eine wesentlich kräftigere Basswiedergabe, was Sie bei der LFE-Abstimmung berücksichtigen sollten.

Wenn Sie den Mix zusätzlich auf einer Lautsprecheranlage prüfen, stellen Sie sicher, dass die Winkel und Abstände der Boxen den Vorgaben von Dolby entsprechen und das Setup eingemessen sowie mit einer Raumkorrektur justiert wurde.

Eine direkte Wiedergabe von Atmos-Mixen aus Logic über einen Atmos-fähigen Audio/Video-Receiver ist leider nicht möglich. Dazu bräuchten Sie eine zusätzliche Dolby Atmos Rendering und Mastering Unit (RMU), die bei Logic nicht enthalten ist und deren Verkauf an Studios Dolby an besondere Bedingungen knüpft. Zum Hochladen eines Atmos-Mixes auf einen Musikstreamingdienst im ADM-BWF-Format benötigen Sie keine RMU.

Software-Vorbereitungen

Logic Pro X 10.7 bringt den Song „Monte-ro“ von Lil Nas X einmal als Stereo- sowie als Atmos-Mix mit. Außerdem liegt als Demoprojekt „Ocean Eyes“ von Billy Eilish in Stereo vor, das sich gut für eine erste Atmos-Transformation eignet, wenn Sie keinen eigenen Stereo-Mix zur Hand haben.

Die Streaminganbieter verlangen, dass Sie zu einem Atmos-Mix einen zugehörigen Stereo-Mix abliefern. Dieser muss synchron zum Atmos-Mix laufen und darf hinsichtlich der Spielzeit maximal 50 Mikrosekunden abweichen.

Deshalb sollten Sie von Ihrem Musikstück zunächst einen Stereo-Mix anfertigen.

In Logic können Sie von einem bereits vorhandenen Stereo-Projekt unter „Ablage/Projektalternativen/Neue Alternative“ einfach eine Kopie anlegen, die Sie dann über „Ablage/Projekteinstellungen/Audio/3D-Audio“ in Dolby Atmos umwandeln. Das Surround-Format belassen Sie auf 7.1.2, die Abtastrate stellen Sie auf 48 kHz ein.

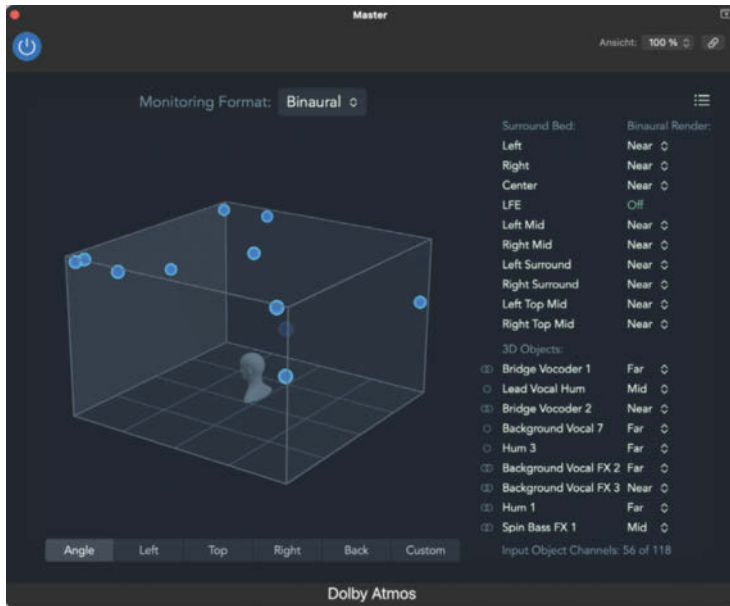
Stems importieren

Wurde der Stereo-Mix auf einer anderen DAW erstellt, exportieren Sie dort alle Einzelspuren als Stems im Format 24 Bit mit 48 kHz. Nutzen Sie dabei möglichst Mono-spuren. Bei gedoppelten Gesangs-, Gitarren- oder Keyboard-Spuren kann es jedoch sinnvoll sein, diese in Stereo herauszuheben. Stereo-Spuren lassen sich nämlich im Atmos-Panner einfacher symmetrisch im Raum anordnen. Schlagzeugspuren rendern Sie am besten einzeln heraus, damit Sie Kick, Snare und Percussion flexibel im Raum verteilen können.

Die Stems sollten Insert-Effekte wie Equalizer, Kompressoren und eventuelle Verzerrer enthalten. Parallel-Effekte wie Hall (Reverb) und Echos (Delay), die Sie über Busse hinzugefügt haben, rendern Sie als separate Stereo-Spuren raus. Master-Effekte können Sie beim Stems-Rendern aktiv lassen. Einzig den Limiter sollten Sie ausschalten, da Atmos-Songs deutlich leiser abgemischt werden und eine höhere Dynamik haben. Wenn der Stereo-Mix (wie bei „Ocean Eyes“) bereits ohne Limiter so laut ist, dass er clippen würde, senken Sie das Ausgangsmaterial mit einem Gain-Utility so weit ab, dass die Pegelspitzen –1,0 dBFS nicht überschreiten.

ct kompakt

- Mit Logic Pro X mischen Sie Musik in Dolby Atmos auf einem Mac und vertreiben sie über Distrokid auf Streaming-Diensten von Amazon, Apple und Tidal.
- Dank des binauralen Kopfhörer-Renderers ist eine teure Surround-Abhöranlage nicht zwingend notwendig.
- Für einen Atmos-Mix können Sie auch normale Stereo-Plug-ins benutzen und im Multi-Mono-Modus betreiben.



Logic platziert in der Master-Spur ein Atmos-Plug-in, in das sowohl das 7.1.2-Bed als auch alle 3D-Objekte einfließen. Im Binaural-Modus wird der komplette Mix für Kopfhörer ausgegeben.

Die Entfernungseinstellungen der Kanäle schreibt das Atmos-Plug-in in die Metadaten der ADM-BWF-Ausgabedatei. Sie können bei der Kopfhörerwiedergabe des Atmos-Mixes über einen Streamingdienst übernommen werden. Das gilt derzeit aber nur für Amazon und Tidal, die denselben binauralen Kopfhörer-Renderer von Dolby wie in Logic nutzen. Apple setzt bei seinem Musikstreaming hingegen einen eigenen Kopfhörer-Renderer ein, weshalb sich der Kopfhörerklang von Amazon und Tidal unterscheidet und sich in Logic derzeit nicht eins zu eins abbilden lässt. Produzenten können also nur nachträglich überprüfen, wie ihr Mix auf Apple Music mit Kopfhörern klingt.

Spuren sortieren

Wenn Sie die Einstellungen in der Master-Spur samt Atmos-Plug-in fertig haben, sortieren Sie die einzelnen Spuren im Mixer. Haben Sie Stems importiert, gruppieren Sie wie bei einem Stereo-Mix zusammengehörige Spuren für Drums, Gesang, Synthesizer, Gitarren und so weiter. Dabei sollten Sie bereits eine Vorstellung haben, welche Spuren Sie ins Bed packen und welche Sie als einzelne 3D-Objekte separieren. Letztere dürfen nämlich nicht zusammen mit Bed-Spuren in einer Gruppe landen.

Generell ins Bed packen sollten Sie zentrale Spuren für den Song, wie etwa den Hauptgesang. Ebenso gehören der Bass ins Bed, daneben Kick, Snare und Overheads vom Schlagzeug nebst atmosphärischer Spuren wie Streicher oder Synth-Flächen. Auch für alle parallelen Bus-Effekte (Hall, Echo etc.) ist das Bed der richtige Ort.

Als 3D-Objekte eignen sich wiederum beispielsweise Percussion-Spuren oder Effektgeräusche, die bei einem Break oder Übergang zwischen Strophe und Refrain an einzelnen Stellen auftreten. In „Ocean Eyes“ kommen etwa „Hi-Hats“ und „Percussion“ aus der Gruppe „Frizzy Beats“ dafür infrage.

Letztere werden im Stereo-Projekt allerdings über die Sends an „Bus 4“ (Small Hall) weitergeleitet, was als 3D-Objekt im Atmos-Mix nicht funktioniert. Sie können jedoch den Hall- oder Echo-Anteil von 3D-Objekten ins Bed leiten. Kopieren Sie dazu die Objekts Spuren als Bed-Spuren und geben die Kopien nur an den gewünschten Send-Bus weiter. Die Spurausgabe der Bed-Kopien stellen Sie auf „ohne“. Das Haupt-3D-Objekt geben

Haben Sie alle Stems exportiert, legen Sie ein neues Atmos-Projekt an. Dazu stellen Sie unter „Ablage/Projekteinstellungen/Audio“ die Abtastrate auf 48 kHz und 3D-Audio auf „Dolby Atmos“. Unter „Logic Pro/Einstellungen/Audio/Geräte“ wählen Sie eine I/O-Puffergröße von mindestens 512, besser 1024 Samples. Dieselben Einstellungen für Abtastrate und I/O-Puffergröße wählen Sie auch, wenn Sie ein Logic-Projekt direkt als Alternativ-Mix bearbeiten wollen. Abschließend importieren Sie alle Stems, indem Sie sie auf das Arrangement-Fenster ziehen, worauf Logic für jeden Stem eine Audiospur anlegt. Speichern Sie das Projekt und geben Sie dem Atmos-Mix einen neuen Namen.

Die Master-Spur

Wenn Sie ein Atmos-Projekt anlegen, platziert Logic automatisch das Atmos-Plug-in in der Master-Spur. Darin laufen alle Spuren für das Bed zusammen und können mit zusätzlichen Plug-ins bearbeitet werden, die Sie vor dem Atmos-Plug-in einklinken. Hier können Sie Effekte aus dem Stereo-Projekt übernehmen, soweit diese nicht schon in den Stems fest integriert wurden. Bei „Ocean Eyes“ sind das etwa der Compressor und der Tube EQ, dessen Einstellungen Sie einfach im Stereo-Projekt als Preset speichern und im Atmos-Projekt laden. Direkt vor dem Atmos-Plug-in platzierten Sie den Limiter sowie ein Level Meter.

Neben dem Bed aus dem Eingang der Master-Spur klinkt das Atmos-Plug-in auch alle Spuren ein, die als 3D-Objekte definiert wurden. Letztere durchlaufen jedoch nicht die dem Atmos-Plug-in vor-

geschalteten Effekt-Plug-ins der Master-Spur. Sie müssen die Lautheit deshalb direkt in der 3D-Objekt-Spur über Insert-Effekte kontrollieren.

Plug-ins, die hinter dem Atmos-Plug-in in der Master-Spur sitzen, wirken sich zwar auf Ihre Wiedergabe aus, werden aber nicht in die ADM-BWF-Datei gerendert. Dort sollten Sie ein weiteres Level-Meter-Plug-in sowie ein Loudness Meter zur Kontrolle der Lautstärke platzieren. Dazu später mehr.

Das Atmos-Plug-in

Im Atmos-Plug-in selbst stellen Sie die Optionen für das Monitoring ein: Zur Wahl stehen „Binaural“ für die Kopfhörer-Wiedergabe bis hin zu 7.1.4 für verschiedene Lautsprecher-Setups. Wichtig: Das Monitoring-Format hat keinen Einfluss auf die gerenderte Ausgabe-Datei.

Im Atmos-Plug-in stellen Sie auf der linken Seite ein, wie weit die Bed-Kanäle sowie 3D-Objekte vom Zuhörer entfernt sein sollen (Near, Mid, Far). Dies wirkt sich später nur auf die binaurale Kopfhörerwiedergabe aus. Bei „Near“ sind die Raumeffekte des Renderers relativ gering, bei „Far“ fallen sie stärker aus. Sie sollten für alle Bed-Kanäle die gleiche Einstellung wählen.

Beim LFE-Kanal ist der Renderer „off“, die Bass-Effekte durchlaufen also nicht die binaurale Raumsimulation und bekommen keine Richtungsinformationen. Einzelne 3D-Objekte können Sie unabhängig vom Bed als „Near“ bis „Far“ oder sogar als „off“ definieren, und sie so weiter vom Hörer weg platzieren oder näher heranzuführen.

Sie direkt ohne Send an das Atmos-Plugin aus (Ausgabe: 3D Object Panner).

Surround Panner

Wenn Sie ein vorhandenes Stereo-Projekt in einen Atmos-Mix umwandeln, stellt Logic automatisch alle Spuren, die direkt in den Master-Bus gehen, als Surround-Spuren für das Bed um. Wenn Sie hingegen eine neue Spur für das Bed anlegen, dann klicken Sie auf das Ausgabefeld im Mixer und stellen es auf „Surround“ um.

Bei einem Surround-Kanal zeigt das runde Pan-Symbol einen grünen Punkt mit einem Tortenstück. Mit einem Doppelklick auf das Symbol öffnet sich der „Surround Panner“. Dort können Sie nun Ihre Klangquelle mit der Maus frei im Kreis platzieren. Bei Stereo-Quellen können Sie rechts oben den „Spread“ erhöhen, wodurch der rechte und linke Kanal der Quelle vom grünen Punkt ausgehend symmetrisch nach rechts und links wandern.

Mit „Diversity“ vergrößern Sie die Ausdehnung einer Klangquelle, sodass sich der Sound über mehrere virtuelle Lautsprecher im 7.1.2-Bed erstreckt – was die farbigen Bögen am Rand anzeigen. Wenn Sie eine Spur direkt in der Mitte platzieren (Diversity=1), erschallt sie aus allen Lautsprechern gleichzeitig. Eine solche Position ist gut für Hall- und Echo-Kanäle, aber auch für tieffrequente Bass-Stimmen

geeignet. Spielen Sie mit der Position und Diversity ruhig herum und achten Sie darauf, wie sich der Klang ändert.

Die Höhe stellen Sie über den Wert „Elevation“ ein. Wenn Sie unter dem Pan-Radar von „Planar“ auf „Spherical“ umschalten, passt der Panner nähere Objekte automatisch in der Höhe an, sodass sie sich wie auf einer Kuppel um den Zuhörer herum bewegen. Mit aufgesetzten Kopfhörern werden Sie merken, dass hoch platzierte Stimmen weniger direkt klingen und etwas von ihren hohen Frequenzanteilen einbüßen.

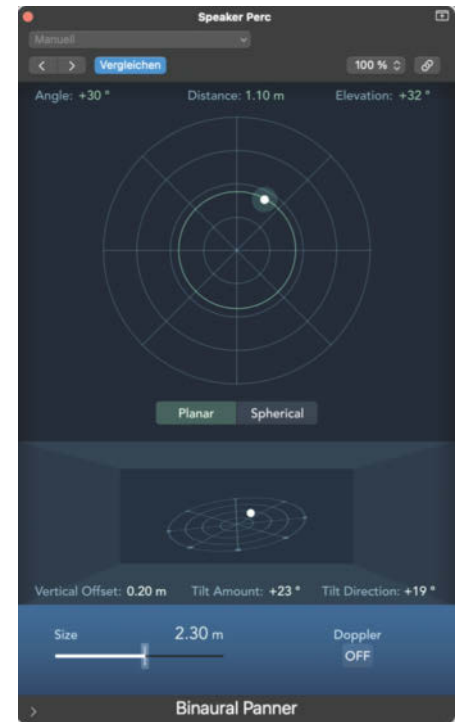
Unten im Surround-Panner-Fenster können Sie zusätzlich den Pegel des Center-Lautsprechers anheben oder absenken, um etwa die Verständlichkeit eines Sängers zu verbessern. Beim LFE-Level weisen Sie tieffrequente Frequenzanteile unterhalb von 120 Hz dem Subwoofer zu. Dies sollten Sie nur für Bassspuren und die Kick-Drum nutzen, die tatsächlich auch musikalische Informationen in diesem Frequenzbereich haben.

Binaural Panner

Wenn Sie einen Bed-Kanal nicht direkt auf den Master-, sondern auf einen anderen Gruppenbus routen, zeigt der „Binaural Panner“ eine etwas andere Bedienoberfläche an. Diese erlaubt eine Kaskadierung und relative Positionierung von 3D-Stimmen im Raum. Hier sind die Lautsprecher dann nicht mehr abgebildet. Der Mittelpunkt des Koordinatennetzes ist nun die Raumposition des übergeordneten Busses, sodass Sie hier nur die relative Position zum übergeordneten Surround Panner einstellen.

Im unteren Teil des Binaural-Panner-Fensters sehen Sie das Bezugskoordinatensystem des Subgruppen-Panners noch mal und können es neigen oder vertikal verschieben. Mit dem Slider „Size“ ändern Sie den Durchmesser des Koordinatenfelds von 20 Zentimeter bis 20 Meter (und nicht etwa die Größe des Klangobjekts!). Der Schalter „Doppler“ simuliert Tonhöhenänderungen einer bewegten Klangquelle durch den Doppler-Effekt und ist daher nur bei schnellen Automationsbewegungen relevant.

Um etwa die Gesangsspuren von Billie Eilish in „Ocean Eyes“ besonders raumfüllend wirken zu lassen, legen Sie die Gruppe „Vocal Stack“ im Panner genau in die Mitte mit Diversity=1. In der Subgruppe platzieren Sie nun die „Lead Vocal“ vor dem Zuhörer und die Stimmen von Lead Layer 1 bis 4 symmetrisch hinter ihm.



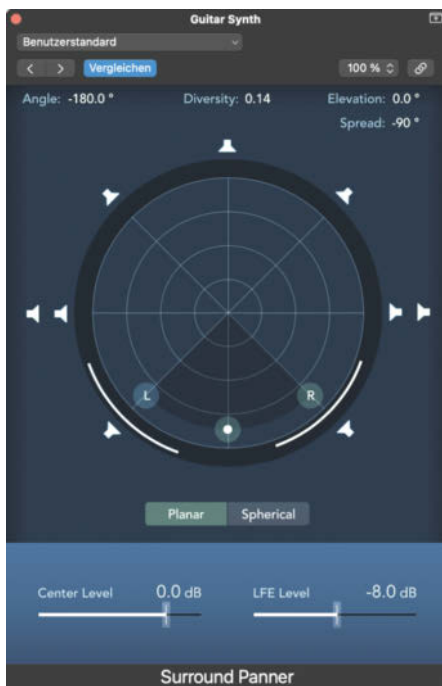
Der Binaural Panner einer Subgruppe zeigt die relative Position der Spur zur Position des übergeordneten Surround Panners im 7.1.2-Bed an.

Die räumliche Panning-Methode erlaubt gegenüber einem gewöhnlichen Stereo-Panner also eine sehr exakte Stafelung aller Instrumente, mit der Sie räumliche Tiefe und Fülle im Mix erzeugen.

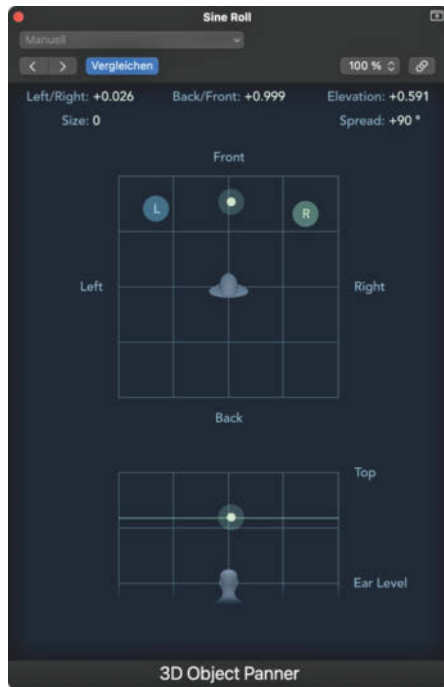
3D Object Panner

Die dritte Panner-Kategorie ist der „3D Object Panner“. Wenn Sie den Ausgang einer Spur sowie dessen Panner einem 3D-Objekt zuweisen, routet Logic den Ausgang automatisch auf das Atmos-Plug-in in der Master-Spur. Sie können hier weder Busse nutzen noch die vor dem Atmos-Plug-in platzierten Effekte in der Master-Spur.

Die Position auf den drei Raumachsen stellen Sie auf den beiden Ansichten des 3D Object Panners von oben und hinten exakt ein. Ebenso lassen sich die Werte der Achsen „Left/Right“, „Back/Front“ und „Elevation“ ändern. Sie können die Koordinaten automatisieren und die Objekte um den Kopf des Zuhörers schwirren lassen. Auch lässt sich die scheinbare Größe des Objekts („Size“) sowie bei Stereo-Spuren der Abstand des linken und rechten Signals („Spread“) verändern. Da die gesamte Signalkette eines 3D-Objekts in Mono oder Stereo bleibt, können Sie beliebige Plug-in-Effekte in Mono oder Stereo nutzen.



Im Surround Panner platzieren Sie eine Mono- oder Stereo-Quelle im 7.1.2-Bed um den Hörer im Mittelpunkt herum.



Der 3D Object Panner erlaubt eine direkte Positionierung einer Klangquelle im Raum. Das Signal lässt sich allerdings nicht durch Send- oder Master-Effekte leiten.

Lautheitsabstimmungen

Wenn Sie alle Spuren im Bed oder als 3D Object eingerichtet haben, müssen Sie die Lautstärke aller Stimmen und Instrumente neu abstimmen. Die Lautheit einer Spur hängt nämlich nicht nur vom Gain-Regler des Kanals ab, sondern auch von der Position im Panner und dem Abstand zum Zuhörer. Wenn Sie denselben Klangeindruck wie beim Stereo-Mix erzeugen wollen, sind hier viele A/B-Vergleiche nötig, bis die Abstimmung der Instrumente genauso gut funktioniert wie in der Stereo-Version.

Dolby gibt vor, dass der gesamte Atmos-Mix im Durchschnitt nicht lauter sein darf als $-18,0$ LUFS. Pegelspitzen dürfen $-1,0$ dBFS nicht überschreiten. Diese Werte gelten allerdings für den 7.1.4-Mix. Binaural für Kopfhörer gerendert sind Atmos-Mixe oft deutlich lauter: In unseren Versuchen zwischen 3 und 6 Dezibel, womit sie durchschnittliche Lautstärken zwischen -15 und -12 LUFS erreichen.

Diese Unterschiede können bei der Wiedergabe über Streamingdienste zu Problemen bei der Lautheitsanpassung führen, wie wir in unserem jüngsten Vergleichstest feststellten [1]. Sie treten nicht nur bei der Kopfhörerwiedergabe von Atmos-Mixen auf, sondern vor allem, wenn sich Atmos-Mixe mit Stereo-Songs in einer Playlist ab-

wechseln. Streaming-Anbieter steuern Stereo-Songs per Lautheitsanpassung nämlich zwischen $-16,5$ und -14 LUFS aus.

Um die Lautstärke Ihres Mixes zu kontrollieren, platzieren Sie den Limiter von Logic im 7.1.2-Modus genau vor dem Atmos-Plugin und stellen den „Output Level“ auf $-1,0$ dB. Das Monitoring-Format des Atmos-Plug-ins ändern Sie auf „7.1.4“.

Hinter dem Atmos-Plug-in fügen Sie das Loudness Meter von Logic im 7.1.4-Modus ein. Starten Sie die Wiedergabe und lesen Sie am Ende des Songs die durchschnittliche Lautstärke unter „Integrated“ ab. Wenn der Wert von $-18,0$ LUFS abweicht, ändern Sie entsprechend den Gain im Limiter sowie in den 3D-Objekt-Spuren.

Zum Schluss prüfen Sie, dass keine Pegelspitze über $-1,0$ dBFS hinausragt, indem Sie hinter dem Loudness Meter ein Level Meter im 7.1.4-Modus platzieren. Ist ein Peak zu hoch, könnte die Schuld bei einem 3D-Objekt liegen, dessen Signal nicht durch den Limiter geht. Solche Spitzen fangen Sie mit einem weiteren Limiter in der entsprechenden 3D-Objekt-Spur ab.

3D-Plug-ins

Um die räumliche Wirkung eines Atmos-Mixes zu verstärken, bringt Logic dreizehn Plug-ins mit, die einen 7.1.2-Modus für das Bed unterstützen. Die Bedienung dieser Effekte unterscheidet sich kaum von der ihrer Stereo-Versionen.

Wenn Sie das Reverb-Plug-in „Space Designer“ im 7.1.2-Modus einsetzen, soll-

ten Sie den Panner der Spur in der Raummitte belassen, damit der Hall das gesamte Bed abdeckt. Über Balance-Regler im Space Designer legen Sie fest, wie sich die Hall-Anteile für vorne/hinten, oben/unten sowie den Center verteilen und wie stark LFE-Töne verhallt werden sollen. Die Stereo-Impulsantworten des Space Designers werden dabei auf 7.1.2 hochskaliert. Ebenso bringt der Space Designer im Unterordner „04 Surround Spaces“ einige Surround-Impulsantworten mit, die allerdings ohne Höhenmikrofone aufgenommen wurden und somit den Raumhall von der Decke ohne natürliches Vorbild simulieren.

Ebenso hat Logic den Tremolo-Effekt auf 7.1.2 erweitert. Mit ihm erzielen Sie rhythmische Panning-Bewegungen, so dass Klänge etwa um den Kopf des Zuhörers kreisen oder von vorn nach hinten pulsieren.

Hinzu kommen fünf Modulationseffekte: Chorus, Flanger, Micro-Phaser, Phaser und Modulation Delay. Bei einigen findet man ein zusätzliches Menü „Distribution“, bei dem man die räumliche Modulation kreisen lassen oder auf vorne/hinten oder links/rechts beschränken kann. Für räumliche Spezialeffekte wie Filter-Sweeps in Breaks oder Übergängen nutzen Sie die „Remix FX“, die Logic ebenfalls auf 7.1.2 hochgerüstet hat.

Wenn Sie mehrere Atmos-Mixe klanglich anpassen wollen, können Sie die Frequenzverteilung des Beds mit dem



Der Space Designer erlaubt im Surround-Modus Balance-Einstellungen des Halls in 7.1.2.

7.1.2-fähigen „Match EQ“ angleichen. Damit der Klang natürlich bleibt, sollten Sie aber nur mit weich verlaufenden Anpassungskurven arbeiten.

Plug-ins in Multi Mono

In einem Atmos-Mix können Sie weiterhin interne und externe Plug-ins verwenden, die von Haus aus nur Mono oder Stereo, aber kein 7.1.2 unterstützen. Dazu lädt Logic die Plug-ins im Multi-Mono-Modus und erlaubt für jeden Kanal unterschiedliche Parameter. Bei Audio-Spuren klicken Sie dazu lange auf das Kanalmodus-Symbol in der Eingangs-Zeile des Mixers und wählen im Menü „Surround“ aus.

Bei einer Instrumentenspur müssen Sie hingegen das Audiosignal nach dem Input-Instrument im ersten Plug-in-Slot des Mixers von Stereo in 7.1.2 konvertieren. Dazu setzen Sie dort ein surround-fähiges Plug-in von Logic wie etwa den Phaser im Modus „Stereo->7.1.2“ ein und schalten es aus (Bypass); das Upscaling von Stereo auf 7.1.2 bleibt dabei erhalten. Plug-ins hinter dem Phaser können Sie nun im Modus „Multi Mono“ einsetzen.

Im Header des Plug-in-Fensters sehen Sie im Multi-Mono-Modus eine Zeile mit den Kanalbezeichnungen „L-R/Lm-Rm/Ls-Rs/C/Ltm/Rtm“ sowie „LFE“. Wenn Sie links daneben auf (...) klicken, können Sie alle neun Kanäle plus den LFE einzeln an- oder abschalten, oder sie Auswahlgruppen von A bis E zuordnen. Für jede Gruppe können Sie an-

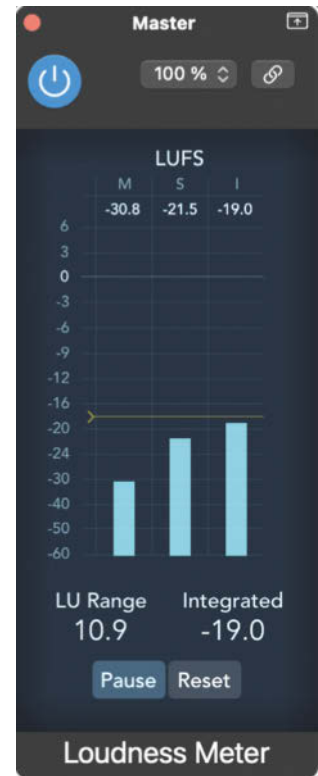
schließend separate Plug-in-Einstellungen vornehmen.

So versorgen Sie etwa bei einem externen Reverb-Plug-in die hinteren und oberen Kanäle mit einem höheren Hall-Anteil als die vorderen Kanäle und den LFE. Um den Raumeindruck zu erhöhen, können Sie zudem in den oberen Kanälen tiefere Frequenzen im Hall herausfiltern und höhere Frequenzen passieren lassen.

Dateiausgabe

Sobald Ihr Mix fertig ist und Sie die durchschnittliche Lautheit bei der 7.1.4-Wiedergabe auf $-18,0$ LUFS mit einem True Peak von maximal $-1,0$ dBFS angepasst haben, können Sie ihn unter „Ablage/Exportieren/Projekt“ als ADM BWF¹ als ADM-BWF-Datei exportieren. Achten Sie darauf, dass unter „Ablage/Projekteinstellungen/Synchronisation“ eine Bildrate von 24 fps eingestellt ist.

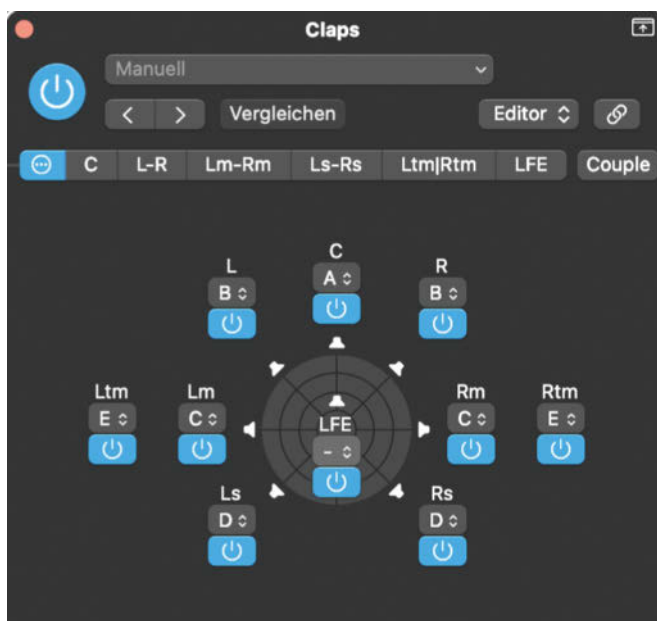
Den fertigen Song können Sie als unabhängiger Künstler über den Dienstleister Distrokid (distrokid.com) als ersten Anbieter seiner Art an die Streamingplattformen von Apple, Amazon und Tidal übermitteln. Dazu laden Sie im Upload-Menü von Distrokid neben dem Stereo-Mix im WAV-Format zusätzlich unter „Dolby Atmos/Spatial audio“ die ADM-BWF-Datei hoch. Für den Vertrieb von Stereo-Songs berechnet Distrokid als Flatrate pauschal 20 US-Dollar pro Jahr. Jeder einzelne Dolby-Atmos-Mix kostet 27 US-Dollar extra. (hag@ct.de) **ct**



Die Lautstärke Ihres Atmos Mixes prüfen
Sie mit dem Loudness Meter, das Sie hinter dem Atmos-Plug-in im 7.1.4-Modus in der Master-Spur platzieren. Der Integrated-Wert darf $-18,0$ LUFS nicht überschreiten.

