



**magazin für  
computer  
technik**

6.11.2021 **24**



**IT-Milliardär Tobi Lütke  
im Exklusiv-Interview**

**Beratung: Die richtige CPU, SSD und Grafikkarte für Sie**

# Der optimale PC 2022

**Bauvorschläge: Günstiger Mini, leiser Allrounder, Gaming**

**IM  
TEST**

- 5 Jahre Updates: Google Pixel 6
- FIDO2: YubiKey mit Fingerabdruck
- Erster 4K-OLED-Monitor mit 32 Zoll
- GPS-Tracker im Langzeittest
- Intel Core i-12000: Benchmarks

**Endlich ausgereift, bedienbar und sicher**

## Docker spart Geld und Nerven

**Günstige, flexible Tarife für jeden Bedarf**

## Kostenkontrolle mit Prepaid

**Sprachprothese gibt Gedanken aus**

**2-Euro-Flat: Digitale Medien von Bibliotheken**

**Linux: Flexible Multiboot-USB-Sticks bauen**

**CSS-Generatoren für schnelles Webdesign**

**Windows 11: Geschwindigkeitstests**

**Wer ist besser als Spotify?**

# Test: Alle Musikstreaming-Dienste

**Erste Anbieter mit neuem 3D-Sound • kompakte Lautsprecher**



€ 5,50

AT € 6,10 | LUX, BEL € 6,50

NL € 6,70 | IT, ES € 6,90

CHF 8.10 | DKK 60,00



An iceberg floating in the ocean. The visible tip of the iceberg is covered in a red and white striped pattern, resembling the flag of Denmark. The much larger, submerged part of the iceberg is dark and jagged. Sunlight rays penetrate the water, illuminating the underwater portion. In the background, there are rocky cliffs and a small town on a distant shore.

# Shift happens.

Sie müssen nicht auf alles  
vorbereitet sein, Ihre IT schon.



[www.cronon.net](http://www.cronon.net)

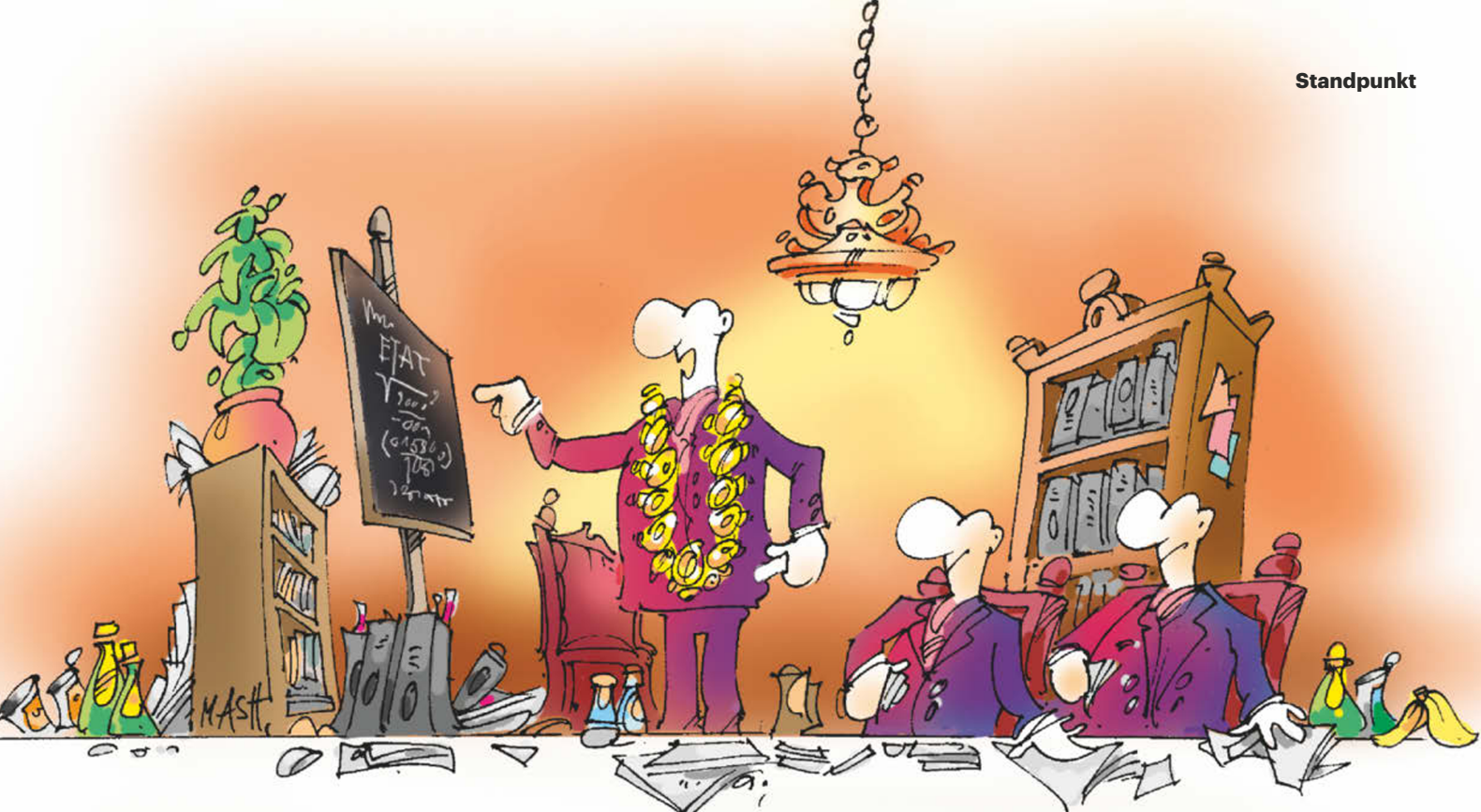
**Und wie zukunftsfähig ist Ihre IT?**  
**Sie haben es in der Hand. Wir machen es möglich.**

- flexible Cloud Infrastrukturen mit individuellem Service
- jederzeit verfügbare Anwendungen und Daten
- Lösungen für vereinfachte digitale Prozesse
- Entlastung durch Automatisierung und Managed Services

Machen Sie mehr aus Ihrer IT: [cronon.net/shift-happens](http://cronon.net/shift-happens) | [shift@cronon.net](mailto:shift@cronon.net)

 **Cronon**





## Digitalmuffel: Volksvertreter offline

Nachdem ich im September in den Gemeinderat gewählt wurde, habe ich mich in den letzten Wochen ein wenig mit den Satzungen unserer Kommune befasst. Dabei stieß ich auf eine Regelung, die merkwürdig erscheint: Ratsmitglieder, die auf eine postalische Zustellung der Ratsunterlagen verzichten und sie stattdessen über ein elektronisches Informationssystem beziehen, erhalten dafür eine zusätzliche Aufwandsentschädigung von 20 Euro pro Monat.

Die Regelung kam mir vor wie aus dem vorigen Jahrhundert. Worin sollte denn mein Mehraufwand bestehen, wenn ich Einladungen zu den Sitzungen per E-Mail und die Beschlussvorlagen zum Download als PDFs zur Verfügung gestellt bekomme? Da neue Besen bekanntlich gut kehren, wollte ich anstelle der Zusatzvergütung einen Abzug für jene Ratsleute einführen, die noch immer auf eine postalische Zustellung bestehen. Schließlich sollte die elektronische Kommunikation heute Standard sein.