Literatur

- [1] Hartmut Gieselmann, Auf zum nächsten Musiktempel, Löhnen 3D-Audio und Lossless bei Musik-Streamingdiensten?, c't 24/2021, S. 64



Die 7.1.2-Kanäle des Beds teilen Sie im Multi-Mono-Modus von Stereo-Plug-ins in fünf Gruppen von A bis E auf.



Im Multi-Mono-Modus wenden Sie externe Stereo-Plug-ins wie den Fabfilter Pro-R auf einzelne Kanäle des Surround Beds an.

Windows-11-Kompatibilität ermitteln – ohne installiertes Windows

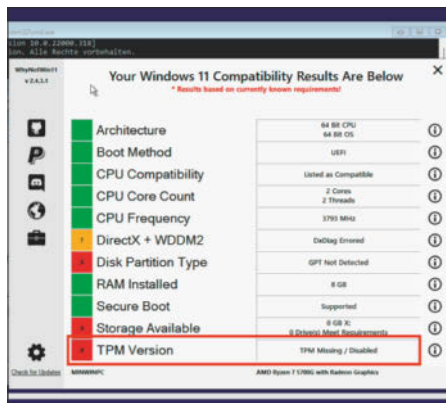
Von Jan Schüßler

Einen Rechner auf Kompatibilität zu Windows 11 zu prüfen, wenn kein Windows 10 installiert ist, hat Microsoft nicht vorgesehen. Man kann natürlich von Hand alle Systemvoraussetzungen abgleichen, doch was ist, wenn eine Neuinstallation von Windows 11 scheitert und man gar nicht so recht weiß, warum?

Sobald das passiert ist, öffnen Sie zuerst mit Umschalt+F10 eine Eingabeaufforderung und darüber mit dem Befehl

Prüf-Tool nutzen

Praktischer ist es, ein Tool zur Kompatibilitätsprüfung zu verwenden. Für Linux gibt es solche Programme aber nicht, und Microsofts eigene „PC-Integritätsprüfung“ läuft nicht unter Windows PE – das ist die Live-Umgebung, die etwa beim Booten eines Windows-Setup-Datenträgers zum Einsatz kommt. Nicht so WhyNotWin11: Das alternative Prüf-Tool läuft auch unter Windows PE. Der naheliegende Weg ist



Läuft WhyNotWin11 unter Windows PE, können Sie die Angaben zu DirectX-Version, Partitionslayout und Laufwerkspeicher ignorieren – die anderen aber nicht.

Lassen Sie den Rechner vom so präparierten Stick booten. Sobald das Windows-Setup Sie begrüßt, starten Sie einen Texteditor per Umschalt+F10, notepad, Eingabetaste. Den Texteditor können Sie als Datei-Explorer zweckentfremden: Öffnen Sie über „Datei/Öffnen“ einen Dateidialog, wählen Sie unter Dateityp „Alle Dateien“, klicken Sie links auf „Dieser PC“ und doppelklicken Sie auf den USB-Stick – Sie erkennen ihn recht einfach anhand der Größenangabe. Starten Sie WhyNotWin11.exe per Rechtsklick und „Öffnen“.

Achtung: Aus Windows PE heraus gestartet sind drei Ergebnisse von WhyNotWin11 ungültig. Während Architektur,

**aus
distan**

UEFI-Start, Secure Boot, TPM, CPU-Eigenschaften und RAM erkannt werden, scheitert das Tool an der Erkennung von GPT-Partitionsschema, freiem Speicherplatz und Grafikkarte. Das ist weniger dramatisch, als es klingt: Das Programm versucht, die Parameter aus dem laufenden System heraus zu ermitteln. Nun läuft Windows PE von einem virtuellen Laufwerk X:. Das ist kein GPT-Datenträger und es hat auch kaum freien Speicherplatz – daher behauptet WhyNotWin11, der Rechner würde diese Bedingungen nicht erfüllen. Sofern das System aber UEFI-fähig ist und die Festplatte ausreichend groß, können Sie das Ergebnis also ignorieren.

Ebenso kann das WhyNotWin11 in diesem Szenario den Grafikchip nicht erkennen – genauer gesagt: Weil die Grafikausgabe in Windows PE nur mit einem Dummy-Treiber läuft, kann das Tool nicht herausfinden, ob die Hardware samt passendem Treiber DirectX-12- und WDDM2-konform wäre. Als Faustregel kann gelten, dass AMD-Grafikkarten ab der R400-Serie und Nvidia-Karten ab der GeForce-900-Serie kompatibel sind; die integrierten Grafikerne von Intel-CPU's erst ab Core i-8000 [2]. *(iss@ct.de)* 

Literatur

- [1] Axel Vahldiek, Bitte einsteigen!, Windows 11 installieren, c't 26/2021, S. 24
- [2] Christof Windeck, Harter Schnitt, Wie Sie erkennen, ob Ihr PC die Hardware-Anforderungen für Windows 11 erfüllt, c't 22/2021, S. 21

Download WhyNotWin11: ct.de/ynrq

UEFI-Start, Secure Boot, TPM, CPU-Eigenschaften und RAM erkannt werden, scheitert das Tool an der Erkennung von GPT-Par-

Frisch aus
ct Nerdistan

24.02.

WordPress für Einsteiger

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

01.– 02.03.

Docker und Container in der Praxis

Der Workshop richtet sich an Entwickler und Administrierende, die neu in das Thema einsteigen wollen oder sollen. Neben theoretischem Wissen über Container geht es um die Herausforderungen im Alltag und eigene Erfahrungen auf der Kommandozeile.

02.03.

Einführung in den Kea DHCP Server

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

18.10.

Dienste mit SELinux absichern

Durch Abschalten der SELinux Technologie wird unwissentlich die Sicherheit des Systems reduziert. Der Workshop gibt eine Einführung in die SELinux Sicherheitstechnologie, sodass Administratoren mit, und nicht gegen, SELinux arbeiten.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

www.heise-events.de/workshops

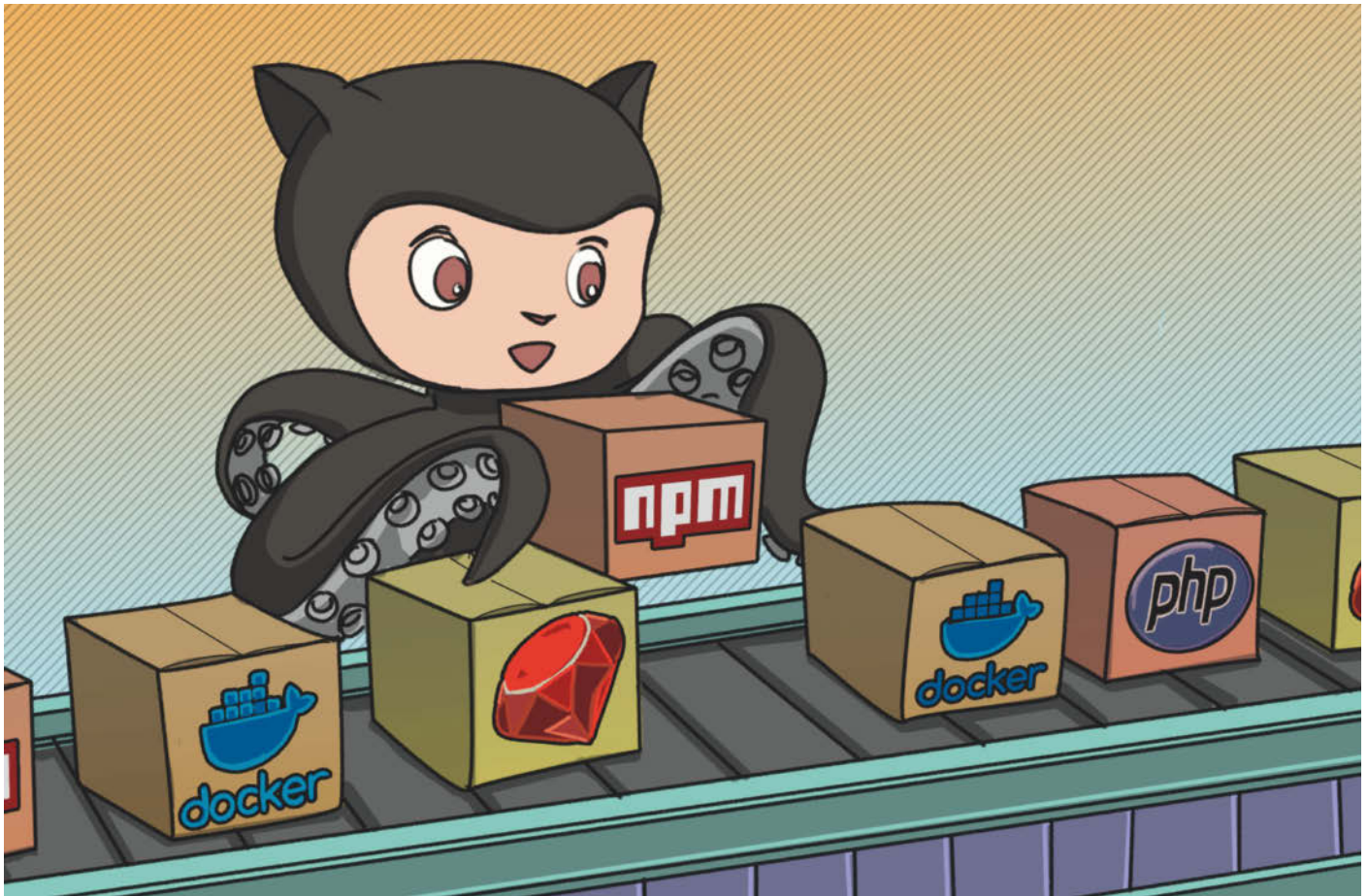


Bild: Thorsten Hübner

Selber machen lassen

CI/CD mit eigenen GitHub-Actions

Code kompilieren, Programmpakete bauen oder Unit-Tests ausführen: Solche Aufgaben lassen sich mit einer Continuous-Integration-Umgebung wie GitHub Actions automatisieren. Eigene Actions schreiben Sie mit wenigen Zeilen Code und automatisieren damit bequem auch mehrere Repositories.

Von Manuel Ottlik

GitHub Actions ist unter den großen CI/CD-Angeboten auf dem Markt das jüngste, konnte sich neben den alten Hasen Jenkins und GitLab CI aber dennoch schnell durchsetzen, weil man die Verwaltung von Code im Repository und

das automatische Bauen und Testen darin sinnvoll verknüpfen kann – eine ausführliche Einführung in GitHub Actions lesen Sie in [1]. Sobald Sie mehr als ein Repository automatisieren wollen, kommen Sie schnell an den Punkt, dass Sie nicht nur fertige Actions von anderen übernehmen, sondern eigene Automationsaufgaben zu Actions verpacken wollen.

Bevor Sie eigene Actions bauen, erklären wir kurz die Konzepte hinter GitHubs CI-Automat. GitHub Actions arbeitet mit drei Ebenen, um Arbeitsabläufe zu organisieren: Workflows, Jobs und Steps. Ein Workflow ist eine Sammlung aus einem oder mehreren Jobs, die als Reaktion auf ein Ereignis ausgeführt werden. Auslösendes Ereignis kann ein Push in einen Git-Branch sein, ein eröffneter Pull-Request oder ein definierter Zeitpunkt

(vergleichbar mit Cron unter Linux). Mehrere Jobs innerhalb eines Workflows können parallel oder in Abhängigkeit voneinander

laufen, arbeiten aber stets in eigenen Runner-Instanzen, teilen sich also kein gemeinsames Dateisystem.

Jeder Job kann wiederum mehrere Steps beinhalten, die zwangsläufig aufeinander aufbauen und mit einem gemeinsamen Dateisystem arbeiten. Eine typische Abfolge von Steps sieht so aus:

- das Repository auschecken
- Abhängigkeiten installieren
- Unit-Tests starten
- die Anwendung kompilieren
- das Kompilat in einen Docker-Container verpacken

Am Ende wird das gesamte Dateisystem für den Job weggeworfen; was nicht anderweitig gespeichert wurde (zum Bei-



spiel in einer Paket-Registry), verschwindet also. Ein Step ist die unteilbare kleinste Einheit und kann entweder aus einem einzelnen Kommandozeilenbefehl bestehen oder dem Aufruf einer sogenannten Action. Während Sie Kommandozeilenbefehle in jedem Ihrer Projekte in ganzer Länge ausschreiben müssen, können Sie mit Actions einen komplexen Arbeitsablauf in einem anderen Repository programmieren und aus einem oder mehreren Workflows aus beliebig vielen Repositories darauf verweisen.

Damit Actions flexibel einsetzbar sind, können sie Parameter verlangen und wie eine Funktion in einer Programmiersprache etwas zurückgeben. Zum Verfassen von Actions gibt es gleich drei Möglichkeiten: aneinandergereihete Kommandozeilenbefehle, Node.js-Actions und Container-Actions. Erstere Variante ist eher für Kleinigkeiten gedacht, die zweite Option ist immer dann die effizienteste, wenn Sie mit einem Werkzeug aus der Node.js-Welt arbeiten wollen. Für alle anderen Fälle bauen Sie einen Docker-Container, der alles enthält, was in der Action gebraucht wird.

Darum eigene Actions

Was GitHub zweifelsfrei beherrscht, ist Entwickler zum Teilen ihrer Arbeit zu ermutigen und eine Community aufzubauen. Dass Open-Source-Repositories bei GitHub kostenlos sind, hat auch den schnellen Erfolg von GitHub Actions möglich gemacht: Das Bauen von eigenen Workflows beschleunigt man ungemein, indem man sich von denen ähnlicher Projekte inspirieren lässt – die Workflows liegen immer im Ordner `.github/workflows` und sind öffentlich, wenn das Repository öffentlich ist.

Bedienen können Sie sich nicht nur an Workflows, sondern auch an Actions, die andere gebaut und veröffentlicht haben. Für die meisten Arbeitsschritte, die Sie automatisieren möchten, gibt es vermutlich schon eine Action, die in etwa das bietet, was Sie suchen; bereitgestellt von großen Firmen und kleinen Einzelentwicklern. Finden kann man sie leicht über github.com/marketplace. Docker bietet zum Beispiel offizielle Actions an, um sich bei einer Registry anzumelden, einen Container zu bauen und ihn in die Registry zu laden. Dennoch gibt es gute Gründe, auch für diese Arbeit eine eigene GitHub-Action zu schreiben: zum Beispiel, wenn Sie über die Standardschritte hinaus noch

ct Kompakt

- GitHub Actions ist die CI/CD-Umgebung von GitHub und eng mit der Repository-Verwaltung verknüpft.
- Fertige Actions gibt es bereits für viele typische CI/CD-Aufgaben in unterschiedlichen Programmiersprachen und Frameworks.
- Mit wenig Aufwand schreiben Sie eigene Actions, nutzen sie in mehreren Projekten oder teilen sie mit Kollegen.

Kommandozeilenbefehle ausführen möchten. Das kann etwa nötig sein, wenn Sie die URL der Registry zentral auf Ihre unternehmensweite Registry ändern möchten. In manchen Organisationen können auch Sicherheitsbedenken der Auslöser dafür sein, den kompletten Code der Abläufe lieber in den eigenen Händen zu behalten und die Actions deshalb selbst zu entwickeln.

Nackte Kommandozeilenbefehle

Damit Sie ein konkretes Szenario vor Augen und zum Ausprobieren zur Hand haben, haben wir ein Actions-Beispielprojekt bei GitHub für diesen Artikel vorbereitet. Sie finden es über ct.de/ya62. Im GitHub-Repository finden Sie eine frisch aufgesetzte

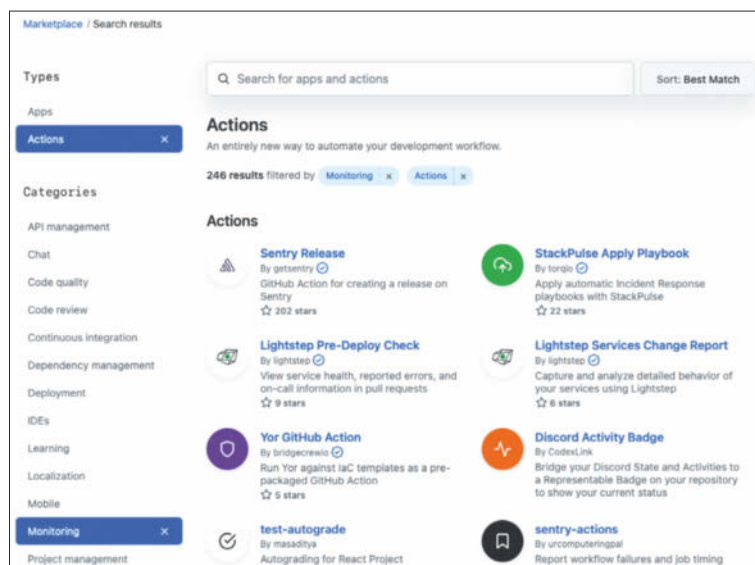
Vue.js-Anwendung. Der Inhalt und das Frontend-Framework Vue.js an sich sollen gar keine Rolle spielen; das Projekt dient nur der Veranschaulichung. GitHub Actions soll den JavaScript-Code verpacken, Abhängigkeiten laden, Tests ausführen und weitere typische Schritte erledigen. Solche Arbeitsschritte sind in allen Sprachen und Frameworks ähnlich, Sie können nach dem gleichen Muster also auch Abläufe für Ihr Lieblings-Framework und die eigene Programmiersprache entwerfen.

Kern des Beispielprojekts ist die Workflow-Datei, die Sie unter `.github/workflows/build-project.yml` finden. Der Workflow besteht aus vielen verschiedenen Jobs, die das Gleiche erledigen – nur auf unterschiedliche Art und Weise. Im Kasten unten sehen Sie, wie ein solcher Job aussieht. Der erste Job mit dem Namen `naked-commands-example` benutzt noch keine eigenen Actions, sondern arbeitet mit Steps, die per `run`: nacheinander Kommandozeilenbefehle ausführen. Die einzige Ausnahme ist die offizielle `actions/checkout`-Action, die das Repository auscheckt. Diese möchte man fast immer am Anfang ausführen, damit die weiteren Schritte mit den Inhalten arbeiten können.

Der Job `check` das Repository aus, baut den JavaScript-Code zusammen und macht einen Docker-Container daraus, der in GitHubs neuer Container-Registry `ghcr.io` (GitHub Container Registry) abgelegt wird. Um zu veranschaulichen, wie Ergebnisse eines Schrittes an einen anderen wei-

```
naked-commands-example:
  name: Nackte Kommandozeilenbefehle
  runs-on: ubuntu-latest
  steps:
    - name: Repository auschecken
      uses: actions/checkout@master
    - name: Abhängigkeiten installieren
      run: npm install
    - name: Unit-Tests durchlaufen
      run: npm run test:unit
    - name: Anwendung kompilieren
      run: npm run build
    - name: Namen für den Container festlegen
      id: name-generator
      run: echo "::set-output name=container-name::my-container"
    - name: Docker-Container bauen
      env:
        GITHUB_TOKEN: ${ secrets.GITHUB_TOKEN }
        CONTAINER_NAME: ${ steps.name-generator.outputs.container-name }
      run: |
        echo $GITHUB_TOKEN | docker login -u publisher --password-stdin ghcr.io
        docker build --tag ghcr.io/<Ihr Account>/${CONTAINER_NAME}:latest .
        docker push ghcr.io/<Ihr Account>/${CONTAINER_NAME}:latest
```

Shell-Befehle, die in Workflows geschrieben werden, sind nicht nur unübersichtlich, sondern müssen auch für jedes Projekt einzeln geschrieben werden.



tergegeben werden, wird der Name des Containers in einem Step mit der Id `name-generator` erzeugt. Diese Syntax ist GitHub-Actions-spezifisch, per `::set-output` wird die Ausgabe von `echo` umgeleitet und der Inhalt so in eine Variable namens `container-name` gespeichert. Im darauffolgenden Schritt kann man auf den Inhalt über die Syntax `${{ steps.name-generator.outputs.container-name }}` zugreifen.

Verknüpfte Befehle

Sobald man eine Abfolge aus mehreren Schritten in verschiedenen Workflows einsetzen will, sollte man die Finger vom Kopieren und Einfügen lassen und sie stattdessen in eine Action verpacken. Die einfachste Variante, eine eigene GitHub-Action zu bauen, ist die „Composite Run Action“, also aneinandergereihte Kommandozeilenbefehle, die nacheinander ausgeführt werden. Der Vorteil: Auch hier können bereits Ein- und Ausgaben definiert werden. Die Eingaben stehen als Variablen zur Verfügung, die Ausgaben können von nachfolgenden Schritten verwendet werden – mehr dazu später.

Die erste eigene Action soll die Installation und den Bau der Anwendung zusammenfassen. Der Einfachheit halber soll sie erst mal in dem gleichen Repository entwickelt werden, in dem sie später auch verwendet wird. Schauen Sie dafür im Beispiel-Repository im Ordner `.github/actions/build-vue-app` auf die Datei namens `action.yml`. Diese Datei ist die Grundlage für eine eigene Action und enthält neben einem Namen und einer Beschreibung eine Angabe, um welche Art von Action es sich handelt. Bei einer Composite-Run-Action werden darüber hinaus außerdem die

steps definiert, die aggregiert werden sollen. Im einfachsten Fall braucht eine Action keine Ein- und Ausgaben, die erste Beispiel-Action umfasst gerade mal zehn Zeilen:

```
-name: Vue-App bauen
runs:
  using: "composite"
  steps:
    - run: npm install
      shell: bash
    - run: npm run test:unit
      shell: bash
    - run: npm run build
      shell: bash
```

Um diese Action jetzt in einem Workflow im selben Repository zu verwenden, müssen Sie die drei Schritte nicht mehr aufschreiben. Es reicht der Aufruf von:

```
-name: Vue-App bauen
uses: ../github/actions/build-vue-app
```

Actions aus anderen Repositories benutzen

Wenn diese Action in mehreren Projekten verwendet werden soll, ist der aktuelle Ort, an dem Sie sie erstellt haben, nicht ideal. Stattdessen bietet es sich an, ein Repository zu erschaffen, in dem alle selbstgeschriebenen Actions liegen, die Sie in Ihren Projekten verwenden möchten.

Ein solches Repository haben wir zur Veranschaulichung unter dem Namen `ct-custom-actions` ebenfalls angelegt, das Sie über `ct.de/ya62` finden. Am besten forken Sie dieses und arbeiten mit Ihrer eigenen Kopie, die Sie auch anpassen können. Im Repo liegt im Ordner `build-vue-app` die

oben beschriebene Datei `action.yml`. Um diese Action jetzt aus einem anderen Repository aufzurufen, müssen Sie den Aufruf der Action anpassen. Das Muster sieht so aus:

```
-uses: {Ihr Account}/{Name des Repos}/>
  >{Pfad zur Action}@{Git-Referenz}
```

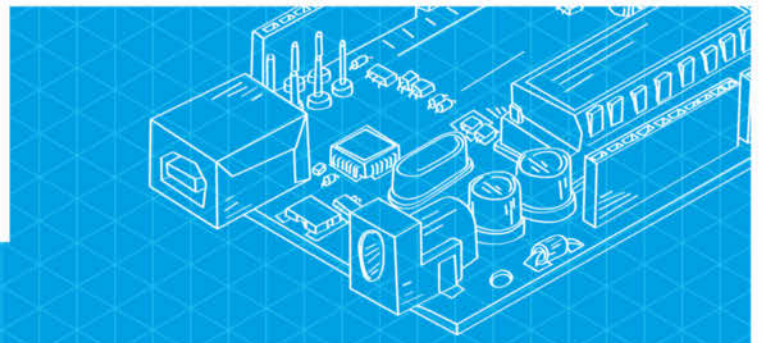
Liegt nur eine Action im Repo, ist kein Pfad zur Action nötig. In einer zentralen Actions-Sammlung legt man aber mehrere Unterordner an. Als Git-Referenz kann alles genutzt werden, was auf einen bestimmten Stand in der Versionshistorie verweist: ein Branch, ein Tag oder ein exakter Commit-Hash. Im aktuellen Beispiel müsste der Aufruf also folgendermaßen angepasst werden:

```
-uses: {Ihr Acc.}/ct-custom-actions/>
  >build-vue-app@main
```

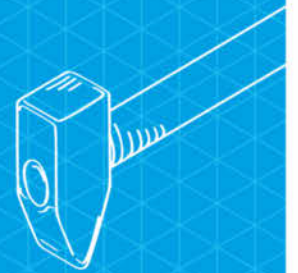
Private Repositories

Dieser direkte Aufruf funktioniert allerdings nur, wenn das Repository, in dem die Action liegt, öffentlich ist. Gerade große Unternehmen wünschen sich seit der Einführung von GitHub Actions eine eingebaute Funktion, um auf Actions in privaten Repositories zuzugreifen, weil sie die Inhalte ihrer Automationen nicht mit der Welt teilen wollen. GitHub hat diese Option in seiner Roadmap (siehe `ct.de/ya62`) zwar schon in Aussicht gestellt, fertig ist sie aber noch nicht. Stattdessen muss man zu einem Workaround greifen: Statt die Action direkt aufzurufen, können Sie erst das Repository auschecken, in dem die Action liegt, und sie dann wie zu Anfang beschrieben über den Dateipfad aufrufen. Dafür müssen Sie der Checkout-Action lediglich ein Token mitgeben, das Zugriffsrechte auf das Repository mit der Action hat. Ein solches Token können Sie in Ihrem Account unter „Settings/Developer Settings/Personal Access Tokens“ mit dem Scope `repo` generieren. Damit dieses Token dann in dem Workflow zur Verfügung steht, müssen Sie es im Repository, aus dem die Action gelesen werden soll, unter „Settings/Secrets/New repository secret“ hinterlegen. Geben Sie dem Token dort einen Namen wie `REPO_TOKEN`. Unter diesem Namen können Sie es jetzt referenzieren und die Inhalte des privaten Repos mit der Action auschecken. Der Job mit dem Namen `private-repo-example` im Beispiel-Repository zeigt, wie ein Job mit Actions aus einem privaten Repo aussieht.

Make:



DAS KANNST DU AUCH!



GRATIS!



2x Make testen und über 9 € sparen!

Ihre Vorteile:

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

Für nur 16,10 € statt 25,80 €

* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen: make-magazin.de/miniabo

Actions mit Node.js

Composite-Run-Actions können einfache Schritte zusammenfassen, sind ansonsten aber sehr eingeschränkt, denn sie erlauben nicht mehr als aneinandergereihte Kommandozeilenbefehle. Wer mit Node.js vertrauter ist als mit der Bash und etwas mehr Freiheit bei der Entwicklung von Actions braucht, kann von GitHubs Werkzeugen für Node-Actions profitieren. Das sind in erster Linie Bibliotheken, mit denen Sie sehr komfortabel auf Ein- und Ausgaben der Action und den gesamten Workflow-Kontext zugreifen können (weiterführende Dokumentation siehe [ct.de/ya62](https://github.com/actions/runner/blob/master/docs/using-node.md)). Sie haben natürlich aber auch Zugriff auf die gesamte NPM-Welt und können so mit wenig Aufwand ein NPM-Paket ganz nach Ihren Wünschen in einer GitHub Action einsetzen.

Genau das soll im Beispielprojekt mit dem Namensgenerator passieren. Bisher spuckt der Schritt immer den gleichen Namen `container-name` aus – und das soll sich nun mithilfe eines NPM-Pakets ändern. Schauen Sie dafür zuerst im Beispiel-Repo in die `action.yml` aus dem Ordner `name-generator`. Dort finden sich nun keine Steps mehr, sondern ein Verweis auf eine JavaScript-Datei mit dem Namen `index.js` sowie die Definition von Inputs und Outputs. Die JavaScript-Datei ist nicht Teil des Vue-Projekts, sondern enthält den Code der Action. Für jede Eingabe muss neben einem eindeutigen Namen und einer Beschreibung angegeben werden, ob sie verpflichtend ist und wie der Standardwert sein soll. Ausgaben bekommen nur einen eindeutigen Namen und eine Beschreibung:

```
name: "Namensgenerator"
description: "Generiert einen Namen."
author: "c't"

inputs:
  separator:
    description: "Trennzeichen"
    required: false
    default: "-"
  length:
    description: "Anzahl der Worte"
    required: false
    default: "3"

outputs:
  random-name:
    description: "Generierter Name"

runs:
```

```
container-action-example:
  name: Actions in Containern
  runs-on: ubuntu-latest
  steps:
    - name: Repository auschecken
      uses: actions/checkout@master
    - name: Vue-App bauen (Composite-Action)
      uses: <Ihr Account>/ct-custom-actions/build-vue-app@main
    - name: Namen für den Container festlegen (Node-Action)
      uses: <Ihr Account>/ct-custom-actions/name-generator@main
      id: name-generator
      with:
        length: 2
    - name: Docker-Container bauen (Docker-Action)
      uses: <Ihr Account>/ct-custom-actions/docker-build-push@main
      with:
        registry_password: ${ secrets.GITHUB_TOKEN }
        image_name: ${ steps.name-generator.outputs.random-name }
```

Ein Workflow ist überschaubar, wenn man ausschließlich mit abstrahierten Arbeitsabläufen arbeitet.

```
using: "node12"
main: "index.js"
```

Wenn Sie nun einen Blick in die Datei `index.js` werfen, sehen Sie die Vorteile von Node-Actions direkt: Statt gewöhnungsbedürftiger String-Formate, die ausgegeben werden, um mit Ein- und Ausgaben zu hantieren, kann man über die zwei Bibliotheken `@actions/core` und `@actions/github` komfortabel auf die nötigen Informationen zugreifen. Um einen zufälligen Namen zu generieren, wurde das Paket `unique-names-generator` geladen, das die gewünschte Anzahl von Worten und das Trennzeichen direkt aus den Eingaben der Action übergeben bekommt:

```
try {
  const dicts = {
    '1': [animals],
    '2': [adjectives, animals],
    '3': [colors, adjectives, animals],
  }[core.getInput('length')]

  const rName = uniqueNamesGenerator({
    dictionaries: dicts,
    separator: core.getInput('separator'),
  });

  core.setOutput('random-name', rName);
} catch (error) {
  core.setFailed(error.message);
}
```

Über die Methode `core.setOutput()` kann man den generierten Namen dann direkt verfügbar machen. Mit diesen Zeilen ist

die Namensgenerator-Action einsatzbereit. Entgegen der Intuition eines jeden NPM-Entwicklers sollte man unbedingt den Ordner `node_modules` mit in das Repository aufnehmen, um Zeit bei der Ausführung der Action zu sparen. Liegen alle Dateien bereit, kann man die Action in einem Job einsetzen:

```
- name: Namen generieren
  uses: <Ihr Acc.>/ct-custom-actions/name-generator@main
  id: name-generator
  with:
    length: 2
```

Über `${ steps.name-generator.outputs.random-name }` kann man in späteren Schritten den gespeicherten Namen verwenden.

Actions auf Basis von Docker-Containern

Wer Node.js nicht kennt oder schätzt, der kann zu der dritten und mächtigsten Variante greifen, eine eigene Action zu schreiben: Docker-Container. Dabei sind die Möglichkeiten so endlos wie das Docker-Universum selbst. Jedes beliebige Image kann man laden und erweitern, damit es als Action laufen kann. So können Sie zum Beispiel auch Ihre Lieblings-Skriptsprache nutzen, um Logiken zu bauen, die Ihnen mit Shell-Befehlen zu kompliziert werden. Außerdem können Sie auf bereits bestehende Software aufbauen, die schon andere als Docker-Container verpackt haben.

Als einfaches Beispiel soll ein Shell-Script im Container laufen, das die Vue-

App als Docker-Image bauen und in die Registry legen soll. Dafür braucht es zuallererst wieder eine `action.yml`, zu finden im Ordner `build-push-docker`. Als Eingaben werden Benutzername und Passwort für die Registry, die Registry-URL sowie Name und Tag des Images erwartet. Diese Eingaben sind in dem Container dann als Umgebungsvariablen mit dem Präfix `INPUT_` verfügbar, um diese Übersetzung kümmert sich GitHub automatisch.

Damit ein Container gebaut werden kann, braucht es noch ein Dockerfile, das Sie neben die `action.yml` in den Ordner legen. Das ist in diesem Fall sehr simpel und kopiert nur ein Shell-Skript in den Container. Das Skript enthält im Wesentlichen genau die Befehle, die vorher direkt in Steps benutzt wurden. Es wird in den Container kopiert und direkt als Entry-point gesetzt:

```
FROM docker:20
COPY entrypoint.sh /entrypoint.sh
ENTRYPOINT ["/entrypoint.sh"]
```

Sie können mit einem anderen Basis-Image aber auch dafür sorgen, dass Software vorinstalliert ist, mit der Sie arbeiten möchten, also beispielsweise der Compiler für Ihre Programmiersprache. Dabei müssen Sie jedoch beachten, dass Container-Actions den Container erst zur Laufzeit der Action bauen – schwerwichtige Images verlangsamen Ihre CI/CD-Pipeline also merkbar. Im Kasten auf Seite 156 sehen Sie, wie alle drei Typen von Actions hintereinander zum Einsatz kommen.

Fazit

Eigene Actions in einem eigenen Actions-Repository machen sich spätestens dann bezahlt, wenn Sie viele Projekte mit CI/CD-Workflows ausstatten müssen. Die Vorteile liegen auf der Hand: In der einfachsten Form entsteht mit sehr wenig Arbeit ein zentraler Arbeitsablauf, den Sie auf alle eigenen Projekte anwenden und der von Standardwerten profitiert. Angenommen, Sie wollen eine Softwareversion

oder den Pfad zu Ihrer Paket-Registry später ändern, sind Sie über die Zentralisierung dankbar – statt in zig Workflows Hand anzulegen, ändern Sie nur Details an der Action.

Wollen Sie komplexere Schritte in der CI/CD-Umgebung ausführen und finden noch keine passende Action im Marketplace, kommen Sie nicht umhin, eigene Actions zu bauen. Dann können Sie zu schwererem Geschütz greifen und über Node- und Container-Actions auf die Open-Source-Welt der NPM-Pakete und Docker-Images zugreifen und GitHub Actions in vollem Maße ausschöpfen.

(jam@ct.de) 

Literatur

- [1] Merlin Schumacher, Und Actions!, Erste Schritte mit GitHubs CI/CD-Werkzeug Actions, c't 25/2019, S. 164

Beispielprojekt und Dokumentation:
ct.de/ya62

TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPAß!



Make:Education

Mit **Make Education** erhalten Sie jeden Monat kostenlose Bauberichte und Schritt-für-Schritt-Anleitungen für einen praxisorientierten Unterricht:



Für alle weiterführenden Schulen



Fächerübergreifend



Digital zum Downloaden



Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden:

make-magazin.de/education

Heizsparer

Energiekosten senken mit gebrauchten DECT-Thermostaten für die Fritzbox

Wer die Smart-Home-Zentrale der Fritzbox nutzen will, um seine Heizkosten zu drücken, braucht geeignete Thermostate. Mit Gebrauchtexemplaren und ein wenig Know-how sparen Sie schon bei der Anschaffung.

Von Dušan Živadinović

Wer angesichts steigender Energiepreise Heizkosten reduzieren möchte, liebäugelt vermutlich damit, manuelle Heizkörperthermostate mit ferngesteuerten zu ersetzen. Die lassen sich über Funktechniken wie DECT oder WLAN konfigurieren und automatisiert schalten. Der Spareffekt ergibt sich daraus, dass sie Solltemperaturen unter Einsatz von Temperatursensoren selbstständig einhalten. So vermeidet man das Überheizen von Räumen und die Thermostate schalten abends zur eingestellten Uhrzeit auf Nachtabsenkung. Ist man mal ungeplant abwesend, kann man sie aus der Ferne per Smartphone steuern.

Für Nutzer der verbreiteten Fritzbox-Router, die eine DECT-Basis enthalten, sind zwei Modelle empfehlenswert, weil sich beide über den Schnurlosfunk DECT in die Smart-Home-Zentrale des Routers einbinden lassen: AVM Fritz!DECT 301 (Neupreis 48 Euro) und Eurotronic Comet DECT (neu 33 Euro).

Die Unterschiede sind gering: Der Fritz!DECT 301 hat dem Comet eine etwas komfortablere Bedienung und ein E-Paper-Display voraus, an dem man den Status umgehend ablesen kann. Der Comet DECT schaltet hingegen sein LCD-Display ab, wenn man ihn nicht bedient.

Wir raten dazu, zunächst ein Exemplar auszuprobieren. Klären Sie damit, ob der Thermostat an Ihre Heizkörper passt.

Zwar eignen sich die Thermostate für verbreitete Ventile von zum Beispiel Heimeier, Junkers oder MNG (M30 × 1,5 mm, siehe Tabelle unter ct.de/yqv8) und beide Hersteller legen ihren Thermostaten auch Adapter für andere verbreitete Ventile bei (z. B. für Danfoss RA). Aber manches deutet darauf hin, dass es mehr Ventil- und Heizkörper-Varianten geben könnte als Sterne in der Milchstraße. Mit der Suche nach geeigneten Adaptern kann man leicht ganze Tage vergeuden. Eine Abkürzung bietet Martin Schlobach mit einer umfassenden Übersicht (siehe ct.de/yqv8).

Prüfen Sie dann, ob die Fritzbox den Adapter auch am entferntesten Heizkörper erreicht. Die Reichweite beträgt je nach Bausubstanz bis zu 40 Meter. Ist die Distanz zu groß, hilft es, die Fritzbox zu versetzen. Falls das nicht geht, stellt man einen Fritz!DECT Repeater auf halber Strecke auf, um das DECT-Signal aufzufrischen. Der kostet aber rund 75 Euro.



Der funkgesteuerte Thermostat Comet DECT ist als Gebrauchtexemplar schon ab 20 Euro erhältlich. Ein kleiner Kniff hilft weiter, wenn er noch immer mit der Fritzbox des Vorbesitzers gekoppelt ist.

Montagehürden überwinden

Wenn Sie viele Thermostate benötigen, geht das leicht ins Geld. Bei gelegentlichen Bündelaktionen kann man einige Euro Rabatt beim Kauf von drei oder gleich fünf Exemplaren sparen. Deutlich mehr bleibt in der Geldbörse bei Gebrauchtgeräten. Beispielsweise bekommt man technisch einwandfreie Comet-DECT-Thermostate oft schon ab 20 Euro. Für die Montage koppelt man sie zunächst mit der Fritzbox und bringt sie dann an den Heizkörpern an.

Der Danfoss-RA-Adapter, den AVM seinem Fritz!DECT 301 beilegt, besteht aus nachgiebigem Kunststoff. Bei Gebrauchtexemplaren kann daher das Gewinde ausgeleiert sein. Dann verankert der Thermostat beim Versuch, ihn anzuschrauben und lässt sich nicht montieren. Aus dieser Patsche hilft ein stabiler Danfoss-RA-Adapter aus Edelstahl, der gerade mal 5 Euro kostet (siehe ct.de/yqv8).

Die Kopplung von Comet-Thermostaten an eine neue Fritzbox scheitert, wenn der Vorbesitzer die Kopplung zu seiner Fritzbox nicht gelöscht hat. Setzt man dann Batterien ein, blendet der Thermostat im Menü nur die Meldung „Inst“ (Installation) ein und reagiert auf keine Menüeingaben. Der Knoten ist leicht gelöst: Montieren Sie einen solchen Thermostaten zuerst an einem Heizkörper wie in der Anleitung beschrieben. Das Display sollte dann nacheinander die Meldungen „Inst“, „Prep“ und „Adap“ zeigen.

Erst wenn so die automatische Hubanpassung erfolgt ist, kann man die übrigen Menüpunkte öffnen. Drücken Sie dann die Menütaste und rufen Sie die Option „Funk“ auf. Löschen Sie dort die alte Funkkonfiguration. Starten Sie dann die DECT-Kopplung. Auf der Box: DECT-Taste drücken, bis die LED blinkt; auf dem Thermostaten: Menü/Funk/Such. Unserer Erfahrung nach klappt die Kopplung nur, wenn die Fritzbox nahe genug steht (2 bis 3 Meter). Notfalls bringen Sie die Box zum Heizkörper. Für die DECT-Anmeldung braucht sie keine Internet-Verbindung, sondern nur Strom.

Wenn alles geklappt hat, legen Sie sich die ersetzten manuellen Thermostate noch eine Weile als Backup zurück, bevor Sie sie im Gebrauchthandel anbieten.

(dz@ct.de) 

Thermostat- und Adapter-Infos:
ct.de/yqv8

Mehr Komfort im cleveren Zuhause!



heise online

Smart Home

AKTION
Smart-Home-Starterset Heizung
mit Leiterrabatt (siehe Seite 117)

Ihre Fritzbox als Smart-Home-Zentrale

Die wichtigsten Smart-Home-Features, die fast jede Fritzbox hat. Wie Sie sie einrichten, steuern und erweitern.

Smart Home von Ikea

Was das System des Möbelgiganten kann und wie Sie es mit Apple, Google & Co. verknüpfen

Günstig und gut?

Warum uns die Systeme von Hornbach, Pearl & Co. überrascht haben

Tipps für Ihr System

Einrichtung
Schritt-für-Schritt
für fast



**Heft + PDF
mit 29 % Rabatt**

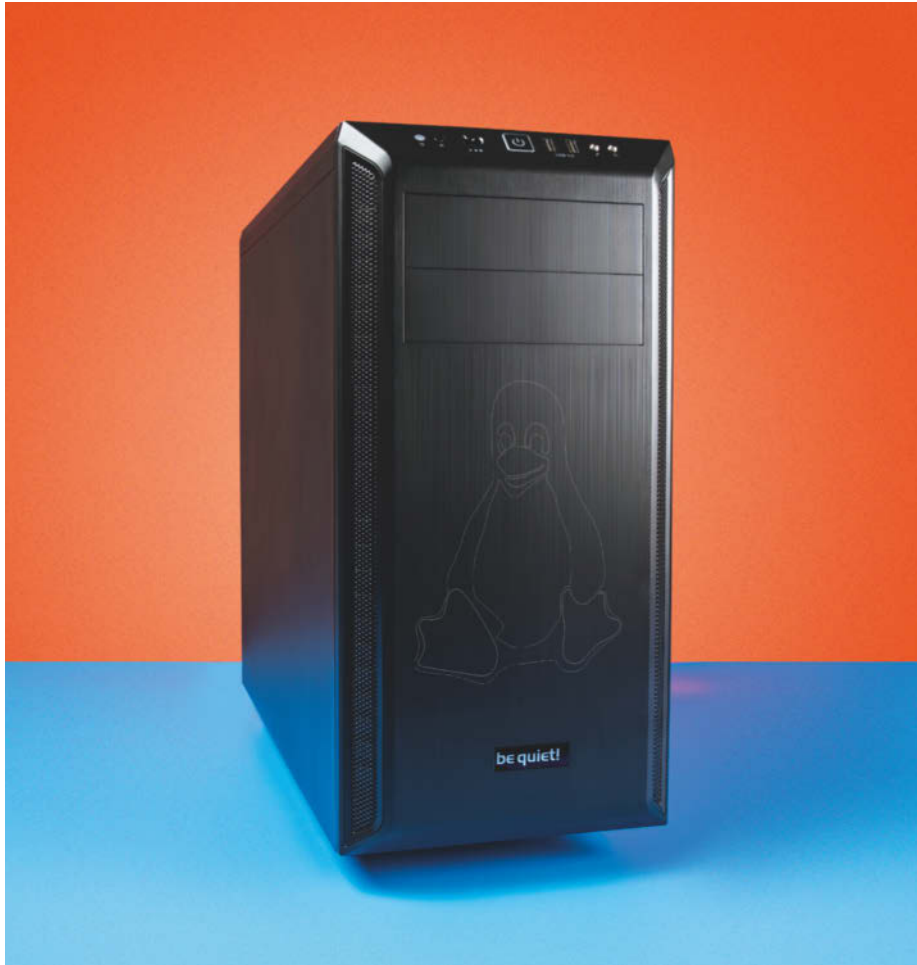
Bauen Sie Ihre Fritzbox zur Smart-Home-Zentrale aus. Im 2. Sonderheft von **heise online** lesen Sie wie's geht:

- ▶ Fritzbox einrichten, steuern und erweitern
- ▶ Praxis- und Tuningtipps für Ihr System
- ▶ Smart Home von Ikea
- ▶ Auch im Set mit Heizkörperthermostat zum Sonderpreis

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



shop.heise.de/ho-smarthome21



Pinguin am Steuer

Linux auf dem optimalen PC 2022

Wir haben getestet, wie sich der optimale PC mit Linux verträgt. Im Betrieb zeigten sich ein paar Stolpersteine. Die meisten lassen sich aber mit ein paar Handgriffen beheben.

Von Niklas Dierking

Wir hatten den jüngst von c't vorgestellten Bauvorschlag [1] für einen leisen Allround-PC eine Weile mit den Linux-Distributionen Ubuntu Desktop

21.10 und Fedora Workstation 35 im Betrieb. In der Praxis zeigte sich, dass Linux-Nutzer Freude mit dem Rechner haben können, auch wenn nicht alles perfekt läuft. Die Basisvariante mit Ryzen 5 5600G-Prozessor beschert Linuxern keinen nennenswerten Mehraufwand bei der Installation und Konfiguration des Systems. Wer die Gaming-Variante mit dem Sechskerner Ryzen 5 5600X und dedizierter Nvidia-Grafikkarte vorzieht, muss etwas Hand anlegen, um deren Potenzial voll auszuschöpfen.

Sowohl mit Ubuntu 21.10 als auch Fedora Workstation 35 erreichten wir das gleiche Niveau bei Datendurchsatzmessungen mit flotten USB-SSDs wie unter

Windows. Beide Distributionen wechseln problemlos in den Bereitschaftsmodus (Suspend-to-RAM/ACPI S3) und lassen sich durch das Senden eines „Magic Packets“ via Wake-on-LAN (WoL) aufwecken, sofern die Option im UEFI-BIOS aktiviert ist. Anders als beim letztjährigen Bauvorschlag lässt sich der Realtek-Netzwerkadapter ohne manuelle Anpassungen nutzen [2] und schöpft die maximale Bandbreite des 2,5-Gbit-Ports aus. Auch beim WLAN-Test standen die Übertragungsraten dem Windows-Betrieb in nichts nach.

Bei näherem Hinsehen fallen bei beiden Varianten kleinere Ärgernisse auf. Beispielsweise erreicht die verbaute Samsung-NVMe-SSD mit Btrfs während des Lesevorgangs nicht den versprochenen Datendurchsatz. Schließt man am Kopfhörerausgang an der Gehäusefront ein Headset an, so kann man den Ton nicht auf die rückseitigen Anschlüsse umleiten.

Beim Kompilieren des Linux-Kernels ist der Ryzen 5 5600X mit doppeltem L3-Cache und höheren Taktfrequenzen dem Ryzen 5 5600G aus der Basisvariante überlegen. Eine Konfiguration des aktuellen Linux-Kernels 5.15 mit `make defconfig` übersetzte er in circa 100 Sekunden, während der 5600G dafür 120 Sekunden brauchte.

Der Ryzen 5 5600G ist im Leerlauf unter Linux stromhungriger als mit Windows. Im Leerlauf genehmigt sich das gesamte System 17 Watt, verglichen mit 14 Watt unter Windows. Bei CPU-Last nehmen Windows und Linux einander mit circa 90 Watt nichts.

Fühler ausgestreckt

Ubuntu und Fedora zeigen standardmäßig mit dem Befehl `sensors` die Temperaturen des Ryzen-5-5600X-Prozessors und der NVMe-SSD an, wenn man das Paket `lm-sensors` (`lm-sensors` in den Fedora-Paketquellen) installiert und mit dem Skript `sensors-detect` verfügbare Sensoren ermittelt. In Ubuntu 21.10 haben wir jedoch die CPU-Temperaturanzeige vermisst, wenn der Ryzen 5 5600G der Basisvariante verbaut ist. Die Version des zuständigen Kernel-Treibers `k10temp`, die im Linux-Kernel 5.13 steckt, unterstützt die Temperaturfühler der Zen-3-Prozessoren mit integrierter Grafikeinheit noch nicht. Die Funktion wurde mit dem bei Redaktionsschluss aktuellen Kernel 5.15 nachgeliefert, auf dem Fedora 35 aufbaut. Dort wird die Temperatur zuverlässig angezeigt.

Auf dem Mainboard Asus TUF Gaming B550-Plus (Wi-Fi) ist zudem ein Sensor-Chip verbaut, der Daten zur CPU-Spannung und Lüfterdrehzahl erfasst. Wenn Sie folgenden Kernel-Boot-Parameter setzen und nach dem Systemstart das Kernel-Modul `nct6775` laden, zeigt Ihnen `sensors` auch diese Informationen an:

```
acpi_enforce_resources_lax
```

Der Kernel-Parameter kann sich potenziell negativ auf die Systemstabilität auswirken, deswegen raten wir eher davon ab. Der Rechner lässt sich auch problemlos ohne die zusätzlichen Sensorausgaben betreiben. Ein Patch, der im kommenden Linux-Kernel 5.16 enthalten ist (siehe [ct.de/yrde](#)), dürfte diesen Workaround ohnehin überflüssig machen. Der neue Kernel und damit auch der Patch wird seinen Weg zuerst in Rolling-Release-Distributionen wie Arch und openSUSE-Tumbleweed finden, etwas später dann auch in Fedora.

Über die Grafikkarte Nvidia RTX 3060 Ti, die in der Gaming-Variante steckt, zeigt `sensors` keine Informationen an, obwohl Daten zu Lüfterdrehzahl, Leistungsaufnahme und Temperatur von der Karte prinzipiell bereitgestellt werden. Wenn Sie auf die Daten angewiesen sind, hilft das Kommandozeilentool `nvidia-smi` (Nvidia System Management Interface) oder das Nvidia-Control-Center, das aber nur in einer X11-Session funktioniert. Dazu später mehr.

Baustelle NVMe-SSD

Stutzig machte uns die Performance der Samsung 980 1 TByte NVMe-SSD. Wenn die Partition mit dem Btrfs-Dateisystem formatiert war, kam die SSD beim Lesen nur auf langsame 2,6 GByte pro Sekunde und fiel damit deutlich hinter die Lesegeschwindigkeit in Windows (3,6 GByte/s) zurück. Der Fedora-Installer formatiert die Root-Partition seit Version 33 standardmäßig mit Btrfs. Wenn wir die Datendurchsatzmessung auf einer Partition wiederholten, die mit Ext4 formatiert war, las die SSD mit flotten 3,9 GByte/s und übertraf damit sogar den Windows-Wert. In Ubuntu 21.10 kommt Ext4 standardmäßig zum Einsatz. Hier liest die SSD mit 3,3 GByte/s etwas langsamer als in Windows. Ein weiterer Test zeigt, dass die langsame Lesegeschwindigkeit mit Btrfs unabhängig von Kernel und Distribution auftritt: Ubuntu 21.10 liest auf einer Btrfs-Partition ähnlich langsam wie Fedora 35.

Der geringere Datendurchsatz beim Lesen mit Btrfs ist ein Ärgernis, wirkt sich aber nicht spürbar auf den Betrieb im Alltag aus. Wer besonders I/O-lastige Anwendungsfälle hat, installiert Fedora 35 mit dem Ext4-Dateisystem oder lagert diese Operationen auf eine gesonderte Partition aus. Bei den Schreibgeschwindigkeiten zeigt sich dagegen ein erwartbares Bild. Sowohl Ubuntu (mit Ext4), als auch Fedora (mit Btrfs) bewegen sich etwa auf dem Niveau des Windows-Wertes von 2,8 GByte in der Sekunde.

Gaming-Wonne

Nvidia-Grafikkarten waren für Nutzer, die Linux auf dem Desktop einsetzen, lange nur eingeschränkt zu empfehlen. Anders als bei AMD-Karten stammt der Open-Source-Treiber im Kernel (`nouveau`) nicht vom Hersteller selbst, sondern wird von der Community im Rahmen des X.Org- und freedesktop.com-Projektes entwickelt. Der Treiber sorgt für eine Displayausgabe und reicht für Alltagsaufgaben, aber wer mit einer Nvidia-Grafikkarte Hardwarebeschleunigung etwa für 3D-Spiele nutzen will, kommt um den proprietären Nvidia-Treiber nicht herum.

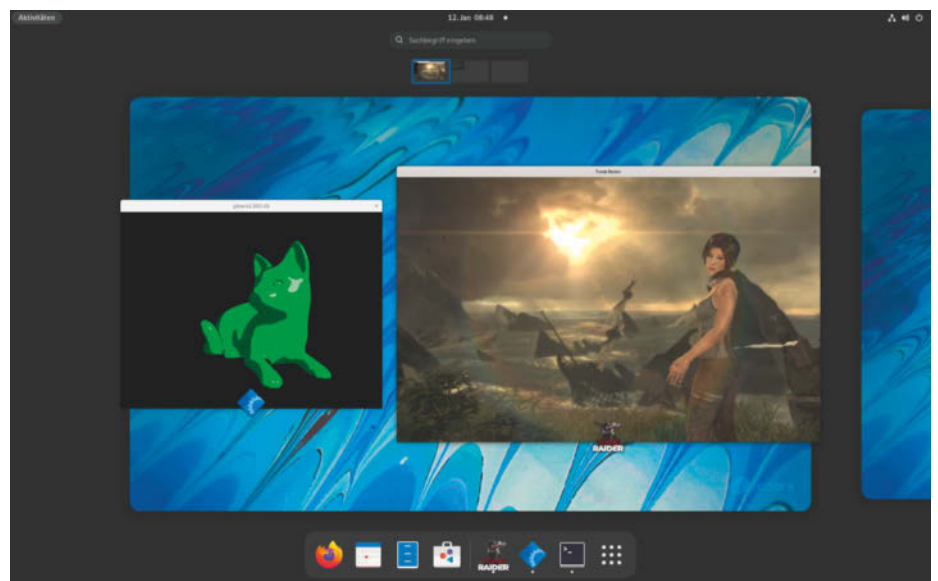
Der hat mit der Version 470, die im Juli letzten Jahres veröffentlicht wurde, einen großen Sprung gemacht. Anwendungen, die auf den X-Server angewiesen sind, können jetzt auch in XWayland Hardwarebeschleunigung nutzen und fallen nicht mehr auf den Software-Renderer

ct kompakt

- Der optimale PC 2022 harmoniert gut mit modernen Linux-Distributionen.
- Die Gaming-Variante mit dedizierter Grafikkarte eignet sich für 3D-Spiele unter Linux.
- Bei SSD, Sensoren und Grafikkarte gibt es einiges zu beachten. Wir zeigen, an welchen Stellen Sie drehen müssen.

(`llvmpipe`) zurück. Damit kann auch in einer Wayland-Session ordentliche 3D-Leistung erzielt werden: Mit dem neuesten Treiber in Version 495 erzielten wir im Titel „Shadow of the Tomb Raider“ (OpenGL, Full-HD, High) mit der Gaming-Variante des optimalen PC eine Bildrate von 144 Bildern pro Sekunde, was exakt der Performance unter Windows entspricht. Wenn sich die Karte im normalen Desktop-Betrieb langweilt, schaltet sie auch unter Linux zuverlässig die Lüfter ab (Zero-RPM-Mode). Im kommenden Fedora 36 soll die Wayland-Session zum Standard werden, wenn der proprietäre Nvidia-Treiber in Gebrauch ist.

Der Grafiktreiber für die integrierte Grafikeinheit des Ryzen 5 5600G steckt im Linux-Kernel und wird automatisch ge-



Der proprietäre Nvidia-Treiber bietet jetzt auch Hardwarebeschleunigung mit XWayland. Das macht den optimalen PC attraktiv für Spieler, die einen modernen Linux-Desktop bevorzugen.

Gerätename	cttest-ubuntu >
Hardware-Modell	ASUS System Product Name
Speicher	15,5 GiB
Prozessor	AMD® Ryzen 5 5600x 6-core processor × 12
Grafik	NVIDIA GeForce RTX 3060 Ti/PCIe/SSE2
Festplattenkapazität	1,5 TB
Name des Betriebssystems	Ubuntu 21.10
Typ des Betriebssystems	64-bit
GNOME-Version	40.4.0
Fenstermanager	Wayland
Software-Aktualisierungen	>

Nach einigen Anpassungen rendert die RTX 3060 Ti die Benutzeroberfläche in einer Wayland-Session mit Ubuntu 21.10.

laden. Dessen sieben Radeon-Vega-Compute-Units dürften allerdings nur für anspruchslosere Titel und manche Indie-Spiele ausreichen.

Wayland-Abstriche

Der proprietäre Nvidia-Treiber hat zwar in Bezug auf Wayland große Fortschritte gemacht, bleibt aber in der Handhabung hakelig. Vollständige Feature-Parität bietet der Treiber in Wayland gegenüber einer X11-Session nicht. So gibt beispielsweise der Befehl `nvidia-settings` nur Fehlermeldungen aus und stellt ein leeres Fenster dar: Das Nvidia-Control-Center, das Nutzer mit Informationen versorgt und diverse Einstellungen, etwa zu variabler Bildrate bietet, fehlt. Außerdem funktioniert die hardwarebeschleunigte Videowiedergabe mit VDPAU nicht. Wer darauf angewiesen ist, muss mit dem X11-Modus von Gnome Vorlieb nehmen, der sich im Anmeldebildschirm über die Zahnrad-Schaltfläche in der unteren rechten Ecke anwählen lässt.

Sie installieren den proprietären Nvidia-Treiber am einfachsten, indem Sie bei der Installation der Distribution Softwarequellen von Dritten aktivieren. Nachdem Sie das System auf den neuesten Stand gebracht haben, führen Sie in Fedora Workstation 35 den Befehl `sudo dnf install nvidia-akmod` aus. In Ubuntu 21.10 installieren Sie den Treiber am einfachsten über das Menü „Zusätzliche Treiber“. Das Menü lässt Ihnen die Wahl zwischen der Version 470, die Ubuntu mit dem Label

Optimaler PC 2022: Messwerte unter Linux

Variante	Unigine Valley (OpenGL, Full-HD, 4x AA, High) [fps]	Unigine Superposition (OpenGL, Full-HD, Medium) [fps]	Shadow of the Tomb Raider (OpenGL, Full-HD, High) [fps]	kcbench (Linux 5.15, defconfig) [s]	Leistungsaufnahme (Leerlauf / CPU-Last) [W]
Ryzen 5 5600G (iGPU)	16	15	16	120	17 / 88
Ryzen 5 5600X + Nvidia RTX 3060 Ti	94	136	144	100	46 / 114

„tested“ versieht, und der aktuellsten Version 495. Auf unserem Testsystem ist Ubuntu 21.10 nach einem Neustart wieder auf den Software-Renderer zurückgefallen. Sie beheben das Problem, indem Sie folgendes Paket installieren:

```
sudo apt install \
libnvidia-egl-wayland1
```

Anschließend fügen Sie folgenden Kernel-Parameter zu Ihrer Grub-Konfigurationsdatei in Verzeichnis `/etc/default/grub` hinzu:

```
GRUB_CMDLINE_LINUX="
nvidia-drm.modeset=1"
```

Nach einem weiteren Neustart rendert die Nvidia RTX 3060 Ti die Desktopoberfläche.

Vorsicht bei Dual-Boot-Systemen mit Windows: Wenn Sie im UEFI-BIOS des Asus-Mainboards den Secure-Boot-Modus „Windows UEFI“ einstellen, schiebt das dem proprietären Nvidia-Kernel-Modul einen Riegel vor, weil es nicht signiert ist. Fedora Workstation 35 zeigt dann beim Systemstart die Fehlermeldung:

```
NVIDIA kernel module missing.
Falling back to nouveau
```

Ubuntu 21.10 fällt lautlos auf den freien Treiber nouveau zurück. Es gibt zwar die Möglichkeit, das Nvidia-Kernel-Modul mittels Machine Owner Key (MOK) selbst

zu signieren (siehe ct.de/yrde), aber das Verfahren ist aufwendig und muss mit jeder neuen Kernel-Version wiederholt werden. Für Windows 11 muss Secure Boot nicht aktiviert sein. Die Zertifizierung von Windows 11 erfordert lediglich, dass die Option im UEFI-BIOS vorhanden ist. Stellen Sie den Secure-Boot-Modus also in diesem Fall auf „Other OS“.

Fazit

Auch wenn man je nach Konfiguration und Anwendungsfall von einigen Handgriffen nicht verschont bleibt, macht der optimale PC Spaß im Linux-Betrieb. Die Basisvariante mit Ryzen 5 5600G schlägt sich auch ohne eigenes Zutun gut. Wer mehr Power braucht, etwa um moderne 3D-Titel zu spielen, greift zur Gaming-Variante. Die erfordert unter Umständen mehr Arbeit, aber unser Praxistest zeigt, dass Nvidia-Grafikkarten mit Wayland inzwischen kein rotes Tuch mehr sind. Bis alle Features von X11 reibungslos unter Wayland mit Nvidia-Karten laufen, dürfte jedoch noch etwas Zeit vergehen.