Die Reaktionen meiner Mitstreiter fielen jedoch alles andere als begeistert aus. Es stellte sich heraus, dass die große Mehrheit den elektronischen Zugang bisher nicht genutzt hatte. Und viele wollten unbedingt auch weiterhin Papier zugesandt bekommen. Sonst benötige man ein mobiles Endgerät, auf dem man die Beschlussvorlagen

auch während der Sitzungen einsehen kann. Obwohl ein Gerät der 300-Euro-Klasse dazu sicher ausreichend, verfügt die im Rat versammelte bürgerliche Mitte offenbar nicht darüber.

Langsam verstehe ich, dass es die Kommunalverwaltung als zweite Gewalt im Ort nicht sonderlich eilig mit der Digitalisierung hat, wenn die erste Gewalt, die Volksvertretung, lieber berittene Boten beschäftigt. Leider ist die Volksvertretung damit womöglich sogar repräsentativ. Die geringe Nachfrage zur Nutzung des E-Perso oder von De-Mail zeigt: Nicht nur unser Staat, wir alle sind mehrheitlich ein Volk von eher trägen Digitalmuffeln. Wir müssen uns also über die schleppende Digitalisierung unserer Verwaltung nicht wundern. Schließlich bekommt jedes Volk genau die Digitalisierung, die es verdient.



Tim Gerber

Tim Gerber

## Titelthemen

### Der optimale PC 2022

- 16 **Maßgeschneidert** Hardware-Kaufberatung
- 22 **Bauvorschlag** Allround-PC mit Upgrade-Option
- 26 **Mini-PC für 333 Euro** Superleise und sparsam

### Test: Alle Musikstreaming-Dienste

- 62 **3D-Klang** Dolby Atmos vs. Sony 360RA
- 64 **Test** 8 Streaming-Dienste mit und ohne 3D
- 72 **3D-Lautsprecher** für Atmos und 360RA

### Kostenkontrolle mit Prepaid

- 100 **Smartphone-Tarife** Nie wieder zu viel zahlen

### Docker spart Geld und Nerven

- 146 **Container** Docker verstehen und loslegen

## Aktuell

- 12 **Facebook** Neuer Name, neue Enthüllungen
- 30 **Kryptowährungen** Tether unter Beobachtung
- 31 **Bezahlkarten** Mastercard attackiert Girocard
- 32 **Internet** Schufa vor dem EuGH, E-Perso
- 33 **E-Government** Wohnsitzmeldung digital
- 34 **Security** Unsicheres Deutschland
- 35 **Open Source** Ubuntu Desktop 21.10
- 36 **Bit-Rauschen** Apple M1 Pro/Max, teure Ryzens
- 37 **Netze** Wi-Fi-6E-Mesh von Netgear
- 38 **Intel Core i-12000: Benchmarks**
- 39 **Windows** PrintNightmare, USB-Drucker
- 40 **Forschung** Solar-Lkw, Raucher-Entwöhnung
- 41 **Linux-Smartphone** PinePhone Pro
- 42 **Smart Home** Mehr Kompatibilität mit „Matter“
- 43 **Sensoren** 6G-Mobilfunk für IoT-Geräte
- 44 **Anwendungen** FreeOffice, Readiris PDF
- 45 **In-Ears** Apple AirPods 3 mit Bass-Boost
- 46 **Apple** Mehr Schnittstellen im MacBook Pro
- 48 **c't I/O** Romane von c't-Autoren
- 49 **Spiele** Bausimulation Townscaper
- 50 **Windows 11: Geschwindigkeitstests**
- 58 **Web-Tipps** Sounds, Gespräche, Balkonoase

## Test & Beratung

### 78 Erster 4K-OLED-Monitor mit 32 Zoll

- 82 **Videoleuchte** Streamer Deluxe Control Kit
- 82 **Spielegrafikkarte** Asrock Radeon RX 6600 XT
- 84 **Falt-Smartphone** Samsung Galaxy Z Flip3 5G
- 86 **Android-Tablet** Nokia T20
- 88 **Bluetooth-Nachrüst-Kit** Vocomo kX-2 PSA V1
- 89 **Android Auto** WLAN-Adapter AAWireless
- 90 **Gaming-Headset** Epos H6Pro
- 91 **Dolby-Atmos-Soundbar** Sonos Beam Gen2
- 92 **HDMI-Streaming-Stick** Fire TV Stick 4K Max
- 92 **Audio-Extraktor** FeinTech VAX04101 HDMI
- 93 **TV-Streaming** Stick für Waipu.tv
- 94 **GPS-Tracker im Langzeittest**
- 96 **FIDO2: YubiKey mit Fingerabdruck**
- 98 **Bildbearbeitung** Photoshop Elements 2022
- 106 **5 Jahre Updates: Google Pixel 6**
- 110 **2-Euro-Flat: Digitale Medien von Bibliotheken**
- 170 **Action-Shooter** Far Cry 6
- 180 **Bücher** Python programmieren, Fotorecht

### 16 Der optimale PC 2022



Unser effizienter Sechskern-Allrounder ist leicht zusammengebaut und lässt sich zur High-End- oder Gaming-Maschine aufrüsten. Ökologisch und zugleich günstig ist unser besonders leiser Mini-PC für nur 333 Euro.



## Wissen

- 54 IT-Milliardär Tobi Lütke im Exklusiv-Interview**
- 114 Zahlen, Daten, Fakten** E-Government
- 116 Sprachprothese gibt Gedanken aus**
- 120 MIME** Wie der Anhang an die E-Mail kommt
- 124 CSS-Generatoren für schnelles Webdesign**
- 128 Semantic Versioning** Versionsnummern 2.0
- 132 Open Banking** Zweischneidiges Schwert
- 136 Grundlagen** Mikrocontroller, Mikroprozessor
- 172 Recht** EuGH erlaubt Dekompilieren

## Praxis

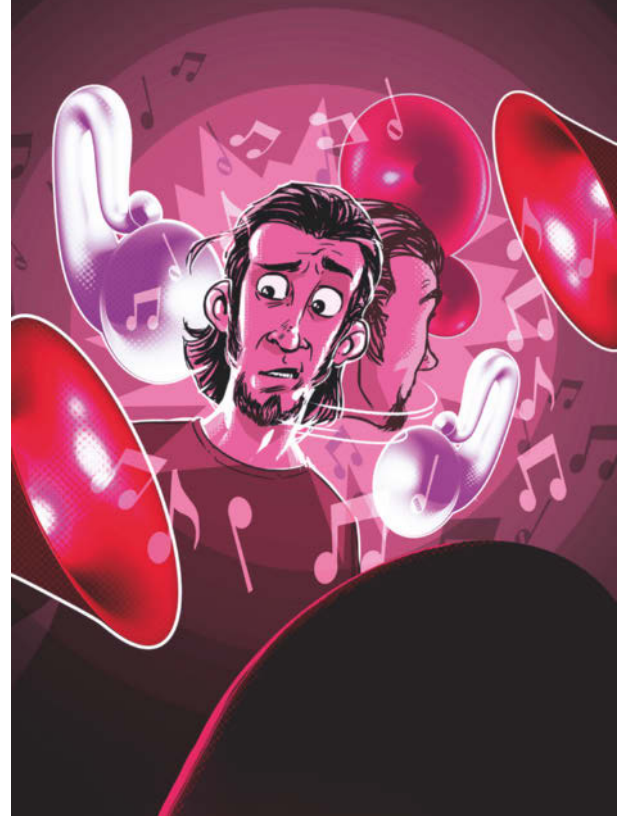
- 138 Arch Linux** einfacher installieren
- 142 Linux: Flexible Multiboot-Sticks bauen**
- 154 Security** Docker-Container scannen
- 156 Interaktive Textabenteuer** mit Twine
- 162 G-Code generieren** für CNC-Fräsen

## Immer in c't

- 3 Auf den Punkt** Volksvertreter offline
- 6 Leserforum**
- 11 Schlagseite**
- 60 Vorsicht, Kunde** Amazon liefert falsch
- 174 Tipps & Tricks**
- 178 FAQ** Solid State Disks
- 182 Story** Spamologie
- 191 Stellenmarkt**
- 192 Inserentenverzeichnis**
- 193 Impressum**
- 194 Vorschau 25/2021**

## 62 Test: Alle Musikstreaming-Dienste

3D-Sound öffnet neue Klangwelten – nicht nur für Goldöhrchen. Einige der getesteten Streaming-Dienste fahren schon damit auf. Außerdem im Test: 3D-Lautsprecher für Dolby Atmos und Sony 360 Reality Audio.