(ndi@ct.de) 

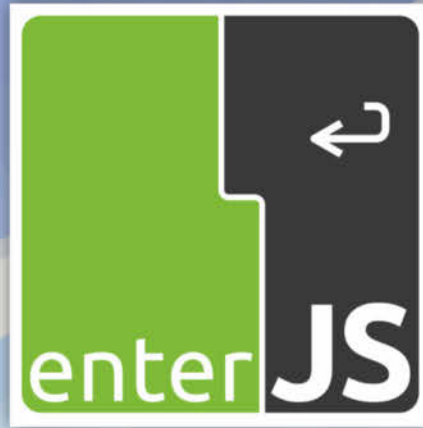
Literatur

- [1] Christian Hirsch, Allrounder mit Potenzial für mehr, Bauvorschlag für einen leisen Allround-PC mit Ryzen-5000-Prozessor, c't 24/2021, S. 22
- [2] Thorsten Leemhuis, Fast gut, Linux auf dem optimalen PC 2021, c't 3/2021, S. 158

Weiterführende Links, Forum zum optimalen PC: ct.de/yrde

Teile Ryzen-Allrounder

Komponente	Produkt
Prozessor	AMD Ryzen 5 5600G boxed (100-100000252BOX)
CPU-Kühler	Scythe Mugen 5 [Rev. B] (SCMG-5100)
Mainboard	Asus TUF Gaming B550-Plus (Wi-Fi) (90MB15D0-M0EAY0)
Speicher	2 × Crucial DIMM 8GB, DDR4-3200, CL22-22-22 (CT8G4DFFRA32A)
SSD	Samsung SSD 980 1 TByte (MZ-V8V1T0BW)
Gehäuse	be quiet! Pure Base 600 schwarz, schallgedämmt (BG021)
Lüfter	be quiet! Pure Wings 2, 120mm PWM (BL039)
Netzteil	Seasonic Core GM 500W (SSR-500LM / CORE-GM-500)
Gaming-Variante	
Prozessor	AMD Ryzen 5 5600X boxed
Grafikkarte	Nvidia GeForce RTX 3060 Ti Founders Edition



Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

22. und 23. Juni 2022 – Darmstadt

Programm
kommt
Mitte Februar

www.enterjs.de

Zusätzlicher Online-Thementag: Svelte Day, 10. März 2022

Veranstalter



 heise **Developer**

 dpunkt.verlag

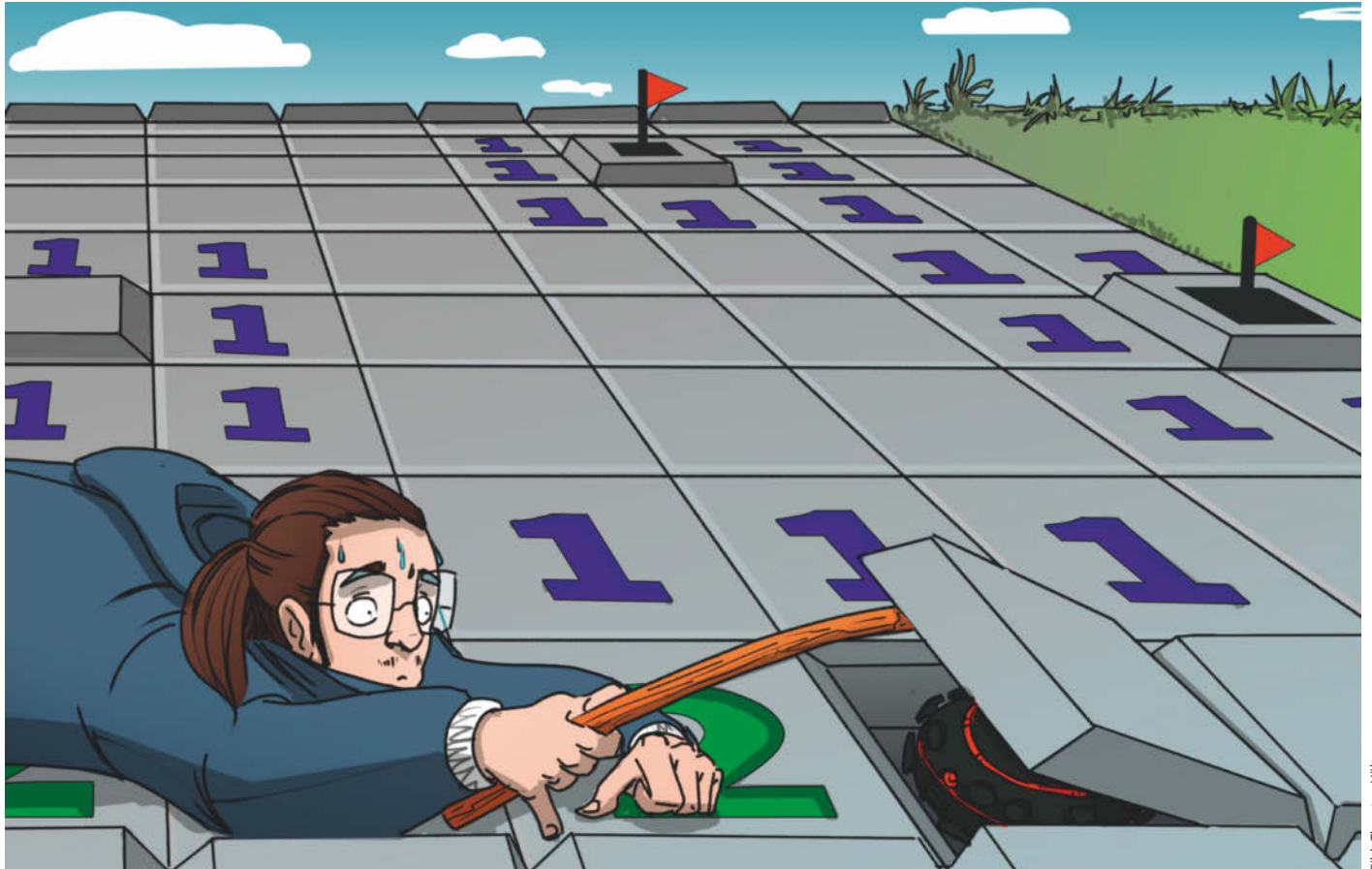


Bild: Thorsten Hübner

Nummer sicher!

Benutzereingaben in Bash-Skripten überprüfen

Im Alltag steht oft Geschwindigkeit über Gründlichkeit, weshalb Benutzereingaben in Shell-Skripten meist ungeprüft übernommen werden. Dabei bietet die Standard-Linux-Shell Bash viele Methoden, mit denen Sie leicht Bedienfehler vermeiden können. Ein Minesweeper-Spiel veranschaulicht, wie Sie mit Sicherheit programmieren.

Von Mirko Dölle

Admins sind Profis, die wissen schon, was sie tun. Berühmte letzte Worte, bevor das Dokumente-Verzeichnis versehentlich auf den Stand des vergangenen Monats zurückversetzt wurde, weil man beim Aufruf des selbst gestrickten Backup-Skripts versehentlich Quelle und Ziel vertauscht hat. Shell-Skripte sind im Alltag schnell geschrieben, für vermeintlichen Kleinkram wie die Überprüfung von Benutzereingaben nimmt man sich aber nur selten Zeit. Dabei bietet die Bash viele wenig aufwendige Methoden, sichere Shell-Skripte zu schreiben. Eine verbesserte Version unseres Shell-Minesweeper-Spiels, anhand dessen wir in [1] die Grundlagen der Bash-Program-

mierung veranschaulicht haben, liefert Ihnen viele Beispiele, die Sie für Ihren Alltag kopieren und anpassen können.

Das ursprüngliche Minesweeper-Skript aus [1] hat die grundlegenden Strukturen eines Shell-Skripts wie Bedingungen, Schleifen und Funktionen gezeigt. Als Datenhalde für den aktuellen Spielstand dient das eindimensionale Array `mine[]`,

in dem der Zustand jedes einzelnen Felds Zeile für Zeile gespeichert ist. So lässt sich die Beschränkung umschiffen,

dass die Bash keine mehrdimensionalen Arrays beherrscht. Das erleichtert die Initialisierung der Spielfelder mit Fragezeichen, die noch nicht aufgedeckte Felder symbolisieren:



```
declare -a mine
for ((i=0;
    ${i}<${w}*${h};
    i++)) do
    mine[${i}]="?"
done
```

Die Variablen `w` für die Breite der Zeilen, `h` für die Anzahl der Zeilen sowie `n` für die Zahl der Minen auf dem Spielfeld wurden im ursprünglichen Skript aus den drei Kommandozeilenparametern ermittelt, mit denen der Minesweeper aufgerufen werden musste, etwa `perminesweeper 8 4 10` für ein Spiel mit 32 Feldern und 10 Minen:

```
w=${1}
h=${2}
n=${3}
```

Drum prüfe ...

Wer das nicht beachtete und den Minesweeper ohne die notwendigen Parameter in der richtigen Reihenfolge startete, wurde mit einem Syntaxfehler in die Irre geführt. Ein Syntaxfehler ist üblicherweise ein Hinweis auf einen Programmierfehler und lässt kaum vermuten, dass ein Bedienfehler vorliegt. Dabei lässt sich mit wenigen Zeilen bereits überprüfen, ob das Skript wie gefordert mit drei Parametern aufgerufen wurde – und falls nicht eine Hilfestellung geben:

```
if [ -z "${3}" ]; then
    echo "Usage: ${0} <Breite>\\"
        "<Höhe> <Minenanzahl>"
    exit 1
fi
```

Eine solche Prüfung ist allerdings kaum mehr als ein Feigenblatt: Das Programm akzeptiert damit selbst den Einkaufszettel für den Supermarkt und steigt schlimmstenfalls wieder mit Syntaxfehlern aus. Mit dem Bash-internen Befehl `getopts` können Sie die mitgelieferten Parameter leicht im Detail untersuchen und falsche oder unbekannte Optionen zurückweisen. Hier ein Beispiel, das bei der Angabe von `-h` ausgibt, wie das Skript aufzurufen ist, und falsche Parameter weist:

```
while getopts "h" opt; do
    case ${opt} in
        h)
            echo "Usage: ${0} [-h]"
            exit 0
```

c't kompakt

- Wie Sie in Shell-Skripten Kommandozeilenparameter verarbeiten.
- Reguläre Ausdrücke überprüfen die Eingaben von Benutzern.

```
esac
done
```

Der erste Parameter von `getopts` definiert, welche Kommandozeilenparameter erlaubt sind und wie diese aussehen. Mit der Angabe von `"h"` darf das Skript mit dem Parameter `-h` aufgerufen werden, weitere Angaben hinter dem Parameter sind nicht erlaubt. Der zweite Parameter von `getopts` ist der Name der Variablen, in der der erkannte Kommandozeilenparameter gespeichert wird – in diesem Fall die Variable `opt`.

Die `while`-Schleife ist erforderlich, weil `getopts` einen Kommandozeilenparameter nach dem anderen abrufen. Wurden alle verarbeitet, endet die Schleife. Im Schleifenrumpf erfolgt die Auswertung, welchen Parameter `getopts` erkannt hat – der entsprechende Buchstabe steht in der Variablen `opt`. Findet `getopts` einen Parameter, der nicht in der Liste vorgesehen ist, beschwert es sich mit der Fehlermeldung „Ungültige Option“, arbeitet aber weiter. Wenn Sie eine eigene Fehlermeldung ausgeben und daraufhin etwa das Programm beenden wollen, müssen Sie `getopts` in den stillen Modus schalten. Dazu stellen Sie dem ersten Parameter einen Doppelpunkt voran und fügen eine eigene Fehlerbehandlung in der `case`-Anweisung ein:

```
while getopts ":h" opt; do
    case ${opt} in
        h)
            echo "Usage: ${0} [-h]"
            exit 0
            ;;
        \?)
            echo "Unbekannt: -${OPTARG}"
            exit 1
    esac
done
```

Stößt `getopts` auf einen nicht beschriebenen Parameter, so landet ein Fragezeichen in der Variablen `opt` und der Parameter, den der Fehler ausgelöst hat, in der Variablen `OPTARG`. So können Sie dem Anwender gleich

mitteilen, welche Option fehlerhaft ist. Damit der Minesweeper künftig die Anzahl der Minen mit dem Parameter `-n` gefolgt von der Zahl übergeben bekommt, ergänzen Sie die Parameterauswertung weiter:

```
while getopts ":hn:" opt; do
    case ${opt} in
        ...
        n)
            n=${OPTARG}
            ;;
        ...
    esac
done
```

Die früheren Code-Beispiele waren stets vollständig lauffähig, das letzte ist es nicht: Um Ihnen den Blick für das Wesentliche zu erleichtern, enthält das Listing Auslassungen, die mit drei Punkten angedeutet sind. Im letzten Beispiel fehlen hier die Behandlung von `-h` und die Fehlerbehandlung. Neu ist der Optionen-String `":hn:"` als erster Parameter von `getopts`: Mit `"n:"` legen Sie fest, dass der Parameter `-n` einen zusätzlichen Wert erwartet – konkret die Anzahl der Minen. Diesen Wert kopiert `getopts` in die Variable `OPTARG`; in der `case`-Anweisung wird er schließlich in die Variable `n` übertragen.

Regelrecht

Nun kann zwar nur noch ein Wert in der Variablen `n` landen, es ist aber weiterhin ungeprüft, ob es sich wie verlangt um eine Zahl handelt und nicht etwa um eine Zeichenkette. Die Überprüfung muss also noch ausgebaut werden. Dazu kommen reguläre Ausdrücke ins Spiel:

```
...
n)
    if
        [[ ${OPTARG} =~ ^[0-9]+$ ]];
    then
        n=${OPTARG}
    else
        echo "${OPTARG} ist keine Zahl"
        exit 1
    fi
    ;;
...

```

Die doppelten eckigen Klammern `[[...]]` sind sogenannte zusammengesetzte Befehle, deren Exit-Status 0 oder 1 ist – wobei in der Bash generell ein Rückgabewert von 0 für wahr und größer als Null für falsch steht. Innerhalb der Klammern

steht der Operator `==` hinter der Variablen `OPTARG` – was bedeutet, dass die Angabe rechts des Operators als regulärer Ausdruck interpretiert und auf `OPTARG` angewendet wird.

Wichtig ist, dass Sie diesen regulären Ausdruck nicht in Hochkommata oder Anführungszeichen einschließen, hier darf ausschließlich der POSIX-konforme reguläre Ausdruck stehen. Die Bedeutung können Sie anhand der Tabelle „Reguläre Ausdrücke: Die wichtigsten Pattern“ entschlüsseln: Der reguläre Ausdruck passt nur auf Zeichenketten, die mit einem oder mehreren (+) Zeichen zwischen 0 und 9 ([0-9]) beginnen (^) und enden (\$). Das sind ganze Zahlen ohne Vorzeichen. Damit ist sichergestellt, dass in `n` lediglich eine Ganzzahl stehen kann – in allen anderen Fällen bricht das Programm mit einer Fehlermeldung ab.

Die Kommandozeilenparameter werden in der Reihenfolge ausgewertet, in der sie der Anwender eingegeben hat. Allerdings beherrscht `getopts` nur einen zusätzlichen Wert pro Parameter. Damit man Breite und Höhe des Minesfelds festlegen kann, müssten Sie analog zu `-n` zwei weitere Parameter einführen, etwa `-x` und `-y`. Allerdings bietet `getopts` keine Möglichkeit festzulegen, dass beide Parameter nur gemeinsam genutzt werden dürfen. Die praktische Lösung ist, Breite und Höhe als gemeinsamen Wert etwa in der Form `8x4` mit nur einem Parameter einzulesen, wir haben uns für `-s` entschieden:

```
while getopts ":hn:s:" opt; do
  case ${opt} in
    ...
    s)
      if [[ ${OPTARG} =~ ^[0-9]+x[0-9]+$ ]]; then
        w=${OPTARG%*x*}
        h=${OPTARG##*x}
      else
        echo "Ungültige Feldgröße"
        exit 1
      fi
    ;;
    ...
  esac
done
```

Das Beispiel enthält gleich zwei Neuerungen, einen komplexeren regulären Ausdruck und zwei String-Operatoren. Der reguläre Ausdruck `^[0-9]+x[0-9]+$` prüft analog zu `-n`, ob der Wert hinter `-s` aus zwei Ganzzahlen ([0-9]+) besteht, die mit einem

x voneinander getrennt sind. Um ein Spiel mit 10 Minen in 32 Feldern zu starten, können Sie das Skript nun mit dem Kommando `minesweeper -n 10 -s 8x4` aufrufen.

Das Trennzeichen `x` zwischen Höhe und Breite haben wir willkürlich ausgewählt, Sie könnten genauso gut Komma, Punkt, Semikolon oder Doppelpunkt verwenden – müssten dann aber nicht nur den regulären Ausdruck ändern, sondern auch die beiden String-Operationen.

Musterhaft

Die String-Operation `${OPTARG%x*}` bewirkt, dass das Muster `x*` am Ende des Variablenwerts entfernt wird. Von `8x4` bleibt also nur `8` übrig. Die Operation `${OPTARG#*x}` arbeitet ähnlich, sie entfernt das Muster `*x` am Anfang der Zeichenkette – aus `8x4` wird somit `4`. Kommt das gesuchte Muster nicht in der Zeichenkette vor, liefert die String-Operation den unveränderten Wert zurück. Das kann hier aber nicht passieren, schließlich haben Sie die korrekte Eingabe zuvor bereits überprüft. Eine Auswahl der wichtigsten String-Operationen der Bash finden Sie in der Tabelle „Wichtige String-Operationen“.

Da Sie wie bereits erwähnt mittels `getopts` nicht erzwingen können, dass Ihr Programm in jedem Fall mit bestimmten Kommandozeilenoptionen gestartet wurde, sollten Breite, Höhe und Minenanzahl mit Standardwerten belegt werden für den Fall, dass einzelne Kommandozeilenparameter fehlen. So sind im einfachsten Fall gar keine Parameter zum Aufruf des Minesweepers mehr nötig. Dazu können Sie die String-Operation `${var:=text}` nutzen, die Werte nur dann zuweist, falls die betreffende Variable `var` noch nicht existiert oder leer ist:

```
while getopts ":hn:s:" opt; do
  case ${opt} in
    ...
  esac
done

: ${w:=8}
: ${h:=8}
: ${n:=10}
```

Entscheidend sind die Doppelpunkte vor den drei String-Operationen: Der Doppelpunkt anstelle eines Befehls dient in der Bash als No-Op-Kommando – also als Befehl, der nichts bewirkt. Wie bei jedem anderen Befehl wertet die Bash sämtliche Parameter aus, weshalb die String-Operation `:=` angewendet und so, falls noch nicht initialisiert, den Variablen `w`, `h` und `n` Standardwerte zugewiesen werden. Ohne den Doppelpunkt würde sich die Bash zu Recht beschweren, dass sie das Kommando `8` respektive `10` nicht finden könne.

Aber logisch

Die bisherige Überprüfung der Eingaben verhindert aber nicht, dass der Anwender Unmögliches verlangt – etwa mehr Minen zu verstecken, als es Felder gibt. Nachdem Sie die Variablen `w`, `h` und `n` bei Bedarf mit Standardwerten versehen haben, können Sie solche unsinnigen Aufrufe mit einer logischen Prüfung leicht abfangen:

```
if [ ${w}*${h} -le ${n} ]; then
  echo "Zu viele Minen."
  exit 1
fi
```

Durch Überprüfungen nach dem gleichen Muster können Sie auch verhindern, dass der Anwender gar keine Minen oder viel zu große Spielfelder angibt.

Wichtige String-Operationen

Operation	Bedeutung
<code>\${#var}</code>	Länge von <code>\${var}</code> (Variablenwert) in Zeichen
<code>\${var:-text}</code>	"text", wenn <code>var</code> leer ist oder nicht existiert, sonst <code>\${var}</code>
<code>\${var:+text}</code>	"", falls <code>var</code> leer ist oder nicht existiert, sonst "text"
<code>\${var:=text}</code>	<code>var="text"</code> falls <code>var</code> leer ist oder nicht existiert, sonst <code>\${var}</code>
<code>\${var:offset:länge}</code>	<code>\${var}</code> ab Position <code>offset</code> vom Anfang (wenn negativ: vom Ende) mit (optional) <code>länge</code> Zeichen
<code>\${var:#muster}</code>	<code>\${var}</code> ohne <code>muster</code> am Anfang (minimale Übereinstimmung)
<code>\${var:##muster}</code>	<code>\${var}</code> ohne <code>muster</code> am Anfang (maximale Übereinstimmung)
<code>\${var:%muster}</code>	<code>\${var}</code> ohne <code>muster</code> am Ende (minimale Übereinstimmung)
<code>\${var:%%muster}</code>	<code>\${var}</code> ohne <code>muster</code> am Ende (maximale Übereinstimmung)
<code>\${var/muster}</code>	<code>\${var}</code> ohne das erste <code>muster</code>
<code>\${var//muster}</code>	<code>\${var}</code> ohne alle <code>muster</code>
<code>\${var/muster/text}</code>	<code>\${var}</code> , wobei das erste <code>muster</code> durch <code>text</code> ersetzt wurde
<code>\${var//muster/text}</code>	<code>\${var}</code> , wobei alle <code>muster</code> durch <code>text</code> ersetzt wurden

Hoch hinaus...

Wie Cloud-Dienste die Arbeit erleichtern

**Heft + PDF
mit 29 % Rabatt**



Das c't-Sonderheft zeigt Ihnen Wege, wie Sie sich die Arbeit mit Servern aus der Cloud erleichtern und Neues ausprobieren können:

- Einstieg in Cloud-Konzepte und -Software
- Hilfreiche Dienste für Cloud-Server
- Mit Go für fast alle Plattformen programmieren
- Für Abonnenten portofrei
- Auch im Set mit Heft + PDF + Buch „Go – Das Praxishandbuch“

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



shop.heise.de/ct-cloud21

Reguläre Ausdrücke: Die wichtigsten Pattern

Zeichen	Bedeutung
.	ein einzelnes beliebiges Zeichen
(...)	Gruppe von Elementen
... ...	Oder-Verknüpfung
Zeichengruppen	
[0-9A-F]	benutzerdefiniert, 0 bis 9, A bis F, ^ invertiert die Gruppe
\d	Ziffer, entspricht [0-9]
\D	keine Ziffer, entspricht [^0-9]
\w	alphanumerisches Zeichen, entspricht [a-zA-Z0-9_]
\W	kein alphanumerisches Zeichen, entspricht [^a-zA-Z0-9_]
\s	Whitespace, z. B. Leerzeichen, Tabulator, Return
\S	kein Whitespace
Quantifier	
?	keinmal oder einmal
*	keinmal oder beliebig oft
+	mindestens einmal
{n,m}	mindestens n-mal, höchstens m-mal
Position	
^	Zeilenanfang
\$	Zeilenende

Mithilfe weiterer String-Operationen lässt sich das ursprüngliche Minesweeper-Skript vereinfachen und verbessern, etwa bei der Ausgabe. Bislang oblag die Ausgabe des Minesfelds der Funktion `showmatrix()`, die auf Wunsch die Minen durch Fragezeichen ersetzte, um ihre Position nicht zu verraten:

```
function showmatrix () {
    local x y e
    for ((y=0; ${y}<${h}; y++)) do
        for ((x=0; ${x}<${w}; x++)) do
            e="${mine[${y}]*${w}+${x}]"
            echo -n "${e/${1}/${2}}"
        done
        echo
    done
}
```

Weitere Ersetzungen waren nicht möglich, weshalb auf Feldern, um die herum sich keine Mine befindet, eine 0 stand. Das verwirrt jedoch, der Original-Minesweeper von Microsoft Windows hingegen hat dann lediglich ein leeres Feld angezeigt. Dazu müsste das Skript aber neben den Minen auch noch 0 maskieren.

In Serie

Die einfachste Lösung ist, das Minesfeld-Array für die Ausgabe in eine Zeichenkette ohne Trennzeichen umzuwandeln. Dazu bedienen Sie sich einer Sonderform der Array-Ausgabe. Mit

```
echo "${mine[*]}"
```

werden sämtliche Elemente des Arrays `mine` hintereinander ausgegeben. Entscheidend dafür ist, dass `${mine[*]}` hier in Anführungszeichen steht. Allerdings wird dabei das erste Zeichen der Variablen IFS als Trennzeichen zwischen die einzelnen Werte eingesetzt. Ist IFS leer, gibt es wie gewünscht kein Trennzeichen:

```
function getMatrix() {
    local IFS=''
    echo "${mine[*]}"
}
```

Wichtig ist, dafür eine eigene Funktion zu schreiben und darin IFS als leere lokale Variable zu definieren. Damit bleibt die globale Variable IFS unangetastet, die von etlichen Bash-Funktionen benutzt wird, um etwa Parameter voneinander zu trennen. Nachdem Sie das Minesfeld als Zeichenkette in einer Variablen gespeichert haben, können Sie leicht die Minen und Felder mit einer Null maskieren:

```
m=$(getMatrix)
m=${m//\/*/?}
m=${m//0/ }
showMatrix "${m}"
```

Dabei wird die Variable `m` mit der „gierigen“ Variante der Suchen-Ersetzen-Operation, `${var//maske/text}`, behaftet, die sämtliche Vorkommen des Suchmusters ersetzt – in diesem Beispiel Sternchen durch Fragezeichen, um Minen zu verstecken, und Null durch Leerzeichen für

mehr Übersicht. Anschließend gibt die neue Funktion `showMatrix()` das Spielfeld aus:

```
function showMatrix() {
    local y
    for ((y=0; ${y}<${h}; y++)) do
        echo "${1:${y}*${w}:${w}}"
    done
}
```

Die Funktion nutzt die sogenannte Sub-String-Operation `${var:offset:länge}`, um jeweils ganze Zeilen des Spielfelds herauszuschneiden und dann auszugeben, anstatt sich wie früher von Feld zu Feld zu hangeln. Dabei ist die arithmetische Operation `${y}*${w}` nicht in `${(.(.))}` eingeschlossen, wie man eigentlich erwarten könnte. Das ist hier nicht erforderlich (aber auch nicht verboten), da die Bash an dieser Stelle ohnehin einen numerischen Ausdruck erwartet.

Auf die Finger geschaut

Um ein Skript abzusichern, müssen Sie nicht nur Kommandozeilenparameter, sondern idealerweise sämtliche Eingaben des Benutzers überprüfen, bevor Sie sie verarbeiten. Beim Minesweeper betrifft dies auch Tastatureingaben, mit denen man angibt, welches Feld als nächstes aufgedeckt werden soll. Das ursprüngliche Minesweeper-Skript aus [1] benutzte `read`, um X- und Y-Koordinate unmittelbar abzufragen:

```
echo -n "x y "
read x y
```

Das neue Minesweeper-Skript nutzt stattdessen die Funktion `readCommands()`, hier ein Auszug:

```
function readCommands() {
    local x y line
    read -p '> ' line
    ...
}
```

Der wesentliche Unterschied: Die Funktion liest die komplette Eingabe in eine einzelne Variable. Diese können Sie anschließend mit einem regulären Ausdruck überprüfen:

```
if [[ ${line} =~ ^[0-9]+\ [0-9]+$ ]]; then
    ...
else
```

```
echo "Fehlerhafte Koordinate"
read
fi
```

Der reguläre Ausdruck ähnelt dem, der bereits für den Kommandozeilenparameter `-s` benutzt wurde – das Trennzeichen ist in diesem Fall aber ein Leerzeichen. Die Besonderheit: Die Bash erwartet nur ein Wort als regulären Ausdruck, jedes Trennzeichen aus der Variablen `IFS` beendet also den regulären Ausdruck – das sind standardmäßig Leerzeichen, Tabulatoren und Zeilenumbrüche. Da Sie den regulären Ausdruck nicht in Hochkommas oder Anführungszeichen einschließen dürfen, weil diese als Teil des regulären Ausdrucks gewertet würden, müssen Sie das Leerzeichen in dem regulären Ausdruck durch einen Backslash schützen.

Ist sichergestellt, dass der Benutzer zwei durch Leerzeichen getrennte Ganz-

zahlen eingegeben hat, dürfen Sie diese gefahrlos mit `read x y` aus der Variablen `line` einlesen, so wie es das ursprüngliche Minesweeper-Skript direkt von der Tastatur tat:

```
read x y <<< ${line}
```

Der Rest der Funktion `readCommands()`, die Sie im Listing unten vollständig abgedruckt sehen, entstammt fast unverändert dem ersten Minesweeper-Skript. Das Listing zeigt allerdings nur einen Auszug aus dem neuen Minesweeper-Skript mit den interessantesten Stellen. Das vollständige Skript erhalten Sie auf ct.de/yegc zum Download.

Fazit

Das Minesweeper-Beispiel zeigt, dass Sie bestehende Skripte nicht völlig umkrempeln müssen, um alle Benutzereingaben auf Herz und Nieren zu überprüfen, bevor

Sie sie verarbeiten. Meist genügt es, ein paar zusätzliche Abfragen oder Funktionen einzubauen. Der größte Aufwand ist, die passenden regulären Ausdrücke zu formulieren. Dabei helfen Seiten wie regex101.com, auf der Sie reguläre Ausdrücke ausprobieren können. Bei sehr unterschiedlichen zulässigen Eingaben ist es oft einfacher, mehrere sehr spezifische reguläre Ausdrücke zu überprüfen, anstatt alle Eventualitäten in einem einzigen regulären Ausdruck zusammenzufassen. Denn komplexe reguläre Ausdrücke bieten oft mehr unerwünschte Matches, als man auf den ersten Blick erkennt.

(mid@ct.de) 

Literatur

- [1] Mirko Dölle, Schritt für Schritt zum Skript, Einführung in die Bash-Programmierung, c't 2/2021, S. 150

Minesweeper-Skript: ct.de/yegc

Minesweeper für die Bash (Auszug)

```
declare -a mine
function checkMargins() { ... }
function mineCount() { ... }
function fieldCount() { ... }
function getField() { ... }
function showField() { ... }
function getMatrix() { ... }
function showMatrix() { ... }
function showUsage() { ... }

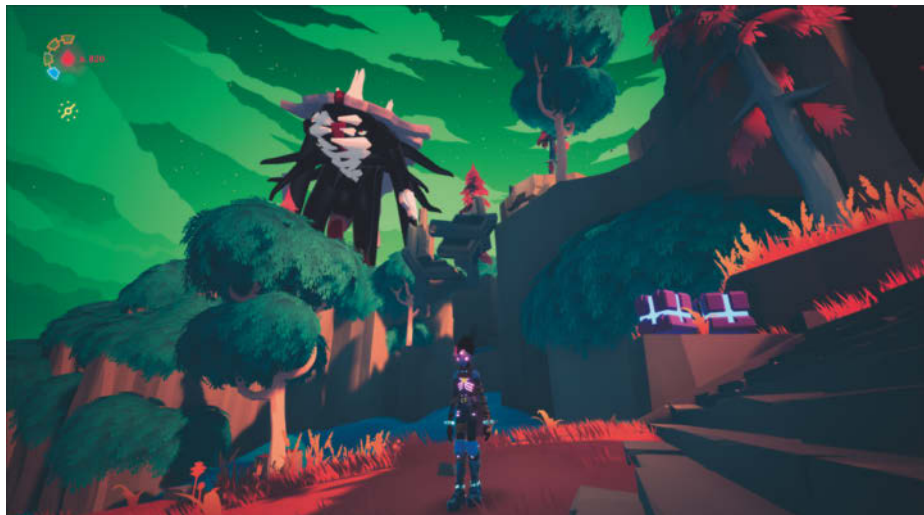
function readCommands() {
    local x y line
    read -p '>' line
    if [[ ${line} =~ ^[0-9]+\ [0-9]+$ ]]; then
        read x y <<< ${line}
        if checkMargins "$x" "$y"; then
            if [ "${mine[${x}]*${w}+${x}]" == '*' ]; then
                mine[${x}]*${w}+${x}='X'
                clear
                echo "Boom!"
                showMatrix "$(getMatrix)"
                exit 0
            else
                showField ${x} ${y}
            fi
        else
            echo "Fehlerhafte Koordinate"
            read
        fi
    fi
}

while getopts ":hn:s:" opt; do
    case ${opt} in
        h)
            showUsage ${0}
            exit 0
            ;;
        n)

```

```
if [[ ${OPTARG} =~ ^[0-9]+$ ]]; then
    n=${OPTARG}
else
    showUsage ${0}
    exit 1
fi
;;
s)
    if [[ ${OPTARG} =~ ^[0-9]+x[0-9]+$ ]]; then
        w=${OPTARG%x*}
        h=${OPTARG#*x}
    else
        showUsage ${0}
        exit 1
    fi
    ;;
\?)
    echo "Unbekannte Option -${OPTARG}"
    showUsage ${0}
    exit 1
esac
done

: ${w:=8}
: ${h:=8}
: ${n:=10}
...
while true; do
    clear
    if [ $(fieldCount '?') == 0 ]; then
        echo "Geschafft!"
        showMatrix "$(getMatrix)"
        break
    else
        echo "Noch $(fieldCount '?') Feld(er)"
    fi
    m=$(getMatrix)
    m=${m//\/*/?}
    m=${m//0/ }
    showMatrix "${m}"
    readCommands
done
```



Wolkengleiterin

Solar Ash: Einmal das Universum retten

Rei gleitet auf Kufen rasant durch farbenfrohe Welten, um deren Vernichtung durch ein Schwarzes Loch aufzuhalten. Schnelligkeit und Präzision sind in diesem melancholischen Indie-Game gefragt.