Frisch aus  
**c't Nerdistan**

- 54 Exklusiv-Interview** mit IT-Milliardär Tobi Lütke
- 162 G-Code für CNC-Fräsen** generieren mit FreeCAD

**c't Hardcore**

- 142 Linux** Flexible Multiboot-Sticks bauen
- 154 Security** Docker-Container prüfen mit Trivy

## Strukturiert sammeln

Standpunkt: Denken statt suchen, c't 23/2021, S. 3

Ihr Link-Problem kann ich gut nachvollziehen und hatte ich auch bis vor ein paar Jahren. Dann begann ich, einen eigenen Atlassian Confluence Server aufzusetzen und mein Leben änderte sich zum Guten. Nicht nur, dass ich in unserem Unternehmen eine 500er DataCenter-Instanz (Confluence, Jira, Crowd, Bitbucket, Bamboo) verwalte, ich nutze in der Familie eine 10er Server-Edition sehr intensiv: Reiseberichte, Planungen, Kochrezepte, Merkzettel mit Links: Alles landet in unserem Confluence.

Marc Hornschuh ✉

## Extremfall mit 200 Tabs

Dass mir mal Webseiten durch die Lappen gehen, hatte ich auch schon hin und wieder. Inzwischen habe ich es mir angewöhnt, Webseiten im Browser erst gar nicht zu schließen und so etwa drei oder vier Browserfenster mit im Extremfall 200 Tabs offenzulassen. Das einzige Problem dabei ist der Speicherverbrauch. Aber für mich ist diese Vorgehensweise nützlich. Nicht nur wegen der interessanten Webseiten, für die ich momentan keine Zeit habe. Auch um Sachen wie Fotosammlungen abzugleichen.

Karsten Meyer ✉

## Wir freuen uns über Post

✉ redaktion@ct.de

💬 c't Forum

f c't Magazin

🐦 @ctmagazin

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

Antworten sind kursiv gesetzt.

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

## Unsicher und unlogisch

Website-Schnellbau mit WordPress, c't 23/2021, S. 60 ff.

Ich bin Softwareentwickler und betreue eine kleine Webpräsenz, die mit WordPress erstellt wurde. WordPress und seine Plug-ins haben ständig massive Sicherheitslücken. Ich muss mindestens einmal pro Woche ein Update durchführen. Nach einem dieser Updates war die Webseite nicht mehr funktionsfähig. Nicht mal die Admin-Seite ließ sich mehr öffnen.

Dabei ist die Webseite sehr einfach gestrickt und hat nur statischen Inhalt. Doch der Aufbau einer Seite ist völlig un intuitiv. Weder die Besitzerin der Webseite noch ich schaffe es, ein neues Element auf einer Seite zu platzieren, ohne dass das ganze Layout gesprengt wird. Für mich ist das Verhalten des Editors völlig unlogisch und unverständlich.

FHS ✉

## Weniger ist mehr

Die Sache mit den Updates halte ich für sehr wichtig, die Aussage im Text ist aber meines Erachtens veraltet: Sowohl für Plug-ins, Themes und die Gesamtinstallation gibt es schon seit einiger Zeit, wenn auch an unterschiedlichen Stellen, die Option „Automatische Updates“. Diese sollten normalerweise aus Sicherheitsgründen eingeschaltet sein.

Ein Hinweis auf XAMPP als Testserver für eine lokale WordPress-Installation als Spielwiese wäre gut gewesen. Und weniger ist mehr! Das gilt unbedingt bei Themes (auch Premium-Themes), Pagebuildern und Plug-ins.

Albrecht Lang ✉

## Elektroschrott 2.0

Wie Sie erkennen, ob Ihr PC die Hardware-Anforderungen für Windows 11 erfüllt, c't 22/2021, S. 22

In unserem Haushalt gibt es vier PCs: zwei Desktoprechner und zwei Laptops. Die Anforderungen an Kerne, RAM, Taktgeschwindigkeit et cetera sind alle gegeben. Windows 11 lässt sich aber nur auf einem PC installieren. Die anderen drei CPUs

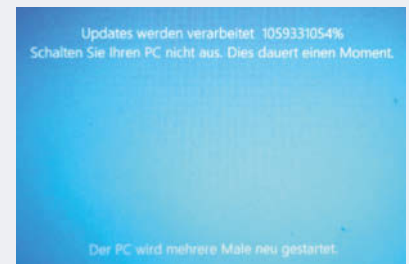


Bild: Reinhard Blanck

Bei unserem Leser Reinhard Blanck dauerte das Update eines drei Jahre nicht benutzten Notebooks insgesamt 40 Stunden. Kein Wunder, lag die Menge der verarbeiteten Updates doch sehr weit über 100 Prozent.

werden aber unsinnigerweise nicht unterstützt.

Zugegeben sind die betroffenen PCs älter, aber sie erfüllen ihren Zweck sehr gut. Sollte der Support von Windows 10 in circa vier Jahren auslaufen, sind die Geräte praktisch Elektroschrott. Auch wenn es noch einige Zeit dauert, Nachhaltigkeit geht anders.

Hans-Jürgen Brandt ✉

## KI einfach überlisten

Wie künstliche Intelligenz die Kriegsführung verändert, c't 22/2021, S. 148

Sie schreiben: „Autonome Waffensysteme sind zudem anfällig gegenüber digitalen und physischen Angriffen auf ihre künstlichen neuronalen Netze, die sie unter anderem zur Interpretation von Bilddaten nutzen. Solche Angriffe umfassen beispielsweise leichte Veränderungen von Bildern, die für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind.“

Warum so kompliziert? Wenn die KI gelernt hat, dass ein Gewehr ein Ding ist, das so aussieht wie ein Rohr mit der Farbe Oliv, Braun, Schwarz oder Tarnanstrich, dann hebele ich sie dadurch aus, dass ich das Gewehr gelb bemale und bunte Bänder daran befestige. Bei den Entwicklungs- und Laufzeiten in der Wehrtechnik habe ich für viele Jahre wieder den Vorteil.

Ingo Rüttinger ✉



# Panasonic

See it all

Feel it all

## Fernsehen wie im Kino

Der OLED TV JZW2004\* bietet ein Heimkino-Erlebnis wie nie zuvor. Bildschärfe, Helligkeit, Schwarzwerte und Farben revolutionieren die Sehgewohnheiten. Nach oben und seitlich abstrahlende Lautsprecher tuned by Technics liefern sogar raumfüllenden Dolby Atmos® Sound. Der Ultra HD Blu-ray™ Player UB9004 ist der optimale Zuspeler für Ihr Hollywood-Heimkino.