Von Andreas Müller

Am Rande des Universums geht es rund: Ein Schwarzes Loch droht alles um sich herum zu verschlingen. Eine geheimnisvolle Frau eilt durch allerlei skurrile Welten, um die Vernichtung aufzuhalten. Im Jump-&-Run-Spiel Solar Ash vom Entwicklerstudio Heart Machine muss man einen kühlen Kopf bewahren, um der Schwerkraft zu trotzen und der aberwitzigen Story zu folgen.

Rasantes Spektakel

Die Protagonistin Rei ist eine sogenannte Voidrunnerin. Auf ihren Kufen gleitet sie über den Planeten und hat nur ein Ziel: das Universum zu retten. Und dann versagt auch noch Reis Technik und ihre treue Computerpartnerin ist offline. Deshalb muss die Voidrunnerin zahlreiche Anoma-

lien zerstören, um die Datenbahnen zu reparieren. Am Ende dieser skurrilen und farbenprächtigen Abschnitte wartet ein riesiger Wächter, den sie besiegen muss, um weiterzukommen.

Solar Ash spielt im gleichen Universum wie das Action-RPG Hyper Light Drifter von Heart Machine. Auch hier ist die visuelle Umsetzung abstrakt, die Namen merkwürdig und Storyschnipsel schwanken zwischen skurrilem Humor und rätselhaften Andeutungen. Besonders am Anfang verwirren in Solar Ash Begriffe wie Ultravoids, Erzwurzenke oder Sternensaat. Erst am Ende der rund achsstündigen Spielzeit klärt sich so manches Geheimnis der melancholischen Geschichte.

Das Spielprinzip lässt sich auf eine simple Formel zusammenkürzen: gleiten, hüpfen und im richtigen Moment den Knopf drücken. Man steuert Rei aus der Schulterperspektive und gleitet mit ihr durch wolkenähnliche Straßen, alte Ruinen und merkwürdige Tempel. Es geht hoch hinaus und manchmal steht die Welt komplett Kopf. In einigen der fünf Abschnitte sprudeln Gift- und Lavaseen aus der Erde oder eine Handvoll Gegner muss mit gezielten Schlägen ausgeschaltet werden. Auf dieselbe Weise löscht man die schwarzen Anomalien aus: Unter Zeitdruck sprintet oder klettert man über

Wände, um rote Stellen zu erreichen, an denen man sie zerstören kann.

Einige Abgründe lassen sich nur mit einer Art Greifhaken überbrücken, der merkwürdigerweise Zeitschlupf genannt wird. Große Entfernungen legt Rei auf Schienen gleitend zurück. Rätsel gibt es nicht – jede Herausforderung lässt sich durch Tempo und Präzision lösen. Rei kann sich auch mit unterschiedlichen Anzügen ausrüsten, die sie in den einzelnen Welten findet. Sie bringen zwar ein paar Boni für ihren Zeitschlupf oder verdoppeln die Angriffsgeschwindigkeit, haben aber kaum Auswirkung auf das Spielgeschehen.

Der vermeintliche Höhepunkt jeder Welt ist ein Boss-Kampf. Ähnlich wie im Videospielklassiker Shadow of the Colossus muss sich Rei erst auf den Rücken dieser sogenannten Wächter schwingen und deren Rüstung zerstören. Dazu muss Rei von einem Punkt zum nächsten springen, bevor die Wächter ihren tödlichen Schutzschild reaktivieren. Obwohl diese Monster von einem fliegenden Tausendfüßler über einen riesigen Ritter bis zu einer Art Flugdrachen unterschiedliche Gestalten haben, sind die Kämpfe stets gleich. Die größte Herausforderung besteht in den präzisen Sprüngen, die in dieser Kameraperspektive nicht gerade einfach sind. Oft ist man eher damit beschäftigt, die Kameraperspektive auszurichten.

Fazit

Heart Machine inszeniert ein farbenprächtiges und rasantes Jump-&-Run-Game, dem spielerisch schnell die Luft ausgeht. Das schräge und beeindruckende Szenario kann nur kurz über das eintönige Spielprinzip hinwegtäuschen: Immer wieder müssen auf die gleiche Weise Anomalien beseitigt und Gegner besiegt werden. Eine träge Steuerung und unglückliche Kameraperspektiven erschweren zudem das Spielen unnötig. Spaß macht Solar Ash vor allem dann, wenn man sich ganz dem Tempo hingeben, durch die Landschaft gleiten und in der sonderbaren, aber visuell beeindruckenden Gedanken- und Bilderwelt versinken kann. (lmd@ct.de) **ct**

Solar Ash

Jump-&-Run-Spiel	
Vertrieb, URL	Annapurna Interactive, annapurnainteractive.com/games/solar-ash
Systeme	Windows, PlayStation 4/5
USK	ab 12 Jahre
Preis	40 €



Die Webinar-Serie von Heise

Kubernetes im professionellen Einsatz

Die Arbeit mit der wichtigsten **Container-Technik** meistern

Unsere Experten erklären Ihnen in fünf halbtägigen Webinaren u.a. Schritt für Schritt den Einsatz von Container-Techniken und Kubernetes und welche Sicherheitsaspekte es beim Einsatz von Kubernetes zu beachten gilt.

DIE TERMINE:

3. März 2022

Container in vier Stunden:
Docker und Co. leicht gemacht

10. März 2022

Kubernetes in der Praxis

17. März 2022

Monitoring für Kubernetes mit
Prometheus und Grafana

24. März 2022

Container- und Kubernetes-Security
in der Praxis

Fünf umfassende Online-Trainings zu Containerisierung und Kubernetes:

- Kubernetes von den Grundlagen bis zum Praxiseinsatz
- Die wichtigsten Tools und Techniken praxisnah erklärt
- 20 Stunden Profiwissen zu den wichtigsten Kubernetes-Themen

31. März 2022

Service-Meshes: Brauchen wir
sie wirklich?

Buchen Sie die komplette Serie mit dem heise-Academy-Abo

Einführungspreis:

495 €

pro Jahr

Erhalten Sie unter anderem Zugriff auf 100 Online-Trainings im Jahr. Mehr Infos unter: heise-academy.de

Einzelpreis: 169 €



JETZT ANMELDEN

<https://webinare.heise.de/kubernetes/>

Jetzt das Abo für die heise Academy buchen
und **über 350 €** im Vergleich zum Einzelkauf sparen.



Vergebene Chancen

Wie missverstandenes Vergaberecht staatliche IT-Projekte behindert

Für seine IT-Projekte muss der Staat bei der Beschaffung auf Wirtschaftlichkeit achten und sich ans Vergaberecht halten. Doch Kritiker bemängeln, dass Behörden dieses Recht nicht verstehen, dadurch Innovationen verhindern und am Bedarf vorbei einkaufen. Dabei zeigen Beispiele aus der Praxis, dass der Staat das Recht und seine Spielräume für sich ausnutzen und Fehlinvestitionen vermeiden kann.

Von Jan Mahn

Wenn der Staat einkauft, kann es gewaltig knirschen. Zweifelhafte behördliche Investitionen liefern viel Stoff für Lokalzeitungen und TV-Satiresendungen. Auch bei staatlichen IT-Projekten gibt es mancherorts kostenträchtige Fälle von Schildbürgertum. Als Schuldiger wird dann oft das (europäische) Vergaberecht gebrandmarkt: Es sei schuld daran, dass der Staat vielerorts zu langsam und vor allem immer wieder das Falsche einkauft, dass Schulen nicht zügig digital ausgestattet werden und Software der Verwaltung schon veraltet ist, wenn sie endlich einsatzbereit ist. Zwingt das Gesetz die staatlichen Einkäufer wirklich zu schlechten Investitionsentscheidungen? Das wäre ein handfestes politisches Problem, denn Geldverschwendung kann nicht im Interesse des Gesetzgebers sein.

Dieser Artikel soll all jenen Orientierung bieten, die auf beiden Seiten des Behördenschreibtischs – als Behördenmitarbeiter oder Anbieter – mit Vergabeverfahren im IT-Bereich zu tun haben, und mit Mythen und Missverständnissen aufräumen. Wenn sich schlecht geplante und durchgeführte Vergaben häufen, ist das auch ein Problem der Politik – denn die Ergebnisse vieler Beschaffungen haben direkte Auswirkungen auf die Bürger; mehr dazu im Kommentar auf Seite 174.

Im Rahmen der Recherche sprachen wir mit Rechtsanwalt Harald Nickel. Der Hanauer vertritt seine Mandanten, darunter mehrere Städte, bundesweit bei öffentlichen Bau- und Beschaffungsprojekten, lehrt europäisches Vergaberecht an der Hochschule Darmstadt und fordert von Behörden mehr Mut bei Vergabeverfahren.

Seine Prognose zu staatlichen Digitalprojekten nach den Erfahrungen mit der Pandemie: „Alle werden jetzt losrennen und Dinge digitalisieren, aber sie werden bei der Vergabe die ausgetretenen Pfade beschreiten.“ Welche Pfade das sind und wo es speziell für Digitalinvestitionen bessere Wege gibt, zeichnet das Folgende nach.

Rechtliche Grenzen

Privatpersonen, Vereine und private Unternehmen, die ihr eigenes Geld ausgeben, können Geschäfte mit Partnern machen, denen sie vertrauen oder die ihnen sympathisch sind. Sie können ihre Ware auch immer beim selben Lieferanten einkaufen, selbst wenn ein anderer nur die Hälfte des Preises verlangt – es besteht Abschluss- und Partnerwahlfreiheit. Behörden auf Kommunal-, Landes- und Bundesebene sowie staatliche Unternehmen haben diese Freiheit nicht. Schließlich geben sie nicht ihr eigenes Geld aus, sondern arbeiten mit dem Geld der Bürger. Gleich mehrere Gesetze und Verordnungen regeln daher, wie der Staat einkaufen darf: allen voran das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) und mehrere Verordnungen. Daraus lassen sich sechs zentrale Grundsätze und Gebote destillieren, an die sich staatliche Einkäufer halten sollen:

- Wettbewerbsgrundsatz
- Wirtschaftlichkeitsgebot
- Gleichbehandlungsgebot (Diskriminierungsverbot)
- Verhältnismäßigkeitsgebot
- Transparenzgebot

Der Wettbewerbsgrundsatz soll die Wirtschaftlichkeit der Beschaffung garantieren: Wenn möglichst viele Marktteilnehmer an Vergaben teilnehmen, ist wahrscheinlich das bestmögliche Angebot dabei und der Staat kommt möglichst wirtschaftlich (nicht zu verwechseln mit „billig“) an die Leistungen und Waren. Haushaltsmittel sollen schließlich sparsam verwendet werden. Zugleich muss der Staat alle Beteiligten gleich behandeln, darf also niemanden bevorzugen oder diskriminieren. Wer gleiche Leistungen anbietet, darf gleiche Behandlung erwarten. Bei großen Aufträgen kommt in dem Zusammenhang noch das europäische Recht ins Spiel – ein Anbieter darf nicht deshalb benachteiligt werden, weil er aus einem anderen EU-Land kommt. Die Forderung nach Verhältnismäßigkeit besagt: Der Staat darf nur Geld ausgeben, wenn die Investition einem legitimen Zweck dient,

die Maßnahme geeignet, erforderlich und angemessen ist. Bevor der Staat einen Auftrag vergibt, muss es also einen Bedarf geben, der durch die Investition befriedigt werden kann. Die Forderung nach Transparenz schließlich sichert die anderen Punkte ab. Es genügt nicht, dass ein Sachbearbeiter geheime Notizen macht. Die Verantwortlichen müssen ihr Vorgehen transparent machen, überprüfbar dokumentieren und die nächsten Schritte kommunizieren.

Schwellwertüberlegung

Die erste Frage, die eine Behörde vor der Beschaffung beantwortet, entscheidet direkt, welches Recht anzuwenden ist: Die vergebende Stelle muss einschätzen, wie teuer die geplante Beschaffung voraussichtlich wird. Liegt die Summe unter einem Schwellwert, sind die Modalitäten der Vergabe im Haushaltsrecht von Bund und Ländern geregelt, ausformuliert in Verwaltungsvorschriften. Es handelt sich um sogenanntes Innenrecht der Verwaltung, also eine interne Angelegenheit des Staates. Bieter oder andere Externe können aus diesen Vorschriften keine Rechte ableiten; Unternehmen können zum Beispiel keine Prüfung eines Verfahrens beantragen, wenn sie sich benachteiligt sehen.

Anders ist das bei Verfahren, die einen Schwellwert überschreiten – dann spricht man von Oberschwellenverfahren. Diese Schwellwerte werden alle zwei Jahre in Brüssel festgelegt, für die Jahre 2022 und 2023 liegt die Grenze zum Beispiel bei Bauaufträgen bei 5.382.000 Euro, bei Lie-



Bild: Harald Nickel

Rechtsanwalt Harald Nickel lehrt europäisches Vergaberecht an der Hochschule Darmstadt.

fer- und Dienstleistungsaufträgen (also den meisten IT-Projekten) bei 215.000 Euro. Kommen die Aufträge von einer Bundesbehörde, liegt der Schwellwert schon bei 140.000 Euro – alle Angaben sind netto, also ohne Umsatzsteuer.

Oberhalb der Schwellwerte ist die Vergabe keine interne Angelegenheit des Staates mehr. Auf der einen Seite möchte dann die EU mitreden. Auf der anderen Seite bekommen auch Bieter im Oberschwellenbereich zusätzliche Rechte: Jedes Unternehmen, das bei einer Vergabe nicht berücksichtigt wurde, kann, wenn ihm durch „Verletzung der Vergabevorschriften ein Schaden entstanden ist oder zu entstehen droht“, ein sogenanntes Nachprüfungsverfahren bei der zuständigen Vergabekammer beantragen. Dieses Verfahren regelt seit 1999 das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) in Paragraph 160 und gibt unterlegenen Bietern damit ein wirkungsvolles Werkzeug und sogenannten primären Rechtsschutz: Sobald die Vergabekammer den Antrag auf Nachprüfung für schlüssig hält und zulässt, schickt sie die Information, dass eine Prüfung eingeleitet wird, direkt per Fax an die zuständige Vergabestelle. Die darf dann nicht mehr zuschlagen und muss warten, bis die Prüfung abgeschlossen ist.

Verfahrensfragen

So weit soll es natürlich nicht kommen, daher muss die Behörde sorgfältig arbei-

ct kompakt

- Das Vergaberecht soll die wirtschaftliche, faire und transparente Beschaffung durch staatliche Akteure sicherstellen.
- Ausschreibung bedeutet nicht, dass der Staat immer beim billigsten Angebot zuschlagen muss.
- Wenn Behörden sich nicht auf die Besonderheiten von IT-Projekten einlassen, schließen sie geeignete Bieter aus und lassen sich neue technische Entwicklungen entgehen.

ten. Hat sie entschieden, ob die Investition in den Unter- oder Oberschwellenbereich fällt, muss sie sich für eine Verfahrensart entscheiden. Bekannteste Vertreterin unter den Verfahrensarten ist die „öffentliche Ausschreibung“, oberhalb der Schwelle heißt das Pendant „offenes Verfahren“ (alle Verfahrensarten finden Sie in der Tabelle unten). Die ausschreibende Behörde fordert öffentlich (bei Oberschwellenverfahren verpflichtend auf einer digitalen Plattform, siehe ct.de/yag8) alle interessierten Unternehmen auf, ein Angebot abzugeben. Die Vergabeunterlagen enthalten Informationen, was beschafft werden soll. Außerdem nennen sie Mindestkriterien, die ein Unternehmen zur Teilnahme erfüllen muss, eine Angebotsfrist und eine Information, wie ein Sieger des Verfahrens ermittelt wird – mehr dazu später.

Eine Alternative ist die „beschränkte Ausschreibung“ (bei Unterschwellenvergabe) beziehungsweise das „nicht offene Verfahren“ im Oberschwellenbereich. In den meisten Fällen ist dem ein sogenannter Teilnahmewettbewerb vorgeschaltet: Die Behörde ruft öffentlich Unternehmen auf, sich für die Teilnahme zu bewerben, und nennt transparente Mindestkriterien, die zur Teilnahme qualifizieren. Dann wählt sie geeignete Bewerber aus und fordert diese auf, bis zum Ende einer Frist ein konkretes Angebot einzureichen. Bei Oberschwellenverfahren ist der Teilnahmewettbewerb Pflicht, bei Unterschwellenvergaben kann er entfallen, zum Beispiel wenn der Aufwand unverhältnismäßig wäre oder eine öffentliche Ausschreibung zuvor gescheitert ist. Grundsätzlich sind das öffentliche und das beschränkte Verfahren mit Teilnahmewettbewerb gleichgestellt und bilden die sogenannten Regelverfahren.

Es gibt aber gute Gründe, davon abzuweichen – die liegen bei der Beschaffung von IT besonders häufig vor: Wann immer die zu beschaffende Ware noch nicht existiert, also noch erfunden, programmiert

oder gebaut werden muss respektive nicht ausreichend beschrieben werden kann, kommt die Verhandlungsvergabe (im Oberschwellenbereich Verhandlungsverfahren) infrage. Bei großen und noch komplexeren Projekten kennt das Oberschwellenrecht zusätzlich noch den wettbewerblichen Dialog und die Innovationspartnerschaft.

Zu letzteren beiden muss man nur selten greifen, schon die Verhandlungsvergabe bietet der Behörde viel Flexibilität: Statt die benötigte Leistung bis ins kleinste Detail auszuformulieren und offen oder beschränkt auszuschreiben, führt sie dabei meist zunächst einen Teilnahmewettbewerb durch, wählt geeignete Teilnehmer aus und verhandelt dann mit diesen, wie eine geeignete Lösung für das Problem aussehen könnte und was im Detail zu beachten und zu entwickeln ist. Dieser Prozess kann über mehrere Runden gehen. In diesem Dialog kristallisiert sich heraus, welche Schritte beispielsweise für die neue App einer Zulassungsstelle nötig sind.

Dynamischer IT-Markt

Auch das Beschaffungsamt des Bundesinnenministeriums (BMI) steht auf dem Standpunkt, dass das Verhandlungsverfahren für viele IT-Beschaffungen eine gute Wahl ist. Das Amt hat 2018 eine hilfreiche Lektüre für Vergabestellen und an öffentlichen Aufträgen interessierte IT-Unternehmen herausgegeben: „Unterlage für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen“ (UfAB 2018.04). Zum Download finden Sie das Dokument über ct.de/yag8. Die Autoren befassen sich mit den Besonderheiten der IT-Beschaffung und stellen fest, dass es durchaus Unterschiede zu anderen Branchen gebe: Der ITK-Markt sei besonders dynamisch, innovativ und heterogen und erfordere daher angepasste Ausschreibungen. Genau diese seien aber, so Anwalt Nickel, in der Praxis zu selten anzutreffen. Stattdessen versuchen Behörden regelmäßig, ihre jahrzehntelangen Erfahrungen mit weni-

ger innovationsträchtigen Beschaffungen auch auf IT-Beschaffungen anzuwenden, und schreiben so aus, wie sie es schon immer getan haben. Die Lieferung von Kugelschreibern und das Programmieren einer App sind aber nun mal unterschiedliche Baustellen.

Wie detailliert hätten Sie es gern?

Am liebsten greifen Vergabestellen zur vertrauten öffentlichen oder beschränkten Ausschreibung. Nickel meint, eine Ursache dafür ausgemacht zu haben: Das Recht fordert von den Behörden sogenannten Mittelstandsschutz. Der ist nicht grundsätzlich falsch, führt aber falsch verstanden und angewendet zu ungeeigneten Verfahren. Hinter dem sperrigen Begriff steht die Idee, zu verhindern, dass sich immer nur wenige große Unternehmen auf Projekte bewerben können. Um den Kleineren eine Chance zur Teilnahme zu geben, sollen die vergebenden Behörden nach Möglichkeit ihre Vergaben in sogenannte Lose aufteilen. Braucht die Behörde etwa 200 Desktop-PCs, kann sie die Ausschreibung in vier sogenannten Teillosen und Paketen zu je 50 PCs vergeben. Die andere Möglichkeit ist die Teilung in Fachlose, beispielsweise für Anbieter aus unterschiedlichen Gewerken. Serverhardware und eine dafür noch zu programmierende Anwendung zum Beispiel können nur wenige große Anbieter aus einer Hand anbieten, daher versprechen Fachlose ein deutlich größeres Teilnehmerfeld. Teilt die Behörde Hard- und Software in Fachlose auf, können auch reine Entwicklerfirmen ihre Leistung anbieten.

Bei einfacher IT-Materialbeschaffung wie neuen Laptops spricht nichts gegen dieses Vorgehen – Laptops müssen nicht extra für die Behörde konstruiert werden. Problematisch wird es erst, wenn innovative Lösungen und Dinge gebraucht werden, die es schlicht noch nicht gibt. In der Praxis führt der Mittelstandsschutz nämlich zu einem weiteren typischen Vor-

Vergabeverfahren in der Übersicht

Verfahren im Unterschwellenbereich	Verfahren im Oberschwellenbereich	Vorgehen der Behörde
öffentliche Ausschreibung	offenes Verfahren	Ausschreibungstext mit Leistungsverzeichnis, jedes Unternehmen kann seine Bewerbung bis zum Fristende einreichen.
beschränkte Ausschreibung	nicht offenes Verfahren	Meist mit Teilnahmewettbewerb: Die Behörde ruft öffentlich zur Teilnahme auf. Nach transparenten Kriterien wählt sie geeignete Unternehmen und fordert diese zur Angebotsabgabe auf Basis eines Leistungsverzeichnisses auf.
Verhandlungsvergabe (früher freihändige Vergabe)	Verhandlungsverfahren	Meist mit Teilnahmewettbewerb. Diskussion konkreter Umsetzungen mit geeigneten Bewerbern. Kein Leistungsverzeichnis, sondern funktionale Beschreibung.
	wettbewerblicher Dialog	Noch mehr Verhandlungsfreiheit als beim Verhandlungsverfahren. Kommt nur für sehr große Projekte infrage.
	Innovationspartnerschaft	Für große Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Gemeinsam werden neue und innovative Problemlösungen entwickelt und dann von der Behörde gekauft.

gehen: Die Behörde trennt Planung und Ausführung in zwei Schritte. Im ersten Schritt schreibt sie die Planung des Projekts aus. Die Planer, die diese Ausschreibung gewonnen haben, sammeln die Wünsche ihres Auftraggebers und erstellen ein möglichst präzises Leistungsverzeichnis. Diese sehr detaillierte Liste kopiert ein Sachbearbeiter der Vergabestelle dann in eine zweite Ausschreibung und veröffentlicht sie, wenn möglich losweise.

Ein solch präzises Leistungsverzeichnis kann bei einfachen Beschaffungen funktionieren, ist bei komplexen Aufträgen wie bei einer Softwareentwicklung aber häufig kontraproduktiv: Weil jeder Planer Erfahrungen mit bestimmten Techniken hat, kann es passieren, dass er sehr konkrete Forderungen formuliert. Das kann die Innovation stark einschränken: Wenn zum Beispiel der Planer aus seiner Erfahrung nur an eine Windows-Desktop-Anwendung gedacht hat, wird eine plattformunabhängige Webanwendung mit denselben Funktionen gar nicht erst in Betracht gezogen.

Innovationen: Fehlanzeige

Ein zu detailliertes Leistungsverzeichnis führt dann zum Gegenteil des ursprünglichen Plans: Statt kleinen Anbietern eine Chance zu geben, schließt die Behörde genau sie unbeabsichtigt aus. Kleine Entwicklungsunternehmen haben angesichts guter Auftragslage auf dem privaten Markt kein großes Interesse, sich für einen Auftrag in eine fremde Technik einzuarbeiten, die in der Ausschreibung als alternativlos dargestellt wird. Auch das Abarbeiten eines dreißigseitigen Anforderungskatalogs, um überhaupt ein Angebot abzugeben, ist für sie nicht reizvoll. Die kleinen Anbieter verzichten auf eine Bewerbung, obwohl sie in ihrer bevorzugten Technik ebenfalls eine gute Software entwickelt oder mit frischen Denkweisen gar eine bessere Lösung zustande gebracht hätten. Teilnehmen werden nur große Mitspieler, die für alle geforderten Techniken mindestens einen Spezialisten zur Hand haben und bereit sind, sich auf das Abarbeiten einer fertigen Planung einzulassen.

Wie abschreckend Ausschreibungen für Start-ups sein müssen, lässt eine Studie des Branchenverbands Bitkom aus dem August 2020 erahnen. Von 206 befragten IT- und Internet-Start-ups gaben nur 36 Prozent an, sich schon mal an einer solchen beteiligt zu haben. Die vollständigen

Auf der Vergabepattform service.bund.de haben IT-Vergaben einen eigenen Suchfilter. Von aktuell 145 laufenden Vorgängen aus diesem Bereich kommt nur bei 23 eine Vergabeart zum Einsatz, die Dialog mit den Bietern vorsieht.

The screenshot shows the 'bund.de service.bund.de' website. At the top, there are navigation tabs: 'Stellenangebote', 'Ausschreibungen', 'Behörden', and 'Leistungen'. Below this, there's a search bar with 'Was?' and 'Wo?' fields, and a 'Finden' button. To the left, there's a 'Zusätzliche Filter' section with checkboxes for 'Informationstechnik (145)', 'Bauleistungen (7484)', 'Dienstleistungen (2707)', 'Lieferleistungen (1731)', 'Arbeitsmarktdienstleistungen (211)', and 'Kraftfahrwesen (110)'. Below this, there's a 'Vergabeverfahren' section with checkboxes for 'Vergabeverordnung (VgV) (49)', 'Dienst- und Lieferleistungen (VOL) (29)', 'Unterschwellevergabeordnung (UVgO) (24)', 'Sonstige (13)', 'Vergabeverordnung Verteidigung und Sicherheit (VStVgV) (7)', and 'Bauleistungen (VOB) (2)'. At the bottom, there's a 'Vergabeart' section with checkboxes for 'Öffentliche Ausschreibung (54)', 'Offenes Verfahren (47)', 'Verhandlungsverfahren mit öffentlichem Teilnahmewettbewerb (13)', 'Verhandlungsvergabe (9)', and 'Vorinformationsverfahren (4)'. On the right, there's a table titled '145 Ausschreibungen' with columns 'Ausschreibung', 'Veröffentlicht', and 'Angebotsfrist'. The table lists various tenders, including 'Beschaffung einer Software für die Kitaverwaltung Stadt Hildesheim', 'Überlassung, Implementierung und Betrieb eines zentral betriebenen ... Kassenärztliche Vereinigung Nordrhein', '2021-10110 Implementierung und Betrieb von SAP SuccessFactors sowie ... Die Autobahn GmbH des Bundes', 'Stadt Rosenheim: Umsetzung der 120-monatigen Hardware-Erneuerung der ILS ... Stadt Rosenheim', 'Digitalisierung im Handwerksbildungszentrum Siegburg (EDV allgemein) Kreishandwerkerschaft Bonn/Rhein-Sieg. ...', and 'Smart tau Hus Krakow am See Amt Krakow am See'.

Ergebnisse der Untersuchung finden Sie über ct.de/yag8. Dass innovative Anbieter und neue Ideen durch detaillierte Leistungsverzeichnisse außen vor bleiben, ist für den Staat ein ernsthaftes Problem. Durch die Trennung von Planung und Ausführung nutzt er eine wertvolle Ressource nicht, die er kostenlos bekommen könnte: die Expertise der Bieter, ihre kreativen Ansätze für die Lösung des Problems.

Funktional beschreiben

Rechtsanwalt Harald Nickel plädiert daher dafür, sich im IT-Bereich bei allem, „was noch erfunden werden muss oder bei dem der Auftraggeber nicht alle möglichen Optionen kennen kann“ – was also über den reinen Einkauf von klar beschreibbaren Produkten hinausgeht –, vom Leistungsverzeichnis zu verabschieden und lieber zur sogenannten „funktionalen Leistungsbeschreibung“ zumindest im Rahmen eines Verhandlungsverfahrens mit Teilnahmewettbewerb zu greifen. Statt einer seitenlangen Tabelle mit allen Details der geplanten Anwendung umreißt eine funk-

tionale Leistungsbeschreibung nur, was gebraucht wird. Außerdem – und dieses Vorgehen empfiehlt auch die UfAB 2018.04 – gehöre zur guten Planung eine sogenannte Markterkundung. Anstatt die fertige Planung des Planungsbüros in ein Online-Vergabeportal zu kopieren und darauf zu hoffen, dass irgendwo in Europa jemand anbeißt, geht die Behörde dabei vorab aktiv auf Unternehmen zu, die ähnliche Probleme schon gelöst haben, spricht mit denen über mögliche Lösungen, typische Probleme und die Vor- und Nachteile verschiedener Techniken. Die Markterkundung kann mit einer einfachen Google-Suche beginnen und darf auch im Unterschwellenbereich gern über Ländergrenzen gehen. Nickel empfiehlt gerade bei digitalen Bürgerdiensten zum Beispiel einen Blick auf die baltischen EU-Mitgliedstaaten – für eine deutsche Behörde kann es sich durchaus lohnen, die Anbieter einer in Estland eingesetzten Anwendung ausfindig zu machen und zur Teilnahme an einem Verhandlungsverfahren zu ermuntern. Vielleicht können Anbieter



Kommentar: Mut zur Innovation – Vergaben sind politisch

Von Jan Mahn

Der Einfluss der Politik auf unser Zusammenleben geht weit über das Verfassen von Gesetzen hinaus. Insbesondere auf kommunaler Ebene ist es das alltägliche Handeln von Verwaltungen – und dort zu einem großen Teil die Beschaffung von Dienstleistungen und Produkten –, mit dem die Bürger den intensivsten Kontakt haben. Und wenn die erleben, wie das groß angekündigte neue Online-Terminvergabeverfahren der KFZ-Zulassungsstelle am ersten Tag unter Last zusammenbricht, werden sie nicht die zuständige Vergabestelle, sondern „die Politik“ dafür verantwortlich machen.

Vergabe ist politisch! Das müssen auch Bürgermeister und Landräte einsehen, die eben nicht nur Politiker, sondern auch Leiter ihrer Verwaltungen sind. In dieser Doppelrolle sind sie es, die ihren Beamten politische Impulse für die Vergabepraxis geben müssen. Die Beamten arbeiten schließlich in der Verwaltung – für Gestaltung ist die Politik

zuständig. Da reicht es nicht, im Wahlkampf und in Festreden über mehr Digitalisierung und Innovationen zu schwadronieren. Wer seiner Verwaltung schlecht formulierte und innovationsfeindliche Ausschreibungstexte mit dem niedrigsten Preis als einzigem Kriterium durchgehen lässt, zeigt mangelnden politischen Willen.

Gute Hardware, Open-Source-Software und technische Innovationen stehen eben nicht im Widerspruch zum geltenden Recht und wer dieses als Grund für schlechte Investitionen vorschiebt, hat schlicht seine Hausaufgaben nicht gemacht. Auf die politische Agenda in Städten, Ländern und im Bund gehören der mutige Umgang mit den Freiheiten des Vergaberechts, juristische Weiterbildungen und der Abbau unbegründeter Ängste. Nur dann haben wir auch Chancen, dass zur Abwechslung mal eine deutsche IT-Investition in Europa zum Vorzeigeprojekt wird.

eine fertige Anwendung ja mit vertretbarem Aufwand anpassen, damit das Rad in Deutschland nicht neu erfunden werden muss. Dass sich eine estnische Softwarefirma ohne aktive Markterkundung von sich aus für ein deutsches Behördenprojekt bewirbt, ist dagegen unwahrscheinlich.

Die Ursachen für die Aversion gegenüber funktionaler Ausschreibung und gegenüber Verhandlungsverfahren sind offenbar vielfältig. Auf der einen Seite ist das für IT-Vergaben durchaus hilfreiche Verhandlungsverfahren eben nicht das Regelverfahren, sondern hat Ausnahmecharakter – die Sachbearbeiter müssen die Gründe dafür also transparent dokumentieren. Für ein Vorgehen mit offener Ausschreibung müssen sie sich dagegen garantieren vor niemandem rechtfertigen,

selbst wenn die Ergebnisse reihenweise schlecht sind. Außerdem erscheint Angst vor Kontrollverlust als plausible Erklärung. Manch Verantwortlicher in der Amtsstube mag sich denken: „Wo kommen wir denn da hin, wenn ich etwas bestelle und vorher nicht weiß, was ich bekomme?“ Das Leistungsverzeichnis vom Planungsbüro dagegen verspricht Sicherheit. Es ist der vertraute, weil lange getretene Pfad. Hinzu kommt die falsche Annahme, durch detailliert ausgearbeitete Planung könne man grundsätzlich günstiger einkaufen als mit funktionaler Leistungsbeschreibung.

Filtern mit Mindestanforderungen

Fallgruben, die gute IT-Beschaffung verhindern, lauern aber nicht nur bei der

Wahl der Verfahrensart und der Leistungsbeschreibung. Es gibt noch zwei weitere Steuerungsmechanismen, die falsch angewandt zu unguten Ergebnissen führen. Zunächst kann die Behörde Mindestanforderungen zur Eignung des Unternehmens aufstellen. Nur Unternehmen, die diese erfüllen, dürfen am Verfahren teilnehmen, andere Unterlagen werden aussortiert. Bei diesen Bedingungen geht es nur um die Eignung des Unternehmens, nicht um das Produkt.

Dass dieser Filter im IT-Bereich oft zu streng angewandt wird, kritisiert auch das Beschaffungsamt in der UFAB 2018.04 und stellt fest, dass es durchaus leistungsfähige neue Unternehmen auf dem Markt gebe. Eine gängige Mindestanforderung halten die Autoren daher für problematisch: „So sollten zum Beispiel keine Projektreferenzen als Mindestanforderungen aufgestellt werden, da solche Referenzen von Newcomern für gewöhnlich nicht erbracht werden können.“ Wenn ein neu gegründetes Unternehmen bei jeder Ausschreibung nachweisen muss, dass es schon mehrere vergleichbare Aufträge umgesetzt hat, kann es nie in diesen erlesenen Kreis kommen und die üblichen Verdächtigen auf dem Softwaremarkt machen die Aufträge für immer unter sich aus.

Entscheidung durch Vergabekriterien

Das letzte wichtige Steuerinstrument sind die sogenannten Vergabe- oder Zuschlagskriterien, die in den Vergabeunterlagen transparent dargelegt werden müssen. Bewertet werden darf hier nur das Produkt, nicht das Unternehmen. Anhand dieser Kriterien muss die Behörde ihre Entscheidung für einen Bieter fällen. Und hier gibt es eine bequeme Abkürzung, die in einigen Behörden auch noch fälschlich für die beste Wahl gehalten wird: der „niedrigste Preis“. Eine stichprobenartige Recherche nach IT-Projekten auf der Vergabeplattform deutsche-evergabe.de bestätigt dieses Bild. Die Auswahl ist dann für die Behörde einfach: Alle Angebote, die fristgerecht eingegangen, die formal korrekt sind und deren Ersteller die Mindestkriterien erfüllen, werden nach Preis sortiert und der Auftrag folgt dem niedrigsten Angebot. Wer als Mitarbeiter einer Vergabestelle dieses Kriterium wählt, nimmt sich aber ein entscheidendes Gestaltungsmittel. Der behördlichen Vermutung, durch Preisorientierung die transparenteste und am wenigsten anfechtbare Entscheidung zu treffen, wider-



Mit der „Unterlage für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen“ (UfAB 2018.04) gibt das Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Innern beschaffenden Behörden Anregungen, wie IT-Beschaffungen erfolgreich gestaltet werden können.

sprechen prüfende Vergabekammern bisweilen: Am 27.4.2020 entschied die Vergabekammer Lüneburg (VgK-04/2020) im Fall der Vergabe von Kindergartenbetrieb, dass der Preis als alleiniges Zuschlagskriterium nur dann zulässig ist, „wenn es sich um standardisierte oder homogene Lieferungen oder Leistungen handelt oder der Auftraggeber Qualitätsanforderungen an die Lieferung oder Leistung in der Leistungsbeschreibung oder im Leistungsverzeichnis detailgenau, erschöpfend und lückenlos festlegt“.

Bei der Wahl von Vergabekriterien gibt es im Gesetz keine Prioritäten, also weder Regel- noch Ausnahmefälle. Der niedrigste Preis ist also keinesfalls das gesetzlich geforderte „normale“ Kriterium, sondern vielmehr nur der bequemste Weg, weil Formulierung, Transparenz und Dokumentation trivial sind. Geht es den Sachbearbeitern dagegen darum, eine gute Lösung für das Problem zu beschaffen, stellen sie Kriterien mit Gewichtung auf, nach denen sie die Angebote beurteilen wollen. Das kann zum Beispiel so aussehen:

- Bedienerfreundlichkeit, Gewichtung: 20
- Präsentation der Software, Gewichtung: 20

- Administration, Gewichtung: 20
- Preis, Gewichtung: 40

In den Vergabeunterlagen gibt es dann eine genauere Matrix, wie in den Kategorien Wertungspunkte vergeben werden. Ganz wichtig: Die Erfüllung von Kriterien muss objektiv nachweisbar sein, die Bewertungsmatrizen müssen von den Entscheidern sorgfältig ausgefüllt und aufbewahrt werden. Mit einem solchen Punktsystem kann sich die Behörde, wenn sie sauber arbeitet, viel Handlungsspielraum verschaffen und ist dann nicht gezwungen, das billigste Produkt auszuwählen und schlecht einzukaufen. Erlaubt ist es auch, innovative, umweltbezogene und soziale Aspekte in die Wertung einzubeziehen.

Spielraum nutzen

Der am wenigsten taugliche Pfad zu IT-Vergaben ist leider zugleich der kürzeste: Wer eine kreative und neue Anschaffung wie eine noch zu programmierende Software tätigen will und diese mit kleinteiligem Leistungsverzeichnis, strengen Min-

destanforderungen und dem niedrigsten Preis als Kriterium ohne Markterkundung in die Online-Vergabe stellt, darf nicht mit guten Angeboten rechnen – bestenfalls bekommt er in der Anschaffung billige Software.

Dabei ist das Vergaberecht nicht das innovationsfeindliche, aus Brüssel übergestülpte Monster, zu dem es einige Medien und Vergabestellen machen wollen. Voraussetzung für erfolgreiche IT-Vergaben sind aber Mitarbeiter, die das Vergaberecht und die Gestaltungsspielräume kennen und vor allem auch ausnutzen wollen. Bei der Wahl der Verfahrensart, der Leistungsbeschreibung, den Mindestkriterien und schließlich den Zuschlagskriterien gibt es für die vergebende Behörde viel Spielraum – auch für komplexe IT-Projekte im Hard- und Softwarebereich.

(jam@ct.de) **ct**

Gesetze und Vergabeplattformen:
ct.de/yag8

Diskriminierung oder Leistungsbeschreibung?

Administratoren in Behörden stoßen im Zusammenhang mit dem Vergaberecht typischerweise immer dann mit ihren Kollegen in der Vergabestelle zusammen, wenn sie dringend neue Hardware brauchen – eigentlich ein Fall, den man mit Leistungsverzeichnis und Ausschreibung, also ohne Verhandlungsverfahren, zügig lösen kann. Aber oft haben die Admins gute Gründe, Hardware eines bestimmten Herstellers zu verlangen. Wer im ganzen Haus Drucker eines Herstellers oder für Server eine herstellerspezifische zentrale Wartungslösung im Einsatz hat, will keinen Wildwuchs. Wenn die Verwaltung mit einer eigens entwickelten iOS-Anwendung arbeitet, braucht sie iPads und nicht produktneutral „Tablets“. Und wenn man für die bestehende WLAN-Anlage noch Access Points nachkaufen muss, helfen auch keine „Access Points“, sondern nur die passenden für die bestehende Anlage.

Aus der Vergabestelle kommt dann gern der Hinweis, man dürfe keine konkreten Produkte verlangen, das verstoße gegen das Diskriminierungsverbot – auf der anderen Seite steht der begründete Wunsch, die Leistung zu bestimmen. Die-

ses Spannungsfeld zwischen Leistungsbestimmungsrecht und Produktneutralität ist auch dem Gesetzgeber bekannt. Die Unterschwellenvergabeordnung wird in § 23, Absatz 5 (siehe ct.de/yag8) daher sehr deutlich und gestattet die konkrete Nennung von Herstellern sogar ohne die Angabe „oder gleichwertig“, wenn ein sachlicher Grund existiert:

„Ein solcher Grund liegt insbesondere dann vor, wenn die Auftraggeber Erzeugnisse oder Verfahren mit unterschiedlichen Merkmalen zu bereits bei ihnen vorhandenen Erzeugnissen oder Verfahren beschaffen müssten und dies mit unverhältnismäßig hohem finanziellen Aufwand oder unverhältnismäßigen Schwierigkeiten bei Integration, Gebrauch, Betrieb oder Wartung verbunden wäre. Die Gründe sind zu dokumentieren.“

Rechtsanwalt Nickel fasst die Rechtslage und die Intention des Gesetzgebers knapp zusammen: „Das Vergaberecht, richtig angewendet, darf und muss nie dem Bedarf im Weg stehen.“ Auf dieser Grundlage sollte die Vergabestelle konstruktiv mit den Behörden-Administratoren zusammenarbeiten.



Sie fragen – wir antworten!

Windows 11 in VirtualBox

? Ich kann Windows 11 nicht in einer VirtualBox-VM installieren, weil der Windows-Installer mit dem Fehler „Ihr PC erfüllt nicht die Mindestsystemanforderungen zum Installieren dieser Windows-Version“ abbricht. Wie kann ich das Installationsprogramm austricksen, um Windows in der virtuellen Maschine zu installieren? Ich habe die von VirtualBox vorgeschlagene VM-Konfiguration für Windows 11 genutzt.

! Sie können die in c't 26/2021, Seite 28 vorgestellten Registry-Werte anlegen, um die Hardwareprüfung von Windows 11 zu umgehen. Der VirtualBox-Hersteller Oracle macht es Ihnen sogar besonders einfach und legt den Gasterweiterungen seiner Virtualisierungssoftware gleich eine passende Registry-Datei bei, die Sie nur noch importieren müssen, um die passenden Werte anzulegen.

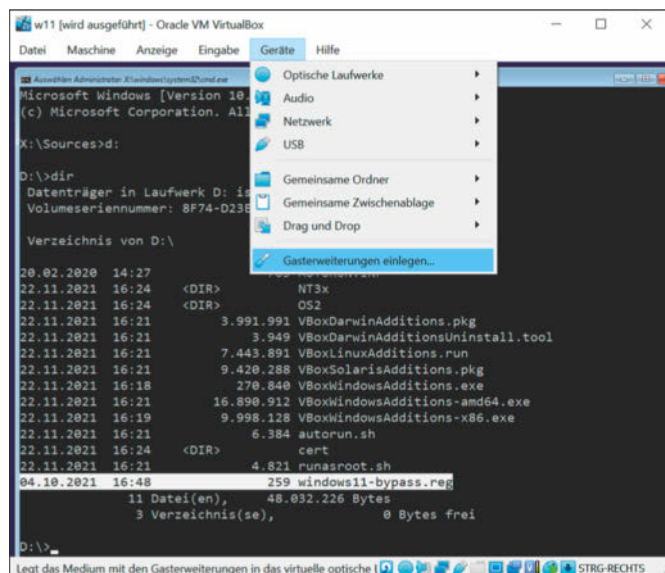
Booten Sie Ihre VM zunächst von dem Windows-11-ISO, bis der Installer mit dem Knopf „Jetzt installieren“ erscheint. Jetzt klicken Sie oben in der Menüleiste der VM auf „Geräte/Optische Laufwerke/Medium entfernen“, um das Windows-ISO aus dem

virtuellen Laufwerk zu werfen. Ohne diesen Schritt bekommt das System den Wechsel des virtuellen Datenträgers eventuell nicht mit. Anschließend legen Sie über „Geräte/Gasterweiterungen einlegen“ ebendiese ein. Innerhalb der VM öffnen Sie mit Umschalt+F10 eine Eingabeaufforderung, in der Sie mit dem folgenden Befehl den Import der Registry-Datei vom virtuellen Laufwerk starten:

```
d:\windows11-bypass.reg
```

Sie können sich Tipparbeit sparen, indem Sie nach der Eingabe von d:\w einfach auf die Tabulatortaste drücken, um den Dateinamen vervollständigen zu lassen. Nach einem „Enter“ müssen Sie dem Registrierungs-Editor noch bestätigen, dass die Informationen aus der Datei wirklich der Registrierungsdatenbank hinzugefügt werden sollen. Danach können Sie die Eingabeaufforderung schließen.

Entfernen Sie die Gasterweiterung über „Geräte/Optische Laufwerke/Medium entfernen“ wieder und legen Sie dort anschließend erneut das Windows-11-ISO ein. Sie können jetzt auf reguläre Weise mit der Installation fortfahren, indem Sie auf „Jetzt installieren“ klicken.



Mit den richtigen Registry-Einträgen überspringt Windows 11 bei der Installation in einer VM die Hardwareprüfung.

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.

Stellen Sie sicher, dass Sie die aktuelle VirtualBox-Version installiert nutzen, sollten Sie weiterhin Schwierigkeiten haben.
(rei@ct.de)

Virtuelles Festnetztelefon

? Mein einziges Festnetztelefon ist kaputtgegangen. Ersatz möchte ich eigentlich nicht beschaffen, weil darüber fast keine Telefonate mehr laufen. Allerdings möchte ich für einige wenige Freunde und Verwandte weiterhin günstig per Festnetz erreichbar sein. Kann ich eingehende Anrufe umleiten?

! Für Ihr Problem gibt es mehrere Lösungsansätze. Falls Sie eine Fritzbox besitzen, können Sie mit der Fritz!App Fon für iOS und Android das Smartphone als Festnetztelefon einsetzen. Mit einer VPN-Verbindung sind Sie damit sogar unterwegs erreichbar und können die heimische Flatrate für ausgehende Telefonate nutzen.

Falls Sie die Gespräche lieber umleiten wollen, gilt es einiges zu beachten. Wenn Sie an Ihrem Festnetzanschluss eine Flatrate haben, aber Rufumleitungen davon nicht umfasst sind, dürfen Sie die „eigene Rufnummer zur Umleitung“ in der Fritzbox nicht auf „automatisch“ stellen. Geben Sie dort stattdessen eine Rufnummer zum Gesprächsaufbau an, dann baut die Fritzbox eine eigene Verbindung auf. Diese wird dann wie ein ausgehendes

Telefonat berechnet, nicht wie ein umgeleitetes Gespräch. Das erkennen Sie auch daran, dass die Rufnummer des Anrufers nicht angezeigt wird. Stattdessen erscheint die des heimischen Anschlusses.

Wenn Sie einen Mobilfunkvertrag mit zusätzlicher Festnetznummer abgeschlossen haben, können Sie eingehende Anrufe dorthin zum Festnetztarif umleiten. Natürlich können Sie in einem solchen Fall auch Ihre Festnetznummer zum Mobilfunkprovider portieren, allerdings müssen Sie dazu möglicherweise Ihren Festnetzvertrag kündigen und neu abschließen oder den Anbieter wechseln, denn Anspruch auf eine Übernahme einer Festnetzrufnummer haben Sie nur zum Vertragsende. (uma@ct.de)



In größeren Häusern kann es eine Herausforderung sein, die richtigen LWL-Ports zu identifizieren.

Power-Limits für Core i-12000

? c't empfiehlt bei Systemen mit Intel-Prozessor, die Power-Limits im BIOS-Setup korrekt einzustellen, um das Kühlsystem nicht zu überfordern. Wo finde ich die Angaben für die aktuellen Alder-Lake-CPU's?

! Leider stellen auch in der zwölften Core-i-Generation nur wenige Mainboards die korrekten Werte für das Power-Limit 1 und das kurzzeitige Turbofenster (Power-Limit 2 und Maximalzeit Tau) ein. In den Pressebriefings und auf direkte Nachfrage bei Intel haben wir folgende

Core i-12000 Power-Limits

Prozessoren	PL1	PL2	PLTau
Core i9-12900K(F)	241 W	241 W	unbegrenzt
Core i9-12900(F)	65 W	202 W	28 s
Core i9-12900T	35 W	106 W	28 s
Core i7-12700K(F)	190 W	190 W	unbegrenzt
Core i7-12700(F)	65 W	180 W	28 s
Core i7-12700T	35 W	99 W	28 s
Core i5-12600K(F)	150 W	150 W	unbegrenzt
Core i5-12600, Core i5-12500, Core i5-12400(F)	65 W	117 W	28 s
Core i5-12600T, Core i5-12500T, Core i5-12400T	35 W	74 W	28 s
Core i3-12300, Core i3-12100	60 W	89 W	28 s
Core i3-12300T, Core i3-12100T	35 W	69 W	28 s
Core i3-12100F	58 W	89 W	28 s
Pentium Gold G7400, Celeron G6900	46 W	46 W	unbegrenzt
Pentium Gold G7400T, Celeron G6900T	35 W	35 W	unbegrenzt

Angaben erhalten und in einer Tabelle zusammengefasst. In den Datenblättern führt der Chiphersteller für die übertaktbaren K-Prozessoren etwas andere Werte auf. (chh@ct.de)

Glasfaseranschluss im Haus teilen

? Ich bin in ein neu gebautes Haus eingezogen, das gleich von zwei Internetanbietern mit Glasfaserkabel ausgestattet wurde. Im Keller gibt es einen Verteiler, an dem die Fasern der Anbieter ankommen und von dem je vier Fasern in alle Wohnungen abgehen. Die meisten Fasern in die Wohnungen sind nicht gepatcht. Jetzt würde ich gern meinen Internetvertrag mit einem Familienmitglied im Haus teilen, statt zwei Verträge abzuschließen. Ich stelle mir das so vor, dass das Signal aus meinem Router kommt, per Glasfaser in den Keller und von dort in die andere Wohnung geht. Funktioniert das?

! Technisch funktioniert das, setzt aber etwas LWL-Grundwissen voraus. Zunächst brauchen Sie zwei sogenannte Medienkonverter mit einem RJ45-Port und einem SFP-Schacht. Sie wandeln das Signal von einem Kupferkabel (aus Ihrem Router) auf Glasfaser und in der anderen Wohnung wieder zurück. Alternativ können Sie einen kleinen Switch mit SFP-Schacht einsetzen.

Dann brauchen Sie passende SFP-Module, die eigentlichen Sender und Empfänger. Empfehlenswert sind sogenannte Bidi-Module, die über eine Faser senden

und empfangen. Das geschieht auf zwei Wellenlängen, daher muss man sie immer als zusammenpassendes Paar kaufen. Vor dem Kauf müssen Sie herausfinden, welcher Kabeltyp (Singlemode oder Multimode) auf dem Weg vom Keller zu den Wohnungen liegt. In den meisten Fällen finden Sie grüne Stecker vor – dann handelt es sich um Singlemode und Stecker mit Schrägschliff (APC). Sie brauchen also SFP-Module für Singlemode mit möglichst geringer Sendeleistung (zum Beispiel Bidi für 3 Kilometer).

Zuletzt brauchen Sie noch Kabel: in den Wohnungen je ein kurzes Singlemode-Patchkabel mit einem LC/PC-Stecker und einem LC/APC-Stecker auf der anderen Seite. Für die kurze Brücke zwischen den Wohnungen im Keller fehlt noch ein Singlemode-Patchkabel mit zwei LC/APC-Steckern. Zusammen können Sie mit Materialkosten von 80 bis 100 Euro rechnen – wenn Sie sich dafür einen Anschluss sparen, lohnt sich das Projekt. Eine detaillierte Einführung in LWL-Begriffe lesen Sie in c't 18/2020 auf Seite 72 und 76. (jam@ct.de)

Telefonieren in HD

? Ich benutze immer noch häufig das Festnetz. Bei der Durchsicht der Verbindungsprotokolle fiel mir auf, dass bei bestimmten Gesprächspartnern zwar eine HD-Voice-Verbindung aufgebaut wird, wenn ich anrufe, bei eingehenden Anrufen von denselben Anschlüssen aber nicht. Bei anderen Gegenstellen ist es andersherum. Wieder andere Anschlüsse funktionieren

immer problemlos in HD, andere gar nicht. Woran liegt das?

! Die korrekte Signalisierung von HD-Verbindungen zwischen den unzähligen VoIP-Providern klappt offenbar immer noch nicht hundertprozentig. Für zusätzliche Verwirrung sorgt, dass einige Provider die Verbindung zu ihren Kunden zwar stets in HD-Voice, also mit dem Codec G.722 abwickeln, aber irgendwo auf der Strecke bei Bedarf eine Wandlung auf G.711, also den normalen Sprach-Codec mit einer Audiobandbreite von 3 kHz vornehmen. In einem solchen Fall findet einer der beiden Teilnehmer den Vermerk „HD“ im Log, obwohl die Verbindung nur in einfacher Sprachqualität stattfand.

Wenn Sie sichergestellt haben, dass auf beiden Seiten der Verbindung alle Voraussetzungen für eine erfolgreiche HD-Voice-Verbindung gegeben sind, also HD-Voice-fähige Router und Telefongeräte vorhanden und korrekt konfiguriert sind und beide Provider von Haus aus HD Voice unterstützen, sollten Sie sich an deren Kundenservice wenden, um das Problem einzugrenzen. Beachten Sie dabei, dass schnurgebundene Analog- und ISDN-Geräte grundsätzlich nicht HD-Voice-fähig sind. Neuere DECT-Schnurlostelefone, die direkt am VoIP-Router angemeldet sind, und per WLAN oder LAN angebundene VoIP-Telefone beherrschen hingegen in aller Regel HD-Voice. (uma@ct.de)

Aktuelle Nvidia-Treiber nur noch mit DCH

? In c't 1/2022, Seite 46 verweisen Sie auf einen Link für aktuelle Treiber von Nvidia. Seit 2018 verwende ich einen Link für den Treiber-Download, den Sie damals angegeben haben. Unter den Links sind sehr unterschiedlich alte Versionen als „aktuell“ abrufbar. Was hat es damit auf sich?

! Der von c't in Ausgabe 1/2022 angegebene Link führt auf die Suche nach dem aktuellen Game-Ready-Treiber. Der Link, den Sie bisher verwendet haben, führt vermutlich ins Treiber-Archiv. Dort – das ist der Knackpunkt – ist die Suche nach einem „Standard“-Windows-Treiber bei Desktop-GeForce-Karten voreingestellt. Inzwischen entwickelt Nvidia aber nur noch Treiber mit DCH-Funktionen. Bei DCH (Declarative Componentized Hardware Supported Apps) handelt es sich um ein neueres For-

mat, welches die Treiberwartung vereinfachen und die nötigen Downloads verkleinern soll. Da die Standard-Treiber nicht mehr weiterentwickelt werden, sind unter dem von Ihnen verwendeten Link nur ältere Versionen zu finden. (csp@ct.de)

Nvidia-Treiber, Download und Archiv:
ct.de/ydk2

Kinderschutz am Smart-TV

? Wir haben drei Kinder im Alter von 2, 5 und 9 Jahren. Unseren Smart-TV von LG nutzen wir nur über die MagentaTV-Box, einen angeschlossenen BluRay-Player und über auf dem Smart-TV laufende Apps wie YouTube Kids oder Amazon Video. Wir würden gerne den Smart-TV so verriegeln, dass die Kinder ihn nicht nutzen können, wenn wir nicht anwesend sind. Noch besser wäre eine zeitliche Limitierung. Gibt es einen Hersteller, der so etwas anbietet?

! In Ihrem LG-TV sollte sich im Menü unter „Allgemein/Sicherheit“ eine Möglichkeit finden, Programme, Sender, Anwendungen und Eingänge zu sperren. Sie müssen dafür einmal ein Masterpasswort vergeben. Wenn 0000 voreingestellt ist, sollten Sie das unbedingt ändern. Anschließend können Sie besagte Sperren jeweils unabhängig voneinander aktivieren. Ohne Eingabe des Masterpassworts bleibt der Sender oder Eingang nach jedem Umschalten gesperrt.

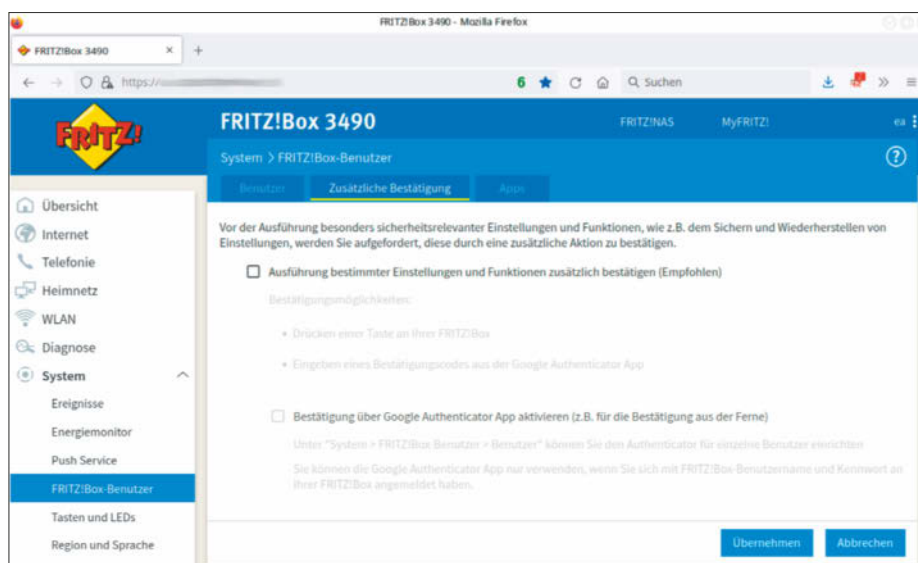
Eine zeitliche Sperre haben wir bisher bei keinem TV-Gerät gefunden. Über Ihren Router haben Sie aber je nach dessen Ausstattung die Möglichkeit, die Internetverbindung für das TV und die Streamingboxen zu kappen oder zeitlich zu beschränken. Für Geräte ohne Internetverbindung wie Ihren BluRay-Player greift diese Maßnahme allerdings nicht.

(uk@ct.de)

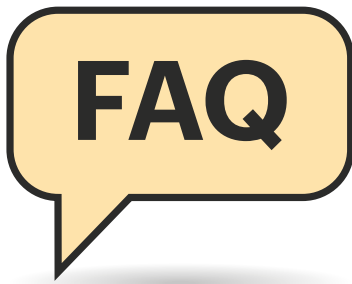
Zwei-Faktor-Authentifizierung abschalten

? Bei bestimmten Aktionen möchte meine Fritzbox eine Bestätigung per Tastendruck am Gerät oder durch die Eingabe eines Codes an einem angeschlossenen Telefon. Bei der Fernwartung ist das schwierig bis unmöglich. Wie kann ich das abschalten?

! Diese Zwei-Faktor-Authentifizierung für Zugriffe übers Internet dient der Sicherheit und verhindert beispielsweise, dass von extern teure Rufumleitungen gesetzt werden können. Die Einstellung ist vorgegeben, kann aber geändert werden. In den Fritzbox-Einstellungen finden Sie diese unter „System/Fritz!Box-Benutzer/Zusätzliche Bestätigung“. Statt einfach nur die Funktion abzuschalten, können Sie eine App wie Authy oder Google Authenticator aktivieren. Auf diese Weise bleibt eine Zwei-Faktor-Authentifizierung aktiv und sorgt für mehr Sicherheit, ist aber aus der Ferne bedienbar. (ea@ct.de)



In den Einstellungen der Fritzbox kann man eine Zwei-Faktor-Authentifizierung mit Apps wie Authy oder Google Authenticator aktivieren.



Linux auf dem Desktop

Moderne Linux-Systeme sind komfortabler denn je. Ab und zu muss man dennoch selbst Hand anlegen, um Probleme im Alltag zu lösen. Wir haben einige Tipps und Tricks gesammelt.

Von Niklas Dierking

Ordnung im Anwendungsraster

? Auf dem Gnome-Desktop habe ich die Anwendungsstarter im App-Grid verschoben und mir ein eigenes Layout gebastelt. Jetzt finde ich mich nicht mehr zurecht. Kann ich das Raster einfach zurücksetzen?

! Ja, das ist möglich. Sie setzen das Raster mit folgendem Befehl in den Ausgangszustand zurück:

```
gsettings reset org.gnome.shell \
app-picker-layout
```

Alle Anwendungen sind jetzt wieder standardmäßig alphabetisch sortiert.

Nvidia-Grafikkarte ausreizen

? In meinem PC oder Laptop ist eine Nvidia-Grafikkarte verbaut. Nach der Installation meiner Wunsch-Linux-Distribution fehlen die Animationen auf dem Desktop und die Leistung in 3D-Spielen ist nicht zufriedenstellend. Was muss ich tun, um das Potenzial der Grafikkarte auszuschöpfen?

! Offenbar nutzen Sie den freien Nouveau-Treiber, der zwar für den generellen Desktopbetrieb ausreicht, aber nicht genug Leistung für 3D-Spiele liefert. Installieren Sie daher besser den proprietären Nvidia-Treiber. Da dieser – anders als die Herstellertreiber für AMD-Grafikkarten oder die integrierten Grafikeinheiten von Intel-Prozessoren – nicht quelloffen ist, steckt er nicht im Linux-Kernel. Distributionen wie Zorin OS oder Pop!_OS liefern den Treiber von Nvidia schon mit dem Installationsmedium mit. Oft bietet Ihnen der Installer einer Distribution an, Softwarequellen von Dritten einzubinden, die den Treiber enthalten. Das bestätigen Sie bei der Installation oder der Ersteinrichtung

des Systems mit einem Häkchen. Bei Ubuntu und dessen Derivaten können Sie den Treiber dann über das grafische Menü namens „Zusätzliche Treiber“ nachrüsten. Bei Fedora erledigen Sie das mit dem Befehl `sudo dnf install akmod-nvidia`. Welche Fallstricke der proprietäre Nvidia-Grafiktreiber birgt und wie er sich mit der modernen Grafikarchitektur Wayland verträgt, lesen Sie im Artikel ab Seite 158.