[panasonic.de/heimkino](http://panasonic.de/heimkino)

\*Energieeffizienzklasse: 65" und 55": G [Skala A bis G].



ULTRAHD  
Blu-ray

A Better Life, A Better World

## Föderalismus ist Teil des Problems

Schleswig-Holsteins Digitalminister über den Wechsel zu Open Source, c't 23/2021, S. 34

16 Länder und der Bund: Alle lassen selber bauen. Jeder weiß es besser. Jeder hat auch so spezielle Bedürfnisse. 17 Aufträge bedeuten 17-mal Kosten für 17 kleine Lösungen. Der Föderalismus in Deutschland ist ein erheblicher Teil des Problems. Sicher ist ein Zentralstaat auch nicht der Königsweg, aber Kooperation wäre so viel klüger, preiswerter und technisch sinnvoll. Zum Beispiel zwei kommerzielle und zwei FOSS-Lösungen, und dann schaut man, wie sie sich schlagen.

Oberodin

## Rückschritt in Kauf nehmen

Momentan dürfte der Betrieb mit Microsoft-Produkten einfacher sein. Ich würde aber für einen Wechsel auf Open Source oder Software unter europäischer Kontrolle auch einen zeitweisen Rückschritt in Kauf nehmen. Eine monopolartige und wachsende Abhängigkeit ist nie gut.

Wenn SH den Wechsel auf Open Source schafft, ist das doch gut für alle: Microsoft müsste zum Markterhalt nachlegen, datenschutzkonformer oder billiger werden. Also: Wollen wir jedes Jahr mehr in die digitale Abhängigkeit geraten oder wollen wir eine selbstbestimmte und selbst kontrollierte IT haben, mit etwas an Anlaufkosten?

Brimmi

## c't Extra Retro

### Höhepunkte mit dem Apple IIc

Vierzig Jahre Notebook-Geschichte: vom NASA-Computer zum Ultrabook, c't Retro 2021, S. 8

Es lässt sich trefflich darüber streiten, ob der Apple IIc bereits ein „echtes“ Notebook war oder nicht. Jedenfalls war das zwischen 1984 und 1987 gebaute Kleinod der erste ohne Sackkarre mobile Computer für alle. Apple lieferte ursprünglich einen kleinen Monitor und ein großes Netzteil mit, später gab es in den USA sogar LCDs und über Drittanbieter ein Batteriepack – also ein „echtes“ Notebook dank Zubehör. Jedenfalls hat mich mein



Ilc über mein ganzes erstes Studium hinweg treu begleitet – inklusive diverser Umzüge zu Praktika.

Der Höhepunkt war dabei sicher die allererste Bildschirmpräsentation, die meine Uni je gesehen hat! Es dauerte keine drei Minuten, bis ich den Rechner aufgebaut und gestartet hatte – die Verbindung zum kühlschrankgroßen Beamer kam über einen TV-Adapter zustande. Die Professoren glaubten ihren Augen nicht zu trauen. ClarisWorks (AppleWorks) war damals schon sehr weit fortgeschritten.

Roland Maika

## Computerclub macht weiter

Der WDR Computerclub – seiner Zeit voraus, c't Retro 2021, S. 166

Vielen Dank für den schönen Artikel über die zwei Wolfgangs. Ich hätte mir zum Abschluss noch den Hinweis gewünscht, dass die beiden nach der Einstellung der Sendung 2003 im Jahr 2006 privat mit dem „Computerclub 2“ zuerst als Podcast, 2007 dann zusätzlich als Video weitermachen und dass seit 2016 Wolfgang Rudolph dieses Projekt alleine auf www.cc2.tv, neuerdings mit Unterstützung seines Sohns, bis heute weiterführt.

Jörg Walther

## Computernacht

Eine Computernacht im Nixdorfmuseum habe ich auch damals mitgemacht. Obwohl ich kein Nachtmensch bin, habe ich bis morgens durchgehalten, weil alles so spannend war. Leider war in den 80er-Jahren Computertechnik relativ teuer und veraltete sehr schnell. Von einem Amiga ZX 81 habe ich dann als Bausatz erworben, was meine Bastelleidenschaft anregte. Leider gab es damals nicht so tolle Dinge wie Arduino, ESPs und Raspberrys. Als Ersatz der Computernacht fand ich die Maker Faire in Hannover immer anregend.

Wolfgang Jording

## Ergänzungen & Berichtigungen

### PulseAudio, nicht ALSA

Bit-Rauschen, c't 23/2021, S. 40

Der Linux-Entwickler Lennart Poettering hat unter anderem an PulseAudio federführend mitgearbeitet und nicht an ALSA, wie behauptet.

### Nukleoside, nicht Nukleinsäuren

Wie Kopierfehler gegen Covid-19 helfen können, c't 23/2021, S. 48

Im Artikel haben wir Nukleoside gemeint, aber Namen von Nukleinsäuren verwendet. Korrekt heißen die vier grundlegenden Nukleoside (Nukleinsäuren plus Zuckerrest) Adenosin, Uridin, Cytidin und Guanosin.

### Kleiner Lüfter

Hübscher Raspi-Turbo, c't 23/2021, S. 76

Der Lüfter des Raspi-4-Gehäuses misst nur 30 Millimeter, nicht 30 Zentimeter.

## Fragen zu Artikeln

✉ Mail-Adresse des Redakteurs am Ende des Artikels

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





**INKLUSIVE:**

**12** .de-Domains

**Webkonferenz-  
Lösung**

**SSL-Certs für  
alle Domains!**



## Für Durchblicker: Homepage Clever

**12 .de-Domains inklusive**

**Mit Webkonferenz-Lösung**

- > Webbaukasten inklusive
- > SSL-Certs von Let's Encrypt für alle Domains per Mausklick
- > 100 GB SSD-Webpace
- > Zusätzlicher Onlinespeicher (30 GB)
- > 5 externe Domains
- > 1.000 E-Mail-Adressen
- > 100 GB E-Mail-Speicher
- > 100 aktuelle 1-Klick-Applikationen
- > 100 SSD MySQL-Datenbanken

**Aktion  
noch bis Ende  
November 2021!**

Keine Bestellungen  
nach dem  
30.11.2021.

**2,29**  
€/Monat\*

**Dauerpreis**

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

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

Die Online-Konferenzen zur secIT by Heise

# secIT Special

## IT-Security im Fokus

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

### DIE THEMEN

#### IR, SOC und SIEM

Verteidigungschinesisch  
(nicht nur) für Anfänger!  
*Im Kombi-Ticket als  
Aufzeichnung erhältlich*

#### Cybersicherheit für KMU

Kaufen, mieten oder  
selber machen?  
*Im Kombi-Ticket als  
Aufzeichnung erhältlich*

9. Dezember 2021

#### Hacking for Security

Was Sicherheitstests für  
Unternehmen bringen!



**JETZT ANMELDEN**

[konferenzen.heise.de/secit-special](https://konferenzen.heise.de/secit-special)

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





dpa. Aufgrund eines Netzwerkfehlers kam es gestern Nachmittag zu einem 17-minütigen Ausfall von Facebook, WhatsApp und Instagram. (Symbolbild)

# Profit um jeden Preis

## Interna zeichnen ein verheerendes Bild der Facebook-Führung

**Facebooks Algorithmen befördern Hass, seine Fake-News-Bekämpfung ist mangelhaft, für Promis gelten eigene Regeln, Instagram ist schädlich für Jugendliche: Insider werfen Facebook nicht nur vor, dass es diese Probleme gibt, sondern auch, dass sie firmenintern seit Jahren bekannt sind und der Konzern kaum etwas dagegen unternommen hat.**

Von Jo Bager

**D**ie Whistleblowerin Frances Haugen hat Tausende Seiten interner Dokumente von Facebook öffentlich gemacht. Diese Facebook Files haben es in sich. Sie beweisen, so Haugen, dass das Unternehmen „die Öffentlichkeit wiederholt darüber in die Irre geführt hat, was die eigene Forschung über Sicherheit für Kinder offenlegt, über die Wirksamkeit seiner künstlichen Intelligenz und über seine Rolle bei der Verbreitung spaltender und extremistischer Mitteilungen.“

Haugen hatte 2018 bei Facebook angeheuert. Ab 2019 arbeitete sie als leitende Produktmanagerin im Team „Civic Misinformation“. Dessen Aufgabe war es, Falschinformationen und Hetze entgegenzutreten. Haugen glaubte nach eigener Aussage aber bald nicht mehr daran, dass ihr Team etwas bewirken könne. Sie entschied sich, als Whistleblowerin die Allgemeinheit über die Missstände bei Facebook zu informieren. Im Mai 2021 verließ sie das Unternehmen mit großen Mengen Material, das sie seitdem verschiedenen Medien zugänglich gemacht hat.

Zusätzlich hat sie acht Beschwerden bei der US-amerikanischen Börsenaufsicht SEC eingereicht. Sie ist der Ansicht, dass Facebook in öffentlichen Erklärungen das Ausmaß von und sein Wissen um

schwerwiegende Probleme mit Produkten gegenüber den Anlegern mutwillig falsch dargestellt und damit gegen Wertpapiergesetze verstoßen hat. Außerdem war Haugen vor dem US-Senat und dem britischen Parlament geladen, um den Politikern in den beiden Ländern ihre Sicht der Probleme bei Facebook darzulegen.

Einige der Anschuldigungen aus den Facebook Files knapp zusammengefasst:

- Nicht für alle der knapp drei Milliarden Nutzer von Facebooks Plattformen gelten die gleichen Regeln, obwohl Facebook-Chef Mark Zuckerberg das immer wieder behauptete, sogar unter Eid vor dem US-Senat. Facebook habe ein System namens XCheck geschaffen, das knapp sechs Millionen Nutzer, vor allem Prominente, von der Anwendung der Inhaltsregeln ausnahm. Dadurch hätten sie sich Fehlritte erlauben können, die bei gewöhnlichen Mitgliedern sanktioniert worden wären.
- Die Inhalte, die Jugendliche auf Instagram sehen, sind eine Gefahr für ihr Selbstwertgefühl, können Depressionen auslösen oder sogar Suizidgedanken hervorrufen. So gehe es einem Drittel der Mädchen, die sich unwohl in ihrem Körper fühlen, schlechter, wenn sie Instagram nutzen. Das ist nur eine von vielen Zahlen aus internen Studien zu den negativen Effekten auf Jugendliche.

- Facebook hat sich zum Ziel gesetzt, mehr jüngere Kinder an sich zu binden. „Warum sollten wir uns um Tweens kümmern?“, zitiert das Wall Street Journal ein Dokument aus dem Jahr 2020, das auch gleich die Antwort gibt: „Sie sind eine wertvolle, aber ungenutzte Zielgruppe“. Als „Tweens“ bezeichnet man im Englischen Kinder ungefähr im Alter von 10 bis 13 Jahren. Mit dem Messenger Kids betreibt Facebook bereits ein erstes Produkt für unter 13-Jährige. Für Instagram sollte ein ähnliches Produkt folgen. Nach Kritik liegt das Projekt aber derzeit auf Eis.
- Facebooks Newsfeed-Algorithmen bevorzugen Posts, die negative Emotionen wie Empörung und Sensationsgier erzeugen. Das Wall Street Journal berichtet detailliert über eine Änderung des Newsfeed-Algorithmus im Jahr 2018, die dazu führen sollte, die Bindungen zwischen den Nutzern zu stärken und Interaktionen zwischen Freunden und Familie zu fördern. Facebook sollte ein friedlicherer Ort werden – zugleich sollten die Maßnahmen die Interaktionsraten in die Höhe treiben. Als sich zeigte, dass die Änderungen zwar zu mehr Interaktion, aber auch zu mehr Empörung führten, wehrte sich Mark Zuckerberg persönlich gegen einige vorgeschlagene Korrekturen. Er befürchtete, dass diese die Inter-



**Frances Haugen äußert bei ihrer Anhörung im US-Senat schwere Vorwürfe gegenüber Facebook.**



aktion der Menschen auf Facebook wieder reduzieren würden.

- Beim sogenannten Engagement Based Ranking entscheiden Algorithmen auf Basis von Kommentaren, Likes und Weiterverbreitungen, wer bei Facebook und Instagram was vorgesetzt bekommt. Das Problem: Facebook legt die Algorithmen nicht offen, sie werden von keiner unabhängigen Stelle kontrolliert: „Nur Facebook weiß, wie es den Newsfeed für Sie personalisiert.“ Das sei für einen so mächtigen und extrem profitablen Konzern nicht länger zu dulden.
- Facebooks KI hilft kaum, schädliche Inhalte zu erkennen. „Wir werden vermutlich niemals ein Modell haben, das auch nur die Mehrheit der Integritätsverletzungen erkennt, vor allem in sensiblen Bereichen“, zitiert die Süddeutsche Zeitung einen Facebook-Forscher in einem Memo aus 2019. Er spreche von einer Erkennungsrate von zwei Prozent, eine andere interne Studie nennt drei bis fünf Prozent.
- Es gibt zu wenige Moderatoren für schädliche Inhalte, vor allem in der nicht englischsprachigen Welt. So würden für viele Länder, in denen Arabisch gesprochen wird, Moderatoren fehlen.

### „Arbeit falsch dargestellt“

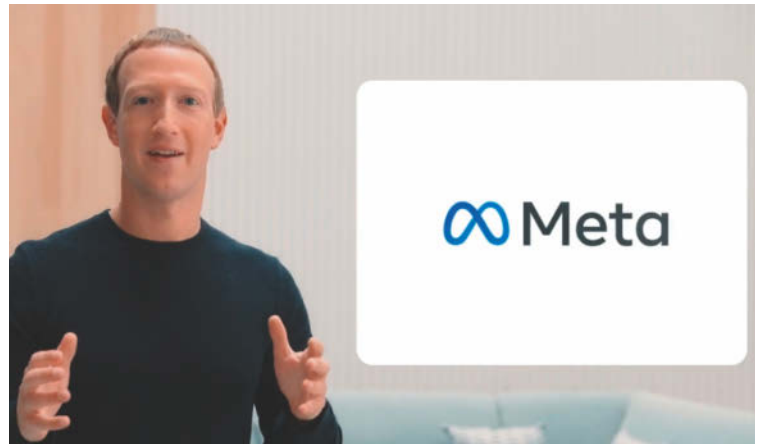
Facebook wehrt sich vehement gegen diese und weitere Vorwürfe. Mark Zuckerberg schrieb in einem Blog-Post, sein Unternehmen stelle Profit nicht über Sicherheit und Wohlbefinden. Beispielsweise habe sein Netzwerk die Newsfeeds so geändert, dass weniger virale Videos und mehr Inhalte von Freunden und Familie gezeigt würden. Das habe Facebook eingeführt, obwohl dem Unternehmen klar gewesen sei, dass die Menschen dann weniger Zeit im Netzwerk verbringen würden.