Pakethistorie

? Ich möchte mir alle Pakete anzeigen lassen, die nicht zur Basisausstattung der Distribution gehören, sondern die ich manuell installiert habe. Wie mache ich das?

! Das hängt davon ab, welchen Paketmanager Ihre Distribution nutzt. Bei Debian, Ubuntu und deren Derivaten nutzen Sie den Befehl `apt-mark showmanual`. Bei Fedora hilft `dnf history userinstalled`. Mit dem pacman-Paketmanager von Arch Linux oder Manjaro listen Sie die Pakete mit `pacman -Qe` auf.

Logitech-Manager

? Ich besitze mehrere Peripheriegeräte von Logitech, die einen Unifying-Receiver nutzen. Die Unifying-Software von Logitech gibt es aber nur für Windows. Wie konfiguriere ich Unifying-Receiver und -Geräte unter Linux?

! Dafür gibt es das Open-Source-Werkzeug Solaar. Solaar koppelt und entkoppelt unterstützte Unifying-, Bolt- und Lightspeed-Geräte. Außerdem zeigt es Informationen wie den Batteriestand an. Verbundene Geräte konfigurieren Sie über ein grafisches Menü oder mit der Kommandozeile. Damit passen Sie beispielsweise die Maussensitivität an oder ändern die Tastenbelegung. Sie installieren Solaar

am einfachsten über den Paketmanager Ihrer Distribution.

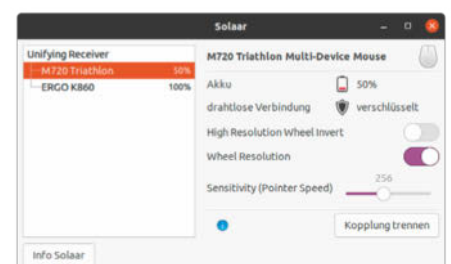
Flathub-Flatpaks in Fedora

? Ich möchte unter Fedora 35 Anwendungen als Flatpak von Flathub installieren. Bei der Einrichtung des Systems habe ich Paketquellen von Dritten eingebunden und Gnome-Software zeigt an, dass „Flathub“ als Quelle aktiv ist. Warum finde ich über die Suche in Gnome-Software oder mit dem Befehl `flatpak search` nicht alle Anwendungen, die auf flathub.org gelistet sind?

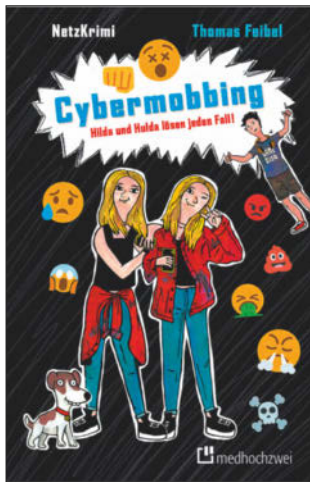
! Die Anzeige in Gnome-Software ist irreführend. Wenn Sie bei der Ersteinrichtung Paketquellen von Dritten einbinden, fügt Fedora 35 zwar ein Flathub-Remote hinzu, filtert aber die Anwendungen. Um sich Zugang zum gesamten Flathub-Software-Katalog zu verschaffen, fügen Sie das Flathub-Remote manuell mit dem folgenden Befehl hinzu:

```
flatpak remote-add --if-not-exists \
flathub https://flathub.org/repo/
flathub.flatpakrepo
```

Der Filter ist jetzt deaktiviert. Wenn Sie das Flatpak-Remote schon vorher hinzugefügt hatten, brauchen Sie nichts zu tun. (ndi@ct.de)



Mit Solaar verwalten und konfigurieren Sie Ihre Logitech-Unifying-Geräte.



Thomas Feibel
(Illustration: Julia Dudenko)

NetzKrimi: Cybermobbing

Hilda & Hulda lösen jeden Fall!

medhochzwei, Augsburg 2021
ISBN 978-3862168415
104 Seiten, 10 €
(PDF-E-Book: 10 €)

Rätseln für mehr Medienkompetenz

Mit ihrem Smartphone samt Social-Media-Apps tragen schon jüngere Kinder Probleme wie Cybermobbing und Fake News bis ins Kinderzimmer. Vier kindgerecht erzählte Krimifälle laden junge Leser zum Rätseln ein und vermitteln ihnen dabei gleichzeitig wichtige Grundlagen für den Umgang mit Medien.

Sobald sie PCs, Tablets und Smartphones nutzen, bekommen Schulkinder es mit den gefahren- und ärgerträchtigen Facetten der Netzkommunikation zu tun, bei denen selbst Erwachsene längst nicht immer angemessen reagieren. Solides Wissen und eine klare Haltung etwa zum Thema Cybermobbing sind daher für Kinder wichtig. Vier Krimigeschichten rund um die fiktiven YouTube-Stars und selbst ernannten Detektivinnen Hilda und Hulda sollen beides vermitteln. Gleich im ersten Mitraterkrimi werden die beiden 15-jährigen Protagonistinnen selbst zum Ziel übler Beschimpfungen. Was denkt sich der Mitschüler, der diese anscheinend verbreitet, nur dabei? Und war er wirklich der Täter?

Im zweiten Fall geht es um öffentliche Drohungen, im dritten wird eine Lehrerin per Video bloßgestellt und im vierten verliert der Vater einer Mitschülerin aufgrund von Lügen seinen Job. Die vier Rategeschichten im Hauptteil des Buchs richten sich an Schüler zwischen 8 und 13 Jahren. Es folgt ein Sachbuchteil, der beispielsweise erklärt, wie Cybermobbing entsteht. Dieser Abschnitt ist durchaus nicht nur für die jüngere Zielgruppe interessant, sondern enthält auch für Eltern und Lehrer wertvolle Informationen. Feibel bezieht darin auch soziale Aspekte mit ein. So sensibilisiert er die Leser dafür, welche psychischen Auswirkungen Cybermobbing beim Opfer auslösen kann und gibt Tipps, an wen man sich wenden kann, falls man selbst zum Opfer wird.

Der Band mit den Cybermobbing-Fällen ist Teil 1 einer Reihe. Ebenfalls im Herbst 2021 erschien Band 2 mit vier Krimigeschichten zum Thema Fake News – es geht um Falschmeldungen, Deep Fakes und Kettenbriefe. Beide Bücher eignen sich auch als Grundlage für Unterricht zum Thema. Per E-Mail können Lehrkräfte beim Verlag umfangreiches Begleitmaterial zur Sach-, Methoden- und Sozialkompetenz anfordern. (Markus Widl/dwi@ct.de)

Mit Ererbtem arbeiten

Ein typischer Albtraum für ITler: Greife in eine Anwendung ein, die fast vergessene Ex-Kollegen irgendwann mit ominösen Werkzeugen für inzwischen abgelöste Systeme geschrieben haben. Marianne Bellotti verrät Überlebensstrategien für IT-Zeitreisende in Unternehmen.

Systeme im Produktiveinsatz können Jahrzehnte überdauern. Dann kommt es beispielsweise dazu, dass junge Entwickler oder Systembetreuer an Code und Infrastrukturen arbeiten müssen, die entstanden sind, als sie selbst noch Kinder waren. Marianne Bellotti kennt solche Probleme. Sie hat selbst manches System aus der digitalen Steinzeit ins 21. Jahrhundert überführt. Gleich zu Beginn ihres in leicht verdaulichem Geschäftssprache gehaltenen Buches räumt sie mit einigen hartnäckigen Mythen auf und erklärt die vielfältigen Gründe, aus denen viele heute noch mit Legacy-Software arbeiten. So sollte Modernisierung von Software kein Selbstzweck sein: Oft geht damit eine unnötige Verkomplizierung einher.

Die Autorin beschreibt unterschiedliche Strategien, um sich ein Legacy-System zu erarbeiten. Idealerweise gibt es ein gutes Monitoring und eine detaillierte Projektanalyse. Anschließend können automatisierte Tests und behutsame Refactorings erste Verbesserungen bringen. Wie beim Neuaufbau eines Systems bieten sich dazu agile Methoden an.

Marianne Bellotti betrachtet auch radikale Wege wie eine komplette Neuentwicklung. Diese findet sie nur in Ausnahmefällen sinnvoll – man muss dazu etwa die Anforderungen genau kennen, die dem bestehenden System zugrunde liegen. Vielfach sind die eigentlichen Herausforderungen gar nicht technischer Natur, sondern hängen mit unternehmenspolitischen Spielchen und Teamdynamiken zusammen. Für solche Probleme bietet die Autorin anschauliche Beispiele und erklärt – bisweilen schlitzohrige – Lösungsstrategien, die sie in der Praxis erfolgreich einsetzen konnte. Überhaupt geht es insgesamt bevorzugt um die psychologischen Aspekte; die reine Technik rückt in den Hintergrund. So zeigt die Autorin klassische Managementfehler auf, die den technischen Fortschritt behindern.

Das Buch enthält keine einzige Zeile Code. Auch wer etwa Methoden zur Formatkonvertierung, Hinweise zu Emulationen und zum Auslesen alter Datenträger erwartet, wird nicht fündig. Wenn es allerdings um die richtigen Prozesse und Denkmuster für den erfolgreichen Umgang mit Legacy-Systemen geht, sind Bellottis Ausführungen Gold wert. (psz@ct.de)



Marianne Bellotti

Kill it with Fire

Manage Aging Computer Systems
(And Future Proof Modern Ones)

No Starch Press, San Francisco 2021
ISBN 978-1718501188
248 Seiten, 17 €
(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 14 €)



MIT **Mac & i** IMMER EINE NASENLÄNGE VORAUSS

+ Geschenk
nach Wahl



z. B. 10 € Amazon.de-Gutschein oder Apple-Watch-Ständer

2x Mac & i mit 35% Rabatt testen!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

- Tipps & Praxiswissen
- Hard- und Softwaretests
- Reports und Hintergründe
- inkl. Club-Mitgliedschaft

Für nur 16,80 € statt 25,80 €

(Preis in Deutschland)

Genießen Sie mit
der Mac & i Club-
Mitgliedschaft
exklusive Vorteile!

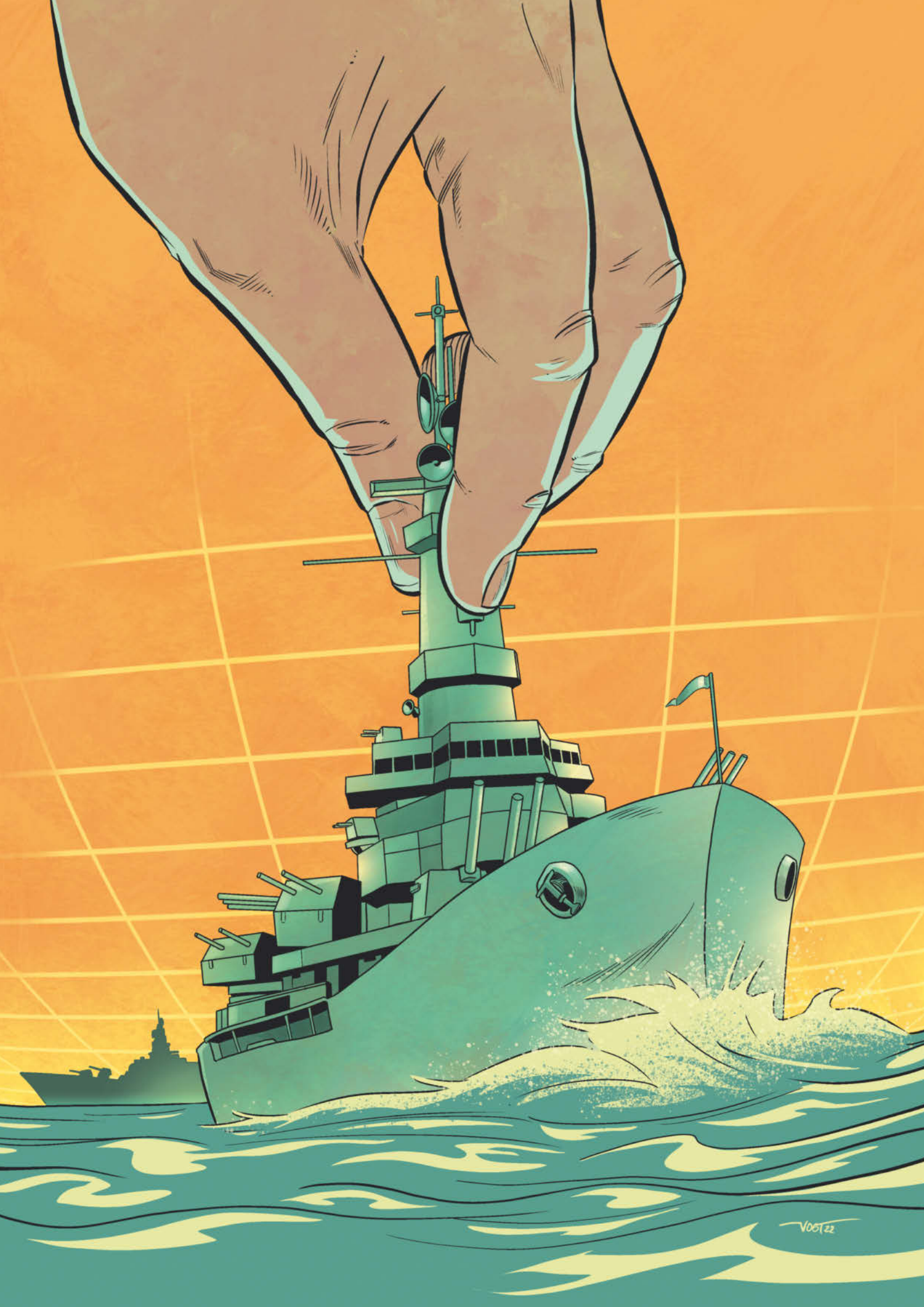


Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/miniabo

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80 009 120

Mac & i. Das Apple-Magazin von c't.



LEB MAL ANDERS (LMA)

VON KARIN KRATT

Lächelnd stand Rory Baldwin im maßgeschneiderten 8000-Dollar-Anzug inmitten des prunkvollen Wohnzimmers seiner New Yorker Penthouse-Suite. Er war Mitte fünfzig, alleinstehend und leicht übergewichtig. Okay, vielleicht auch etwas mehr. Seine Haare waren bereits vollständig ergraut und obwohl er sie länger trug, schafften sie es nicht mehr, die größer werdenden Geheimratsecken vollständig zu überdecken.

Man hatte ihn bereits als Sieger des Ironman Hawaii gefeiert – eines der anspruchsvollsten Ausdauerwettkämpfe weltweit. Außerdem war er zum Mister Universe gewählt worden. Zu allem Überfluss belegte er auch noch Platz eins auf der Forbes-Liste der reichsten Menschen. Sein Einfluss und sein politisches Geschick waren legendär, sodass er derzeit für das Amt des US-Präsidenten kandidierte.

Ein letztes Mal ging Rory in Gedanken jene Worte durch, die er gleich bei einem Live-Interview an die Bürger und Bürgerinnen der Vereinigten Staaten richten würde:

„Guten Abend, meine Damen und Herren! Danke, dass Sie trotz Ihres vierzehnstündigen Arbeitstags die Zeit gefunden haben, meiner Ansprache zu lauschen. Wir schreiben das Jahr 2099. Und ich sage Ihnen, wir brauchen endlich einen radikalen Wandel! Was sollen all die Verbote? Der Stopp sämtlicher Auslandsreisen, die extreme Beschränkung der Fleischproduktionsindustrie, die Diskussion über eine globale Geburtenkontrolle? Statt immer mehr Steuergeld für Forschung und Umweltschutz auszugeben und uns von falschen Horrorvisionen über den Zusammenbruch des überlasteten Ökosystems der Erde manipulieren zu lassen, sollten wir die verfügbaren Mittel nutzen, um *jetzt* zu leben. Um jetzt gemeinsam zu feiern, um zu genießen ...“

An dieser Stelle wollte Rory vor laufenden Kameras ganz dekadent in ein Stück gebratenen Rindfleischs beißen, das ihm auf einem goldenen Teller serviert werden sollte und sogar noch teurer war als sein maßgeschneiderter Anzug. Bei der anschließenden Verkündung, einen arbeitsfreien Tag

Wie könnte das eigene Leben aussehen, wenn die Dinge in der Vergangenheit anders verlaufen wären? Fortgeschrittene Virtual-Reality-Technik erlaubt es, auf Kommando einen Blick in ein individuelles Paralleluniversum zu werfen und mit allen Sinnen darin einzutauchen: Ein Geschäftsmodell, das nur darauf wartet, dass jemand es professionell umsetzt.

pro Woche einzuführen und den jährlichen zweiwöchigen Urlaub zu verdoppeln, erhoffte er sich ein dermaßen lautes Gejubilium und Tosen der Massen, dass er es sogar noch hoch droben in seiner Suite würde vernehmen können.

Aber ganz plötzlich langweilte Rory die Vorstellung.

„LMA-Programm beenden“, forderte er laut. Die Wohnung und das noble Interieur verblassten, die Stadt und die gesamte Welt verblassten. Es dauerte stets ein paar Sekunden, bis Rory sich dort wieder fand, von wo aus er seine Abenteuer gestartet hatte: in einem geräumigen Kubus voll ausgefeilter Digitaltechnik. In seiner Rede hatte er die Milliardenbeträge, welche die Regierung jährlich für den Fortschritt ausgab, gerade noch verdammen wollen. Dabei war Rory doch insgeheim sehr froh über das, was die Wissenschaft vor gut zwanzig Jahren hervorgebracht hatte: die Möglichkeit, ein alternatives Leben zu leben.

Aus den früheren krisseligen Hologrammen waren kristallklare, ungeheuer immersive 3D-Darstellungen geworden. Bilder, die sich dank des mit Sensoren gespickten Ganzkörpersuits, der jeden Zentimeter der Haut bedeckte, nicht nur bestaunen, sondern auch anfassen und gewissermaßen mit allen Sinnen erleben ließen. Alles, was die leistungsfähigsten Computersysteme des Planeten den Nutzern der LMA-Kuben vorgaukelten, wirkte echt. Mehr noch: Es *war* echt. Die Stimulationsinduktoren der Kopfmaske lieferten sozusagen das Sahnehäubchen für die Illusionstorte: Sie vermochten dem Gehirn selbst komplexeste Sinneseindrücke unterzujubeln. Rory hatte die flimmernde Hitze gespürt, als er auf den asphaltierten hawaiianischen Straßen an seinen Konkurrenten vorbeigezogen war. Er hatte den Schmerz gespürt, als er mit seinem Rad gestürzt war. Er hatte salzige Meeresluft eingeatmet, hatte die weichen, weiblichen Kurven von Mrs. Universe ertastet, die sich nach der Siegerehrung an ihn geschmiegt und ihn in ihr Hotelzimmer eingeladen hatte.

Selbst was das Rindersteak anbelangte – er hätte es tatsächlich genießen können. Die Hirnareale, die Geschmacksinformationen aus den Bereichen von Nase, Zunge und Gaumen entgegenzunehmen pflegten, wären vollaufzufrieden gewesen. Sogar den strukturierten Widerstand, den ein zartes Bratenstück dem Biss der Zähne entgegenbringt, hätte er zu spüren geglaubt.

In seinem Alltagsjob arbeitete Rory als Highway Controller. Er überwachte den Verkehrsfluss autonomer Fahrzeuge und Drohnen in der Innenstadt von Chicago. Damit verdiente man nicht viel. Aber es genügte, damit er zwei Wochen im Jahr derjenige sein konnte, der er sein wollte – wonach auch immer ihm dann gerade der Sinn stand.

Vermutlich war es Absicht, dass es der restlichen Weltbevölkerung ähnlich erging. Luxus im Alltag war für die allermeisten unerschwinglich, jedoch auch unnötig – denn in spätestens 351 Tagen konnte man wieder ein Kaiser sein. Ein Held. Ein Gott. Oder der Teufel ...

Rory zog sich die Maske vom Kopf und trat in eine kleine Nische des Kubus. Eine rot blinkende Zeitanzeige sagte ihm, dass sich das LMA-Programm in einer halben Stunde ohnehin für eine Weile deaktiviert hätte. Für eine Zwangs-Realitätspause. Damit man essen und sich erleichtern konnte.

EINE ROT BLINKENDE ZEITANZEIGE SAGTE IHM, DASS SICH DAS LMA- PROGRAMM IN EINER HALBEN STUNDE OHNEHIN FÜR EINE WEILE DEAKTIVIERT HÄTTE.

Bereits nächstes Jahr sollte es neue Körpersuits und Masken geben, welche diese Auszeiten überflüssig machen würden. Rory war schon sehr gespannt darauf. Für dieses Mal schluckte er jedoch eine kleine blaue Tablette aus einem Spender an der Wand. Sie hatte absolut nichts Genussträchtiges an sich, würde seinen Körper aber für weitere sechs Stunden mit allen notwendigen Mineralien und Nährstoffen versorgen. Dazu trank er ein großes Glas Wasser, dann nutzte er den angegliederten engen Toilettenraum.

Anschließend trat er eilig an das große Interface unter dem lachenden LMA-Logo am Eingang des Kubus. Andert-halb Tage würde sein Urlaub noch währen – und er würde jede einzelne Sekunde davon voll ausreizen! Zum Glück war es kein Problem, in einem alternativen Leben zu schlafen, auf saftigem, grünem Gras, in flauschigen Zuckerwatte-Wolken oder in edlen Satin-Bettlaken. Und dass er dabei in Wahrheit mittels eines genau austarierten Luftstroms in der Mitte eines Hightech-Würfels schwebte, war Rory so was von egal. Nur das, was man sah, roch und spürte, war von Bedeutung!

Unschlüssig scrollte Rory durch eine schier endlose Liste. Worauf hatte er Lust? Was hatte er noch nie probiert? Wollte er verschollene Schätze suchen? Ein ägyptischer Pharao sein? Eine Marsexpedition leiten?

Wie von allein betätigte sein Finger eine Taste und erstaunt riss Rory die Augen auf. „Was war das denn?“, schoss es ihm durch den Kopf, während eine sonore Computerstimme bereits „Programm wird gestartet“ verkündete.

Das merkwürdige Gefühl in Rory verebbte, als er sanft in die Höhe gehoben wurde. Instinktiv zog er sich die Maske über den Kopf. Das Letzte, was er sah, bevor der Kubus sich vor seinen Augen auflöste, war der Name des alternativen Lebens, das er sich ausgesucht hatte: FAMILY stand in großen fetten Buchstaben auf dem Interface.

So etwas hatte er in der Tat noch nie ausprobiert. Freundinnen hatte es zwar durchaus gegeben – nicht nur während seiner Urlaube, sondern auch in seiner Alltagsrealität. Zumeist waren es Arbeitskolleginnen gewesen, mit denen er sich auf kürzere Techtelmechtel eingelassen hatte. Für eine ernsthafte Beziehung war er aber einfach nicht der Typ. Sich in seiner mehr als knapp bemessenen Freizeit Kritik anhören zu müssen, weil er vergessen hatte, den Müllvernichter anzuschalten? Oder schon morgens vor dem Frühstück Komplimente für die dank Botox-to-Go noch glattere Stirn seines Gegenübers machen zu müssen? All das war Rory schlicht zu anstrengend.

Und nun stand er ausgerechnet in der offenen Küche einer durchschnittlich wirkenden Wohnung und blickte auf eine durchschnittlich aussehende Frau. Sie war einige Jahre jünger als er und etliche Kilo leichter, die Haare waren halblang geschnitten und wiesen einen Farbton zwischen Blond und Braun auf. Die Nase war ein wenig krumm geraten und die Augen standen irgendwie asymmetrisch zueinander. Sie war keinesfalls hässlich, aber auch nicht wirklich attraktiv.

„Na, der optisch ansprechendste Hingucker bist du ja nicht!“, bemerkte sie nun keck und grinste dabei. „Ich heiße Jaida. Hilfst du den Kids bitte bei ihren Hausaufgaben? Ich habe noch ein virtuelles Meeting und mache dann das Essen.“

Sie rauschte davon und Rory öffnete bereits den Mund, um dieses absurde Leben sofort wieder zu beenden. Aber dann tat er es doch nicht. Vielleicht lag es an den kichernden, etwa siebenjährigen Zwillingen, die sich ihm nun mit jeweils einem Smartlet in der Hand näherten. Vielleicht auch an etwas ganz anderem.

„Ich bin Aya. Und das ist Sam.“ Das Mädchen klimperte mit ihren Wimpern und warf sich das glänzende Haar zurück. Es war bereits jetzt ersichtlich, dass sie zu einer alles andere als durchschnittlich aussehenden jungen Frau heranwachsen würde, wenn in den nächsten Jahren nicht etwas verdammt schief lief.

„Wann wurde die Bill of Rights zum letzten Mal überarbeitet ... Dad?“ Sie kicherte erneut.

„Im Jahr 2063“, erwiderte Rory automatisch, dann räusperte er sich und wandte den Blick verlegen Sam zu.

Der Junge hatte die gleichen blauen Augen wie seine Schwester, die gleichen Gesichtszüge und die gleichen glän-

zenden Haare, die ihm knapp bis zum Kinn reichten. Er trug eine altmodische, runde Brille, dabei war Fehlsichtigkeit ein längst ausgemerztes gesundheitliches Problem.

„HILFST DU DEN KIDS BITTE BEI IHREN HAUSAUFGABEN? ICH HABE NOCH EIN VIRTUELLES MEETING.“

Rory sah keinen Sinn im Tragen einer Brille, wenngleich er aus den FBC-News einige prominente Persönlichkeiten kannte, die dieses Fashion-Accessoire mochten. Auch der Big Boss des Controlling-Unternehmens, für das er arbeitete, hatte einige Jahre lang darauf geschworen. Er hatte jedoch nie einen dermaßen intelligenten Eindruck gemacht wie Sam, der ihn nun trotz seiner sehr viel geringeren Größe von oben herab zu mustern schien.

„Ich weiß ja nicht...“, murmelte Sam, aber seine Schwester gab ihm einen Knuff in die Seite. Dann lächelte sie engelsch, nahm Rory an der Hand und führte ihn zu einem dunklen Holztisch. „Setz dich doch!“

Rory gehorchte, weil er immer noch ganz verdattert war über das, was hier gerade passierte.

„Eine Frage geschafft, fehlen nur noch neunundvierzig.“ Aya legte das Smartlet auf der Tischplatte ab und schob es erwartungsvoll in seine Richtung. Wie hätte er reagiert, wenn er je Kinder gehabt hätte? Streng und unnachgiebig oder amüsiert und locker?

„Du versuchst es erst einmal allein“, bestimmte er unsicher. Das Mädchen zog das Smartlet enttäuscht zurück und auch Sam, der sich nun an ihrer Seite niederließ, machte eine missmutige Miene. Rory spürte einen unerwarteten Stich in der Brust. Als ob es plötzlich wichtig wäre, was diese beiden über ihren Dad dachten. Verrückt! Aber es wurde noch verrückter.

Denn bevor er sich zu einer weiteren Handlung oder auch nur zu einer einzelnen Geste durchringen konnte, schneite Jaida in den Raum.

„Ihr seid fleißig, wie schön! Dann können wir ja gleich eine Runde Battleship miteinander spielen, während das Gemüse im Steamer ist.“ Sie stellte einen kleinen Holoprojektor mittig auf den Tisch und trat dann in die Küche, wo sie einige Essensschalen in ein großes Gerät schob.

„Ich war schon vor zwei Stunden mit Lernen fertig“, nölte Sam, der sein Smartlet die gesamte Zeit über ignoriert hatte. Er aktivierte den Projektor und eine dreidimensionale Ozeanlandschaft baute sich auf, die in etwa halb so groß wie der Tisch war.

„Nicht schummeln, Sam!“, mahnte Jaida, die noch für einen Moment in der Küche hantierte und sich dann neben ihren Sohn setzte.

„Ich wollte mir nur die blauen Schiffe sichern! Schummeln habe ich nicht nötig.“ Der Teil der Wasserlandschaft, die Sam am nächsten war, hatte bereits die passende blaue Farbe angenommen.

„Ich nehme Rot“, forderte Aya, schaltete ihr Smartlet ab und tippte einen Punkt in der Projektion an.

„Rory? Gelb oder Grün?“ Jaida bedachte ihn mit einem Blick, der alles oder nichts hätte bedeuten können.

„Ähm ... Grün?“ Zugegeben, er brillierte derzeit nicht mit Wortgewandtheit oder einer sonstwie überragenden Charaktereigenschaft wie in seinen üblichen alternativen Leben. Allerdings hatte er trotzdem Spaß. Es war Jahrzehnte her, seit er sich das letzte Mal mit Battleship befasst hatte. Seine Eltern hatten nie Zeit dafür gehabt, aber sein Großvater hatte ihn manchmal auf seine müden, alten Knie gesetzt und ihn in die Geheimnisse des Spiels eingeweiht. Nach anfänglichem Zögern glitten Rorys Finger schneller und schneller durch den Ozean, verschoben Schiffe, platzierten Bomben und fahndeten nach Gegnern. Es war lustig zu beobachten, wie Jaida voller Konzentration die Stirn in Falten legte oder wie Aya ihren Bruder unter dem Tisch ans Schienbein trat, weil dieser ungeachtet jeglicher Bemühungen wieder und wieder gewann. Und Rory freute sich diebisch, als Aya einen geraunten, unerlaubten Tipp von ihm umsetzen konnte, um eines von Sams Schiffen zu versenken.

NACH ANFÄNGLICHEM ZÖGERN GLITTEN RORYS FINGER SCHNELLER UND SCHNELLER DURCH DEN OZEAN, VERSCHOBEN SCHIFFE, PLATZIERTEN BOMBEN UND FAHNDETEN NACH GEGNERN.

„Menno.“ Sam schmolte kurz, dann tippte er dreimal in die Wasserlandschaft und ein helles Pling ertönte. „Habe trotzdem wieder gewonnen!“, triumphierte er.

Jaida und Aya stöhnten simultan und Rory spürte eine seltsame Wärme in sich aufsteigen. War es ein Gefühl von Zuneigung? Zugehörigkeit? Oder lediglich den alten Erinnerungen an seinen Großvater geschuldet?

„Du bist gar nicht so schlecht gewesen.“ Nachdenklich sah Sam ihn an und er schien noch etwas ergänzen zu wollen. Doch da klatschte Jaida bereits in die Hände und rief „Essen ist fertig“.

Das Gemüse schmeckte fad und Rory sehnte sich nach dem saftigen Rindersteak aus seinem vorigen Alternativleben.

Über die Autorin

Karin Kratt erschafft seit ihrer Teenagerzeit fantastische Universen. 2016 erschien der erste Band ihrer düster-romantischen Fantasy-Romanreihe „Seday Academy“; für 2022 sind die letzten beiden Bände 9 und 10 angekündigt. Als Book on Demand brachte sie 2021 den ersten Teil ihrer dystopischen Dilogie „D.U.S.T. – Die letzte Hoffnung“ für Leser ab 16 heraus; der zweite Teil soll gegen Ende 2022 erscheinen. Die in Worms geborene „lesesüchtige Mathematikerin“, wie Karin Kratt sich selbst bezeichnet, hat die c’t-Stories bereits um zwei bitterböse Meisterwerke bereichert: „Gesunde neue Welt“ (Heft 13/2021) und „Das Supertalent“ (Heft 15–16/2021).