Facebook gibt an, dass es zur Fake-News-Bekämpfung 15.000 Moderatoren für mehr als 70 Sprachen der Welt beschäftigte, auch für Arabisch in Jemen, Libyen, Saudi-Arabien und Irak. Laut Guy Rosen, „VP of Integrity“, hat Facebook die Rate der angezeigten Hassmails innerhalb der letzten drei Quartale um 50 Prozent gesenkt. Bei nur 0,05 Prozent der angesehenen Inhalte handele es sich um Hassrede.

### Fake News leicht gemacht

Frances Haugen ist nicht die erste Facebook-Whistleblowerin. Schon im Jahr 2020 hat Sophie Zhang systematische Probleme und zweifelhafte Entscheidungen

**Auf der Entwickler-Hauskonferenz Connect stellte Mark Zuckerberg den neuen Konzernnamen vor.**



gen bei Facebook angeprangert. Zhang hatte seit 2018 als Data Scientist im sogenannten Site Integrity Fake Engagement Team gearbeitet. Ihre Aufgabe war es, Bot-Accounts zu bekämpfen.

Sie meldete viele verdächtige Bot-Netzwerke in mehr als zwanzig Ländern. Bei einem Netzwerk, das den honduranischen Präsidenten Juan Orlando Hernández unterstützte, dauerte es mehr als ein Jahr, bis Facebook schließlich die betroffenen Profile löschte. In vielen anderen Fällen unternahm Facebook nichts, weil die Netzwerke nicht die wechselnden — Kriterien von Facebook erfüllten, um für Sperrungen priorisiert zu werden, so Zhang. Ganz generell beschreibt sie die Entscheidungsprozesse als unüberlegt und planlos. 2020 wurde sie von Facebook entlassen.

Im April 2021 war der Onlineplattform BuzzFeed eine interne Untersuchung darüber zugespielt worden, welche Rolle Facebook beim Angriff auf das US-Kapitol am 6. Januar gespielt hat. Obwohl sich das Unternehmen monatelang auf eine mögliche Delegitimierung der Wahl durch Trump und seine Anhänger vorbereitet hatte, hieß es laut BuzzFeed in dem Bericht, dass diese Bemühungen von einem mächtigen Netzwerk koordinierter Konten ausmanövriert würden.

Hätte Facebook wirksamer gegen die „Stop the Steal“-Bewegung der Trump-Anhänger vorgehen können? Die Non-Profit-Organisation Media Matters of America weist darauf hin, dass Facebook

nicht einmal auf eigene Schutzmechanismen hätte zurückgreifen müssen, um zu erkennen, dass es sich um eine konzertierte Aktion zur Delegitimierung der Wahl handelt. Zahlreiche Medien hätten schon im November darauf hingewiesen, wie der Slogan benutzt wurde, um in Facebook-Gruppen massenhaft Falschinformationen zu verbreiten.

### Noch mehr Whistleblower

Im Rahmen der Veröffentlichungen rund um die Facebook Files sind weitere Whistleblower an Medien herangetreten, die über Missstände berichten – wenn gleich bis dato anonym. So wirft ein ehemaliger Mitarbeiter dem Unternehmen in

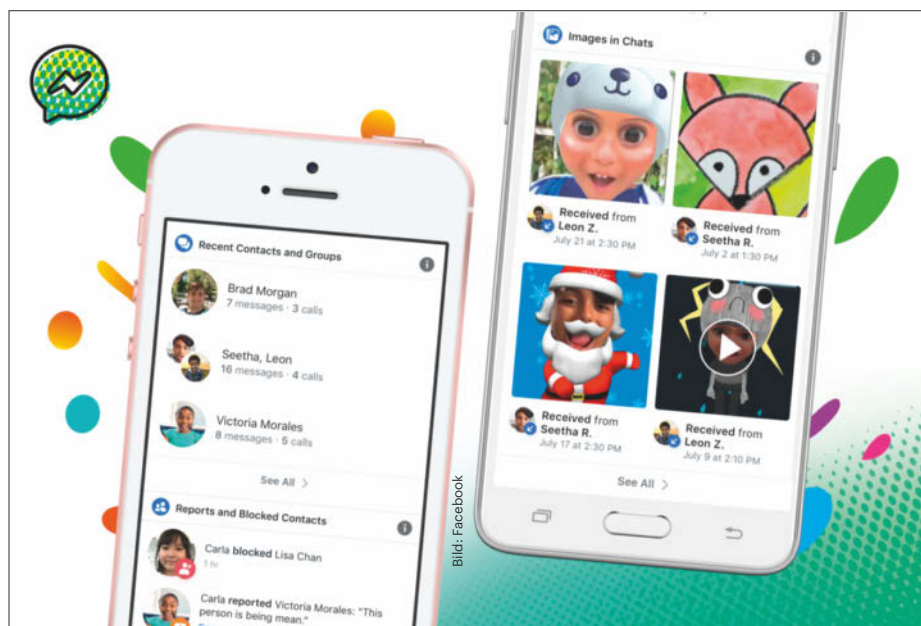
einer Beschwerde bei der US-Börsenaufsicht ebenfalls vor, Profit über Integrität zu stellen.

Er hat einem Bericht der Washington Post zufolge für Facebooks „Integrity“-Team gearbeitet, das Nutzer der Plattformen vor

schädlichen und illegalen Inhalten schützen soll. Ihm zufolge haben Facebooks Führungskräfte diese Bemühungen wiederholt unterlaufen, um das Wachstum der Plattform nicht zu gefährden oder die US-Regierung unter Donald Trump nicht zu verärgern. So habe es unter anderem eine „Weiße Liste“ mit Medien gegeben, die von Facebooks internen Prüfverfahren ausgenommen wurden. Auf dieser Liste soll auch das rechtskonservative Portal Breitbart News gestanden haben, das Steve Bannon geleitet hat, bevor er Trumps Berater wurde.

## »Nur Facebook weiß, wie es den Newsfeed für Sie personalisiert.«

Frances Haugen



**Mit Messenger Kids betreibt Facebook bereits ein Produkt für unter 13-Jährige.**

In einem anderen Bericht über einen recht aktuellen Fall beruft sich die Washington Post auf drei nicht genannte Insider. Im Vorfeld des Nationalkongresses der in Vietnam regierenden Kommunistischen Partei habe Mark Zuckerberg persönlich veranlasst, dass die Zensur regierungskritischer Beiträge deutlich verschärft wurde. Das Unternehmen, das sonst die Fahne der Meinungsfreiheit hochhalte, habe sich aus Gründen des Profits zum Helfershelfer der vietnamesischen Zensur gemacht.

### Harte Gegenwehr

Die Veröffentlichungen sind nicht nur ein PR-GAU für Facebook, sondern gewähren einen Blick hinter die Kulissen, gegen den sich der Konzern bisher immer mit allen Mitteln gewehrt hat. Unter anderem hat er zwei Forschungsvorhaben blockiert, die sich mit dem Einfluss der Plattform auseinandergesetzt haben.

Im August sperrte Facebook alle Konten, Apps, Seiten und Zugänge, die mit dem Projekt AdObserver der New York University (NYU) zu tun hatten. Mit dem Projekt wollten Wissenschaftler herausfinden, wer wann welche politischen Anzeigen in dem sozialen Netzwerk sieht.

Facebook begründet die Blockade damit, dass im Rahmen des Projekts zu viele Daten abfließen würden, was gegen Facebooks Richtlinien verstoße. Das erscheint vorgeschoben, denn beim AdObserver-Projekt flossen keine Daten von

Nutzern ab, die sich damit nicht explizit einverstanden erklärt haben: Das Projekt stütze sich auf die Freiwilligkeit der teilnehmenden Facebook-Nutzer, die für die Freigabe ihrer Daten eigens eine Browser-Erweiterung installieren mussten. Facebook behauptete auch, dass die Sperre Teil eines von der US-Handelsbehörde FTC auferlegten Datenschutzprogramms sei. Dafür wurde Mark Zuckerberg in einem offenen Brief der SEC gerüffelt: Tatsächlich sei das AdObserver-Projekt ganz im Sinne des Datenschutzprogramms.

Die deutsche Organisation AlgorithmWatch musste ein ähnliches Projekt auf Facebooks Plattform Instagram beenden. AlgorithmWatch wollte untersuchen, wie der Algorithmus von Instagram Bilder und Videos priorisiert. Nachdem Facebook im August 2021 „formelle Schritte“ angedroht hatte, hat AlgorithmWatch sein Projekt beendet.

### Was ist zu tun?

Haugen forderte bei ihrer Anhörung vor dem US-Parlament mehr Transparenz von Facebook: „Facebooks Verhaltensmuster ist verstecken hinter Mauern und Agieren im Schatten. Und sie haben viel zu viel Macht in unserer Gesellschaft, um in dieser Weise operieren zu dürfen“, mahnte sie. Verantwortlich sei Mark Zuckerberg, als CEO, Vorsitzender des Verwaltungsrates und Eigentümer von etwa 55 Prozent aller Stimmrechte.

Haugen hält Facebooks Probleme für lösbar. „Ein sichereres, angenehmeres soziales Netzwerk, das die freie Rede respektiert, ist möglich.“ Die Auswahl der Inhalte auf Basis der Interaktionen müsse enden. Besser sei ein umgekehrt chronologischer Feed, bei dem die Nutzer selbst entscheiden, wem sie folgen und wessen Postings sie sehen möchten, mit moderatem Spamfilter.

Andere Ideen gehen in eine ähnliche Richtung, wenngleich nicht ganz so weit. So schlägt Casey Newton, der den einflussreichen Social-Media-Newsletter The Platformer herausgibt, vor, dass Facebook seine Ergebnisse routinemäßig veröffentlichen und seine Daten überprüfen lassen sollte. Das würde es qualifizierten Forschern erheblich erleichtern, die Plattform unabhängig zu untersuchen.

Mark Zuckerberg selbst fordert mehr Regulierung für sein Unternehmen. Soziale Probleme anzugehen sei nicht allein Sache von Privatunternehmen, schrieb der Facebook-Chef in einem Post. Deshalb habe er wiederholt von der Politik neue Regeln für den Umgang mit politischen Wahlen, schädlichen Inhalten, Datenschutz und Wettbewerb gefordert.

Es sieht ganz so aus, als würde sein Wunsch in der Europäischen Union bald erfüllt. Die EU arbeitet derzeit an zwei Vorhaben, mit denen sie große Internetkonzerne stärker an die Leine legen will: den Digital Markets Act (siehe S. 32) und den Digital Services Act. Eigentlich wollte der Binnenmarktausschuss des EU-Parlaments über die Entwürfe am 8. November abstimmen. Das wurde vertagt: Man hat Frances Haugen eingeladen, um zu hören, was sie zu sagen hat.

Der Facebook-Konzern will derweil nicht mehr Facebook heißen, sondern benennt sich zu Meta um. Die Marke Facebook sei ikonisch, sagte Mark Zuckerberg anlässlich der Entwickler-Hauskonferenz Connect. Sie stünde aber nicht mehr für alles, was Facebook mache. Das Unternehmen baut am sogenannten Metaversum, einem kollektiven Raum, in dem die reale und virtuelle Welt verschmelzen. Die neue Dachmarke Meta soll die „alten“ Apps und den neuen Geschäftszweig vereinen. Zuckerbergs Keynote endete mit den Worten: „Die Zukunft liegt jenseits dessen, was wir uns vorstellen können.“ Angesichts der Enthüllungen klingt das wie eine Drohung. (jo@ct.de)

**Quellen:** [ct.de/yjra](https://ct.de/yjra)





## B1 Consulting Managed Service & Support

individuell – umfassend – kundenorientiert

Neue oder bestehende Systemlandschaften stellen hohe Anforderungen an Ihr IT-Personal. Mit einem individuellen Support- und Betriebsvertrag von B1 Systems ergänzen Sie Ihr Team um die Erfahrung und das Wissen unserer über 140 festangestellten Linux- und Open-Source-Experten.

Unsere Kernthemen:

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

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



**B1 Systems GmbH - Ihr Linux-Partner**

Linux/Open Source Consulting, Training, Managed Service & Support

ROCKOLDING · KÖLN · BERLIN · DRESDEN

[www.b1-systems.de](http://www.b1-systems.de) · [info@b1-systems.de](mailto:info@b1-systems.de)

# Der optimale PC 2022

So finden Sie die besten Prozessoren, SSDs, Arbeitsspeicher & Co. für Ihre Ansprüche



<b>Kaufberatung PC-Komponenten .....</b>	<b>Seite 16</b>
<b>Bauvorschlag Allrounder mit Ryzen-Sechskernprozessor .....</b>	<b>Seite 22</b>
<b>Bauvorschlag Mini-PC für 333 Euro .....</b>	<b>Seite 26</b>



## Selten war es so spannend, aber auch so lohnend, sich einen neuen PC zu gönnen: Sei es, weil die Leistung nicht mehr ausreicht oder weil der alte nicht mehr zu Windows 11 kompatibel ist. Unsere Tipps und Bauvorschläge helfen Ihnen beim optimalen Rechner.

Von Carsten Spille

**W**enn Sie dieses Heft in Händen halten, stellt Intel gerade seine zwölfte Core-Generation mit Alder-Lake-Architektur vor, um bei den Desktop-Prozessoren wieder mit AMDs rasend schnellen Ryzen-5000-CPU's konkurrieren zu können (siehe S. 38). Doch nicht jeder braucht ein solches High-End-System und nicht alle Komponenten sind auch zu Preisen verfügbar, bei denen man noch guten Gewissens zugreifen kann – aktuelles Promi-Beispiel sind Spielergrafikkarten.

Unsere Artikelstrecke zum optimalen PC hilft Ihnen dabei, die für Ihre Zwecke passenden Bauteile zu identifizieren und führt Sie durch die Komponentenauswahl und Montage zweier Bauvorschläge. Unser aktueller Allrounder ab Seite 22 ist mit einem sechskernigen Ryzen 5 5600G mit integrierter Grafik bestückt, sodass er als Alltagsrechner sowie für Bildbearbeitung oder einfachen Videoschnitt vollkommen ausreicht. In der Basiskonfiguration braucht er lediglich 14 Watt im Leerlauf. Für mehr Power lässt sich mit einem anderen Prozessor auf bis zu 16 Kerne aufrüsten und mit einer leistungsstarken Grafikkarte in eine formidable Gaming-Maschine verwandeln. Netzteil, Kühlung und Gehäuse sind auf beide Bestückungsvarianten bereits ausgelegt.