Bild: Karin Kratt

„Gehen wir schlafen. In wenigen Stunden klingelt schon wieder der Wecker.“ So, wie sich Jaida gähndend von ihrem Stuhl erhob, tat sie Rory auf einmal leid. Er hatte die Eltern nie bedauert, die sich nach ihrer Vierzehn-Stunden-Arbeitsschicht noch um ihre Kinder kümmern mussten. Schließlich hatten sie sich bewusst für diesen zusätzlichen Stress entschieden. Und da es nach wie vor viel zu viele Menschen auf dem Planeten gab, stand eigentlich Rory ein Orden zu, weil er sich eben nicht egoistischerweise fortgepflanzt hatte.

„Ich mach’ das“, sagte er trotzdem und nahm Jaida die Teller aus der Hand. „Geht ihr doch schon mal ins Bett.“

„Wie nett von dir. Gute Nacht, Dad!“ Aya kuschelte sich kurz an ihn und Sam verdrehte die Augen, nuschelte dann jedoch ebenfalls eine Gute-Nacht-Floskel. Von Jaida erhielt Rory einmal mehr einen unergründlichen Blick, bevor sie die Zwillinge aus dem Raum scheuchte.

Rory räumte auf und pfiff dabei unbewusst eine heitere Melodie. Womöglich sollte er seine Skepsis gegenüber langfristigen Beziehungen doch noch mal überdenken. So schlimm war es ja nun auch nicht, abends den Müllvernichter einzuschalten.

Er ging in den Flur und öffnete eine Tür. Es war das Zimmer von Aya und Sam, die bereits beide friedlich schliefen. Dem Jungen war die Bettdecke weggerutscht und Rory schlich sich in den Raum, um sie zu richten. Er verharrte noch für einen Moment, betrachtete Sams Gesicht ohne die dominierende Brille. Er sah plötzlich so viel jünger aus. Verletzlicher.

Rory musste schlucken, steckte hastig die Bettdecke um Sams Körper fest und verließ auf Zehenspitzen das Zimmer. Hinter der nächsten Tür verbarg sich ein Bad. An einem Haken hing ein Baumwollpyjama. Obwohl dieser ganz und gar nicht Rorys Geschmack entsprach, schien er doch irgendwie zur Situation zu passen. Rory wusch sich, zog sich um und ging in den Flur zurück. Die letzte Tür führte zu Jaidas Schlafzimmer. Sie lag im Bett und las, legte das Smartlet jedoch sofort weg, als er eintrat. Sie richtete sich langsam auf. Weißer, zarter Stoff verhüllte kaum ihre Weiblichkeit und Rory schluckte wieder schwer. Dieses Mal jedoch aus einem völlig anderen Grund als zuvor.

Verdammt, er hatte doch erst vor kurzem die anziehendste und aufregendste Frau der gesamten Galaxis unter sich gehabt. Warum reagierte er plötzlich so unglaublich stark auf diese hier?

„Ich habe mir überlegt, was wir morgen machen könnten.“ Erschöpft rieb sich Jaida über das Gesicht. „Es gibt noch so viele Möglichkeiten und so wenig Zeit. Sam und Aya – sie verdienen das Beste. Die allerschönsten Erinnerungen.“

„Und was verdienst du?“, fragte Rory mit tiefer Stimme und trat auf das Bett zu. Er bemühte sich, seinen Blick auf Jaidas Gesicht ruhen zu lassen, aber das war nicht gerade leicht. Und so gern er morgen auch eine weitere Runde Battleship mit den Zwillingen spielen würde – mit einem vernichtenden Sieg über Sam, verstand sich! –, so wenig wollte er genau jetzt über sie sprechen.

„Was ich verdiene?“ Jaida zuckte die Schultern. „Ich weiß nicht. Vielleicht die Beförderung zur Leiterin einer Marsexpedition.“

Hä? Rory hatte sich gerade auf die Bettkante setzen wollen, aber jetzt hielt er verwirrt inne. Was für ein merkwürdiger Wunsch.

„SAM UND AYA — SIE VERDIENEN DAS BESTE. DIE ALLERSCHÖNSTEN ERINNERUNGEN.“

„Jedenfalls...“ Ein wehmütiges Lächeln blitzte auf Jaidas Lippen auf. „Ich danke dir für diese Erfahrung. Wer weiß, womöglich treffen wir uns ja mal wieder. Es war Ayas Bitte. Als Nächstes ist Sam wieder dran.“

Rory verstand immer weniger. „Womit dran?“

„Parameter Dad speichern. LMA-Programm Family beenden“, erwiderte Jaida stoisch, als ob das eine Antwort auf seine Frage wäre. Hektisch hob er die Hand und nahm dabei das beschissenste Gefühl aller Zeiten in der Magengrube wahr. Die Hand verblasste. Das Bett verblasste. Und auch Jaida verblasste.

„Gute Nacht“, wisperte sie. Das war das Letzte, was Rory jemals hören sollte. Mit den letzten fragmentarischen Gedanken, die durch seine digital simulierten Synapsen zuckten, zweifelte er noch immer daran, dass es so etwas wie elektronische Selbsttäuschung überhaupt geben könnte.

(psz@ct.de)

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).

MIT SPACE HEBEN SIE AB

DAS IST SPACE

Vollgepackt mit informativen Artikeln und atemberaubenden Fotos berichtet Space über die Technik der Weltraumfahrt, ebenso wie über Astronomie und kosmische Phänomene.

**30%
Rabatt +
Geschenk**



TESTEN SIE 2 x SPACE

2 Ausgaben als Heft inkl. PDF
+ Geschenk nach Wahl

Jetzt bestellen:

www.emedia.de/space-mini

 (0541) 800 09 126

 leserservice@emedia.de

 eMedia Leserservice, Postfach 24 69, 49014 Osnabrück

Fernstudium Robotik



Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

**NEU: Umweltschutz-Techniker,
Netzwerk-Techniker, SPS-Techniker**

Teststudium ohne Risiko.
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

FERNSCHULE WEBER - seit 1959
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. F14
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

www.fernschule-weber.de



ct magazin für
computer
technik



**Ich
träume
in
C#**

ITK-Distribution in Deutschland

Eine Themenbeilage von Heise Medien und channelobserver.de

Erscheinungstermin:
c't magazin 07/2022 **12.03.2022**

Anzeigenschluss: **15.02.2022**
Druckunterlagen: **17.02.2022**



„ITK-Distribution“ erscheint in der Aboauflage von

ct magazin für
computer
technik

So werden Sie zum

DEV-TEAM-SUPERHELDEN!



Heft + PDF
mit 29 % Rabatt



ix und heise Developer wenden sich mit diesem Sonderheft an die Alltagshelden, die Software von Schwachstellen befreien. Dieses Heft setzt Ihre Superkräfte frei:

- OWASP Top Ten 2021
- Von den Grundlagen bis zu quantensicherer Kryptographie
- Sicheres Programmieren mit Rust
- DevSecOps: Grundlagen, Tools, Reifegradmodelle

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



shop.heise.de/ix-sichere-softwareentwicklung21

ORACLE Feuerwehr www.oraservices.de WLL-Breitband Netz Rhein-Main – techni.de 

softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen,
Website Boosting, Online-Pressemittelungen,
Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach an-
rufen, Faxen oder eine E-Mail schicken.
Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024,
Telefax: 0511/3884512, E-Mail: service@soft-
aktiv.de, Internet: www.softaktiv.de 

DATENRETTUNG v. HDD, RAID, SSD – Erfolg >99%
www.datarecovery.eu – 24h-Tel.: 0800-073 88 36 

nginx-Webhosting: timmehosting.de 

EDELSTAHL LED SCHILDER: www.3D-buchstabe.com
HAUSNUMMERN nobel 230V~: www.3D-hausnummer.de 

www.patchkabel.de - LWL und Netzwerk Kabel 

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt
EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) ins-
besondere Texte aus den Bereichen Telekommuni-
kation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. +
Fax: 05130/37085 

Lust auf Java? WWW.TQG.DE/KARRIERE 

**Anzeigenschluss
für die nächsten
erreichbaren Ausgaben:**
06/2022: 08.02.2022
07/2022: 22.02.2022
08/2022: 08.03.2022



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

Faxnummer: 05 11 / 53 52-200

➔ Weiterlesen, wo andere aufhören.



29. DFN-Konferenz

erstmals als Hybrid Veranstaltung
am 3. und 4. Februar 2022

- Etablierte IT-Sicherheitskonferenz in Hamburg
- Vorträge u. a. zu den Themen: Effiziente Managementsysteme, Investigation und Monitoring, und Security Nightmares
- Tutorium: Last ten years of security - Lessons learned

Programm und Anmeldung unter:
<https://www.dfn-cert.de>

HIER KÖNNTE IHR

Seminar-Angebot viele Hunderttausend wissenshungrige Leser erreichen.
Dazu müsste an dieser Stelle nur Ihr

SEMINAR STEHEN

Und das zu außergewöhnlich günstigen Konditionen.
Mehr Infos gibt es unter +49 (0) 511 53 52-165 oder -221.

➔ Weiterlesen, wo andere aufhören. **ct**

Heft + PDF
mit 29 % Rabatt



Ihr Erste-Hilfe-Set: Das Notfall-System für den Ernstfall

Mit der neuen Version **c't Desinfec't 2021/22**
sind Sie für den Ernstfall bestens gerüstet:

- ▶ Vier der neuesten Viren-Scanner
- ▶ Notfallsystem, das Ihre Daten retten kann
- ▶ Notfallarbeitsplatz
- ▶ Verbesserte Hardware-Kompatibilität

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

 shop.heise.de/desinfec21

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

 **heise Shop**



An der Hochschule München ist an der Fakultät für Versorgungs- und Gebäudetechnik, Verfahrenstechnik Papier und Verpackung, Druck- und Medientechnik ab dem Wintersemester 2022/23 oder später folgende Stelle zu besetzen:

W2-Professur für angewandte Informatik (m/w/d)

Kennziffer: BV 0562

Erfahren Sie mehr in der detaillierten Stellenausschreibung unter: <https://stellen.hm.edu/d2b8q>

Bewerben Sie sich über unser Online-Portal bis zum 28.02.2022.

Wir freuen uns darauf, Sie kennenzulernen!



Bundesanstalt für Immobilienaufgaben

Labore
Gewerbeflächen
Bibliotheken
Wohnungen
Bunker
Kasernen
Truppenübungsplätze
Museen
Wälder
Leuchttürme
Ministerien
und vieles mehr auf www.bundesimmobilien.de

Kennen Sie die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben?

Vielleicht kennen Sie uns noch nicht, aber mit Sicherheit kennen Sie unsere Immobilien, denn die können Sie jeden Abend in den Nachrichten sehen. Wir sind das zentrale Immobilienunternehmen des Bundes und Eigentümerin in Berlin und Bonn über die Bundesgerichte und Forschungseinrichtungen bis zu den Gebäuden des Zolls, der Bundespolizei oder des THW.

Mit rund 7.000 Beschäftigten verteilt auf die Zentrale in Bonn, neun Direktionen sowie insgesamt mehr als 120 Standorte deutschlandweit verantwortet die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben die Entwicklung, den Bau, die Vermietung, den Betrieb, die Instandhaltung und den Verkauf der Immobilien des Bundes.

Als moderne Arbeitgeberin will die BIaA ihren Beschäftigten die besten digitalen Werkzeuge an die Hand geben, damit sie ihre verantwortungsvolle Aufgabe für die Bundesrepublik erfüllen können.

Wir suchen Sie!

Schaffen Sie mit Ihrem Team die digitalen Werkzeuge, um die Immobilienmanagerinnen und Immobilienmanager der BIaA optimal in ihrer Arbeit zu unterstützen. Übernehmen Sie Verantwortung. Werden Sie Teil der Digitalen Transformation des Bundes.

Die Zentrale sucht für den Geschäftsbereich Facility Management eine

Abteilungsleitung (w/m/d) Digitale Werkzeuge im Immobilienmanagement

Arbeitsort: Bonn, Vergütung: außertariflich (entsprechend den Regularien des BMI; vergleichbar BesGr. A 16 BBesO, Monatsbrutto rund 7.950 EUR)

Die Einstellung erfolgt unbefristet.

Ihre Aufgabe – Was Sie bei uns erwartet

- Sie leiten die Abteilung Digitale Werkzeuge in der Sparte Facility Management (FM) der BIaA und verantworten damit das Digitalisierungsprogramm der Sparte FM, d.h. Strategie, Konzept und Design des digitalen Arbeitsplatzes für die Immobilienmanagerinnen und Immobilienmanager der BIaA mit dem Ziel, das ganzheitliche Immobilienmanagement einfacher, schneller und effizienter zu machen
- Sie setzen Ihre ambitionierten Ideen in die Praxis um, koordinieren und überwachen die Implementierung
- Im Dialog mit den Beschäftigten und mit modernen Methoden (z. B. Design Thinking) gestalten Sie Geschäftsprozesse und Softwarelösungen, die optimal ineinandergreifen
- Als verantwortungsbewusste Ansprechperson steuern und begleiten Sie in Zusammenarbeit mit der Sparte Informationstechnik und dem Stabsbereich Digitalisierung zahlreiche Projekte mit IT-Bezug
- Ihre Abteilung besteht aus den Fachgebieten Digitale Agenda und Systemintegration und ist mit derzeit zwölf Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf die Standorte Bonn, Berlin und Potsdam verteilt
- Als Abteilungsleitung (w/m/d) sind Sie mit allen sach- und personalbezogenen Führungsaufgaben betraut
- Dienstreisen – auch mehrtägige – gehören bei uns dazu

Ihr Profil – Was Sie mitbringen sollten

- Sie können ein abgeschlossenes wissenschaftliches Hochschulstudium (Diplom (Uni)/Master) in den Fachrichtungen Architektur, Facility Management, Informatik, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsingenieurwesen oder gleichwertige Fähigkeiten und Erfahrungen vorweisen
- Sie verfügen über mehrjährige Berufserfahrung möglichst in leitender Funktion
- Sie haben Erfahrung mit der Digitalen Transformation – idealerweise in der Immobilienwirtschaft oder im öffentlichen Bereich
- Sie haben fundierte Erfahrungen in der agilen Produktentwicklung und beherrschen die entsprechenden Methoden und Werkzeuge

Für Fragen zum Bewerbungsverfahren steht Ihnen Frau Siebecke unter der Telefonnummer +49 228 37787-757 gerne zur Verfügung. Bei Fragen zum Aufgabenbereich wenden Sie sich bitte an Frau Bourscheidt unter der Telefonnummer +49 228 37787-910.

Die ausführliche Stellenausschreibung finden Sie auf www.interamt.de unter der Stellen-ID 754091.

Bewerbungsschluss ist der 25. Februar 2022.

www.bundesimmobilien.de



Das Institut für Smart Systems und Services an der Fakultät für Technik sucht im Rahmen des Projektes „KISA“ zum nächstmöglichen Zeitpunkt

Wissenschaftliche* Mitarbeiter*innen

Ziel des Projektes KISA ist die Erforschung und die Ausarbeitung KI-gestützter Verfahren für intelligente Sensoren und Aktoren unter Berücksichtigung industrieller Anforderungen. Das Projekt wird von der Carl-Zeiss-Stiftung gefördert.

Das erwartet Sie:

- Angenehmes Arbeitsklima in einem erfahrenen Team
- Spannende Aufgaben und eine anregende forschungsorientierte Atmosphäre
- Intensive Unterstützung auf dem Weg zum eigenständigen wissenschaftlichen Arbeiten
- Flexible Regelungen für Arbeitszeit und Arbeitsort

Das erwarten wir:

- Sie haben einen überdurchschnittlichen Masterabschluss im Bereich Informatik, Elektrotechnik oder Mechatronik
- Sie verfügen über Erfahrungen in einem oder mehreren der folgenden Bereiche:
 - Künstliche Intelligenz
 - Sensorik
 - Aktorik
 - Digitale Signalverarbeitung
 - Wissensbasierte Systeme

Es besteht die Möglichkeit zur Promotion (auch für Absolvent*innen einer HAW/FH). Es handelt sich um eine Vollzeitstelle, die gemäß der Projektlaufzeit bis zum 31.01.2025 befristet ist. Gemäß den Tätigkeiten erfolgt die Bezahlung nach Entgeltgruppe 13 TV-L. Die Vollzeitstelle ist grundsätzlich teilbar. Menschen mit Behinderung werden bei entsprechender Eignung mit Vorrang berücksichtigt. Bitte bewerben Sie sich unter Angabe der Kennziffer 11081 über unser Onlinebewerberportal <https://stellen.hs-pforzheim.de> bis zum 13.02.2022.

Als persönliche Ansprechpartnerin steht Ihnen Frau Lena Schäfer unter 07231 28 6220 (lena.schaefer@hs-pforzheim.de) gerne zur Verfügung. Die Hochschule Pforzheim zählt mit rund 6.200 Studierenden und 500 Personen in Lehre, Forschung und Administration zu den größten Hochschulen für Angewandte Wissenschaften Baden-Württembergs.

Inserenten*

1blu AG, Berlin	9
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen	7
easybell GmbH, Berlin	2
Fernschule Weber, Großenkneten	187
Hetzner Online GmbH, Gunzenhausen	196
Kentix GmbH, Idar-Oberstein	47
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen	45
Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn	17

Seminare

DFN-CERT Services GmbH, Hamburg	190
---------------------------------------	-----

Veranstaltungen

Javaland	DOAG, Heise Medien	25
Inside Agile Kanban Day	heise developer, dpunkt.verlag	41
IT- Jobtag	heise jobs, Jobware	55
secIT by Heise	heise Events	64, 65, 75
betterCode API 2022	heise developer, dpunkt.verlag	81
c't Workshop	c't, heise Events	149
enter JS	iX, heise developer, dpunkt.verlag	161
Webinar Serie Kubernetes	heise Academy	169

Stellenanzeigen

Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, Bonn	191
Hochschule für angewandte Wissenschaften München, München	191
Hochschule Pforzheim, Pforzheim	191

Diese Ausgabe enthält Teil- bzw. Gesamtbeiträgen der Strato AG, Berlin und der Heise Academy, Hannover.

* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.

Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

Ein Hoch auf Brotkasten und Co.!

Retro Gamer Spezial Heimcomputer

VC-20, Acorn BBC Micro, Sinclair ZX 81, Commodore 64, Sinclair Spectrum, Apple II, Atari 800 XL, Schneider CPC, Atari ST und Commodore Amiga - die zum Teil vergessenen Stars dieses brandneuen Sonderheftes!

Über 150 Spiele-Klassiker auf den wichtigsten Maschinen der 1980er beleuchtet das neue Retro Gamer-Sonderheft auf fast 200 Seiten: Bard's Tale, Zak McKracken, Defender of the Crown, Another World und viele viele mehr.

shop.heise.de/rg-homecomputer

16,95 € >

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €.

Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

shop.heise.de/rg-homecomputer >

Auch als PDF zum Download

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: „So machen Sie Ihr Netz Gigabit-fähig“:
Ernst Ahlers (*ea@ct.de*), „Ratgeber gebrauchte Smartphones“: Christian Wölbelt (*cwo@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 (*ach@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 (*abr@ct.de*), Arne Grävmeyer (*agr@ct.de*),
Ludwig Gundermann (*lgu@ct.de*), Markus Montz (*mon@ct.de*), Peter Schmitz (*psz@ct.de*),
Kim Sartorius (*kim@ct.de*), Dr. Hans-Peter Schüller (*hps@ct.de*), Sylvester Tremmel (*sytt@ct.de*),
Andrea Trinkwalder (*atr@ct.de*), Dorothee Wiegand (*dwi@ct.de*), Stefan Wischner (*swi@ct.de*)

Ressort Systeme & Sicherheit

Leitende Redakteure: Peter Siering (*ps@ct.de*), Jan Mahn (*jam@ct.de*)
Redaktion: Niklas Dierking (*ndi@ct.de*), Mirko Dölle (*mid@ct.de*),
Wilhelm Drehling (*wid@ct.de*), Liane M. Dubowy (*lmd@ct.de*), Ronald Eikenberg (*rei@ct.de*),
Alexander Königstein (*ako@ct.de*), Pina Merkert (*pmk@ct.de*),
Dennis Schirmacher (*des@ct.de*), Hajo Schulz (*hos@ct.de*), Jan Schüßler (*jss@ct.de*),
Ingo T. Storm (*it@ct.de*), Keywan Tonekaboni (*ktn@ct.de*), Axel Vahldiek (*avv@ct.de*)

Ressort Hardware

Leitende Redakteure: Christof Windeck (*ciw@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 Müssig (*mue@ct.de*), Rudolf Opitz (*rop@ct.de*), Carsten Spille (*csp@ct.de*)

Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets

Leitende Redakteure: Jörg Wirtgen (*jow@ct.de*), Jan-Keno Janssen (*jkj@ct.de*)
Redaktion: Robin Brand (*rbr@ct.de*), Sven Hansen (*sha@ct.de*), Steffen Herget (*sht@ct.de*),
Nico Jurrans (*nij@ct.de*), André Kramer (*akr@ct.de*), Michael Link (*mil@ct.de*),
Urs Mansmann (*uma@ct.de*), Stefan Porteck (*spo@ct.de*), Christian Wölbelt (*cwo@ct.de*)

c't online: Ulrike Kuhlmann (*Ltg., uk@ct.de*)

Koordination News-Teil: Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Christian Wölbelt (*cwo@ct.de*)

Koordination Heftproduktion: Martin Triadan (*mat@ct.de*)

Redaktionsassistentz: 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: Mike Bunjes, Jürgen Gonnermann, Birgit Graff, Angela Hilberg,
Martin Kreft, Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Dieter Wahner, Ulrike Weis

Junior Art Director: Martina Bruns

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Videoproduktion: Johannes Börnsen

Digitale Produktion: Melanie Becker, Kevin Harte, Martin Kreft, Pascal Wissner

Illustrationen

Jan Bintakies, Hannover, Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin,
Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schulp, Thomas Kühlenbeck, Münster, Timo Lenzen, Berlin,
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: 2BAE3CF6DAFFB000
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
19ED 6E14 58EB A451 C5E8 0871 DBD2 45FC B3B2 A12C

heise Investigativ: Über diesen sicheren Briefkasten können Sie uns anonym informieren.
Anonymer Briefkasten: <https://heise.de/investigativ>
via Tor: ayznmmonmewb2tjyvgf7ym4t2726muprjvwkcxz2vhf2hbarbbyzdm7oad.onion

Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-0
Telefax: 05 11/53 52-129
Internet: www.heise.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

Geschäftsführer: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglieder der Geschäftsleitung: Jörg Mühle, Falko Ossmann

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)
(verantwortlich für den Anzeigenteil),
www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 39 vom 1. Januar 2022.

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: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

Vertrieb Einzelverkauf:

DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG
Meßberg 1
20086 Hamburg
Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815
E-Mail: info@dermedienvertrieb.de

c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9,90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €;
Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK

Abonnement-Preise: Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 139,05 €,
Österreich 149,85 €, Europa 159,30 €, restl. Ausland 184,95 € (Schweiz 228.15 CHF);
ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer
entsprechenden Bescheinigung): Inland 79,65 €, Österreich 87,75 €, Europa 93,15 €,
restl. Ausland 108,00 € (Schweiz 133.65 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf
das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 24,30 €
(Schweiz 29.70 CHF) Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUGE,
bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland,
VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 104,29 €, Österreich 112,39 €,
Europa 119,48 €, restl. Ausland 138,71 € (Schweiz 171.11 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 Verfügungsrecht des
Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines
eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.
Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com
Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2022 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA ACTA 

Vorschau 5/2022

Ab 12. Februar im Handel und auf ct.de



C'est chic!

Viele Bluetooth-Lautsprecher klingen zwar gut, sehen aber langweilig aus. Schicke Speaker mit dekorativem Lichtspiel unterhalten hingegen Ohr und Auge. Wir wollen wissen, ob sie beides gleich gut machen oder ob am Ende nur der schöne Schein bleibt.



E-Books: Die neue Generation

Die nächste Generation der E-Book-Reader und E-Books ist da. Schöner gestaltete Bücher und Geräte mit größerem Display, einige mit augenfreundlichem Nachtlicht, andere mit Vorlesefunktion für Hörbücher. Ein Überblick übers Geräteangebot und die Plattformen. Außerdem im Test: ein Reader mit Farbdisplay.

Deskmini-Bauvorschlag mit Schmackes

Etliche Leser wünschten sich für unseren Optimaler-PC-Bauvorschlag im kompakten Deskmini-Gehäuse mehr CPU-Power. Wir haben daher eine Konfiguration mit dem nicht allzu teuren 65-Watt-Sechskerner Core i5-11400 auf leisen Betrieb optimiert. Sie benötigt außer ein paar Umbauten auch neue Kühlungshardware.

Mit Python schnell ans Ziel

Das eine Einsatzgebiet für Python gibt es nicht. Als Lehrsprache erfunden ist sie zum Universalwerkzeug nicht nur für KI-Experimente und dynamische Webanwendungen geworden. Mit unseren Tipps und den richtigen Werkzeugen steigen Sie schnell in Python ein oder arbeiten als Python-Kenner noch effizienter.

Öko-Smartphones

Klimaschutz und faire Produktion: Damit wollen sich die Hersteller Fairphone, Shiftphone, Rephone und Gigaset von der Konkurrenz abheben. Wir klären, wie viel Substanz hinter den Nachhaltigkeitsversprechen steckt und was die Geräte technisch taugen.

Noch mehr Heise-Know-how



ct Know-how jetzt im Handel und auf heise-shop.de



iX 2/2022 jetzt im Handel und auf heise-shop.de



ct Fotografie 01/22 jetzt im Handel und auf heise-shop.de

Von Hackern lernen!

**Heft + PDF
mit 29 % Rabatt**



Schützen Sie sich vor Angriffen! Das c't-Sonderheft zeigt Ihnen, wie Sie Netzwerk, PC, Smartphone und Online-Accounts absichern:

- Hacking-Tools als Problemlöser einsetzen
- Daten in Servern und Webanwendungen absichern
- Seriösen und sicheren VPN-Anbieter finden
- Aktuelle Hardware für 2-Faktor-Authentifizierung

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

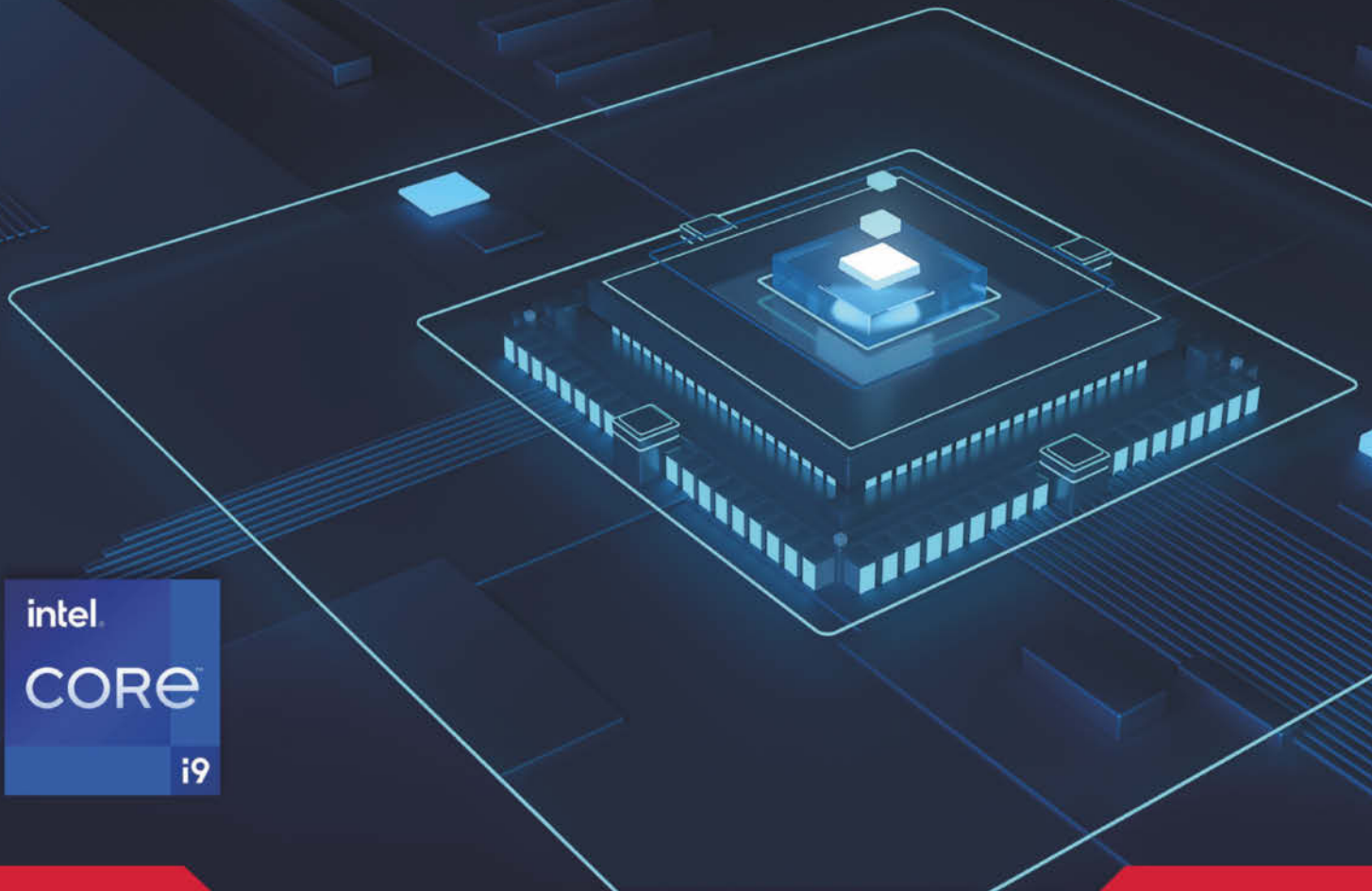


shop.heise.de/ct-securitytipps21

HETZNER

NEU!

DEDICATED ROOT SERVER EX100 INKLUSIVE INTEL® CORE™ i9-12900K PROZESSOR



CPU PERFORMANCE NEU DEFINIERT

Ausgestattet mit dem Intel® Core™ i9-12900K Prozessor der neuen "Alder Lake-S" Generation besticht der EX100 durch hohe Performance und energiesparende Effizienz der CPU Kerne.

In Kombination mit 128 GB DDR4 RAM und zwei 1,92 TB Gen4 NVMe SSDs Datacenter Edition bewältigt der Server vielfältige Use Cases in hoher Geschwindigkeit.

DEDICATED ROOT SERVER EX100

- ✓ Intel® Core™ i9-12900K 16-Core
- ✓ 128 GB DDR4 RAM
- ✓ 2 x 1,92 TB Gen4 NVMe SSD Datacenter Edition
- ✓ 100 GB Backup Space
- ✓ Unbegrenzter Traffic
- ✓ Standort Deutschland
- ✓ Keine Mindestvertragslaufzeit
- ✓ Setupgebühr 129,71 €

monatlich **129,71 €**

Alle Preise inkl. 19% USt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.
Alle Rechte bei den jeweiligen Herstellern.

Intel, das Intel Logo, Core und Core Inside sind Marken der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern.

www.hetzner.com