Alternativ bieten wir einen günstigeren Bauvorschlag auf Basis des Mini-PC-Barebones Asrock DeskMini H470 an, der für einfache alltägliche Aufgaben ebenfalls ausreicht, aber weniger Luft nach oben hat. Ein stärkerer Prozessor, mehr Arbeitsspeicher und weitere Massenspeicher sind auch hier kein Problem, steigern aber gegebenenfalls die Lärmbelastung unter Last,

weil das Gehäuse nur sehr flache Kühler aufnimmt. Eine schnelle Grafikkarte muss man sich mangels PEG-Steckplatz, ausreichender Netzteilleistung und Platzangebot abschminken. Dafür lässt sich der Mini bei Bedarf hinter dem Monitor montieren und verschwindet so aus dem Sichtfeld.

Wer sich einen neuen PC kaufen will, sollte zunächst abwägen, ob eventuell ein Komplettsystem von einem großen Anbieter sinnvoller ist. Im Produktiveinsatz etwa sind geprüft kompatible Komponenten ein Muss und garantiert kurze Reaktionszeiten vom Service sparen bei Ausfällen bares Geld. Für andere sind aufgrund des Platzbedarfs vielleicht Mini-PCs eine sinnvolle Option, die sich aber kaum zu Gaming-Maschinen verwandeln lassen und generell beschränkt aufrüstbar sind [1, 2]; als Media-Server mag sogar ein NAS ausreichen [3].

### Plattformen

Derzeit dominieren AMDs Fassung AM4 für Ryzen-Prozessoren mit Zen-Architektur und Intels LGA1200 für Core-i-CPU's den Markt. Intel wechselt allerdings gerade auf den moderneren LGA1700 für Prozessoren auf Basis des hybriden Alder-Lake-Designs. Nutzen AM4 und LGA1200 den bewährten DDR4-Speicher, setzt Intels kommende Plattform bereits auf den schnelleren Nachfolger DDR5 und bringt zugleich erstmals PCI Express 5.0 mit. Dafür existieren zwar noch keine Karten, solche mit PCIe 4.0 und älter funktionieren aber dennoch problemlos. Für diese sogenannten Mainstream-Plattformen gibt es Prozessoren mit maximal 16 Kernen und Simultaneous Multithreading (SMT). Das gaukelt dem Betriebssystem zusätzliche virtuelle CPU-Kerne vor. Der Nutzen von SMT schwankt von Anwendung zu Anwendung stark, kann aber 30

Prozent und mehr zusätzliche Performance ausmachen.

Diese sogenannten Mainstream-Plattformen respektive dafür gedachte Mainboards bringen für den Hausgebrauch ausreichend viele und vielfältige Anschlüsse mit: meistens vier bis sechs SATA-Ports für klassische Festplatten oder 2,5-Zoll-SSDs, zwei bis vier Fassungen für Arbeitsspeicher und – modellabhängig – reichlich USB-Buchsen, auch im modernen, verdrehsicheren Typ C und mit bis zu 1 GByte/s. Übliche Spezialausstattung umfasst etwa aufgelödete Chips für schnelles WLAN, Thunderbolt-Anschlüsse für besonders flotte Peripherie und leistungsfähige Audio-Chips.

Oberhalb des Brot-und-Butter-Segments sind die High-End-Desktopsysteme (HEDT) angesiedelt. Prozessoren und Mainboards hierfür sind wesentlich teurer als für die Mainstream-Plattformen, die es inzwischen auch auf 16 Kerne bringen. Daher empfehlen sich HEDT-Systeme nur für Nutzer, die auf den größeren Speicherausbau von bis zu 2 TByte oder bis zu 128 PCI-Express-Lanes für Beschleuniger-, Netzwerk- oder Storage-Karten angewiesen sind, um etwa aufwendigem Videoschnitt mit 8K-Material, detaillierten 3D-Renderings oder großen Konstruktionsprojekten Flügel zu verleihen.

### Prozessoren

Die Auswahl eines PCs beginnt in der Regel mit dem Prozessor. Der bestimmt nicht nur die grundlegende Leistungsfähigkeit, sondern mit seiner Auswahl legt man sich auch auf eine Plattform fest. Diese Wahl bestimmt nicht nur die Fassung, die den Prozessor mit dem Mainboard verbindet, sondern auch einen gan-

### Projektseite mit Leserforum

Auf der Projektseite zu unseren Bauvorschlägen finden Sie die Listen mit den Komponenten in elektronischer Form. Zudem haben wir dort die nötigen Einstellungen für das BIOS-Setup hinterlegt, damit Sie unsere Bauvorschläge 1:1 nachbauen können. Im Diskussionsforum können Sie uns Fragen stellen und sich mit anderen Schraubern austauschen.

**Projektseite und Forum:** [ct.de/ybga](https://ct.de/ybga)



Während AMD für seine AM4-Prozessoren (rechts) noch auf kleine Beinchen vertraut, haben Intel-CPU's seit geraumer Zeit Kontaktpads. Aktuelle Alder-Lake-Prozessoren (links) haben 1700 davon und brauchen daher Mainboards mit der neuen Fassung LGA1700.

zen Strauß an Technikstandards wie den Speichertyp, die Anbindung von SSDs und Grafikkarten über PCI Express und mehr.

Die billigsten Prozessoren für AM4 und LGA1200 haben zwei Kerne und kosten weniger als 40 Euro. Für anspruchsvolle Betriebssysteme wie Windows 10 und 11 (zu 11 gleich mehr), aber auch für manch moderne Linux-Distribution ist das aufgrund vieler laufender Hintergrundprozesse schon an der unteren Grenze. Wir empfehlen derzeit als Minimum einen Prozessor mit vier Kernen, wenn das Budget drückt, darf es auch einer mit zweien plus SMT sein. Entspannt zurücklehnen kann man sich in den allermeisten Fällen mit einem Sechskerner wie etwa dem Ryzen 5 5600G unseres Allrounder-Bauvorschlags, der unter 280 Euro kostet und mit seinen zwölf Threads reichlich Performance für alle Lebenslagen hat. Ähnlich flott sind

Intels Core i-11000-CPU's mit Rocket Lake-Architektur, sofern sie eine vergleichbare Kernzahl besitzen. Anders als bei AMDs Ryzen-CPU's ist bei Intels 11er-Generation jedoch bei acht Kernen Schluss, was für die meisten Anwendungen, darunter auch Spiele, vollkommen ausreicht.

Mehr bieten zum Beispiel AMDs Ryzen-9-CPU's mit bis zu 16 physischen Kernen. Intels ältere Comet Lake-Prozessoren der 10000er-Reihe haben bis zu 10 Kerne, sind pro Kern und MHz aber deutlich langsamer als die 11er. Der Vergleich der jeweiligen Topmodelle der beiden Intel-Generationen im Rendering-Benchmark Cinebench R23 ergibt einen Vorsprung von knapp 20 Prozent für den Core i9-11900K in der Singlethreading-Wertung und einen für den i9-10900K von 5 Prozent in der Multithreading-Wertung. Im Vergleich zu den AMD-Topmodellen, dem zwölfkerni-

gen Ryzen 9 5900X und dem sechzehn-kernigen 5950X gelingt allerdings nur ein ungefährer Gleichstand im Singlethreading. In der Multithreading-Wertung liegen sie 33 respektive 59 Prozent vor Intels Zehnkerner Core i9-10900K.

Die Nachfolgeneration Alder Lake hat gerade die Startblöcke verlassen und kommt dieser Tage in den Handel – zu spät für eine Empfehlung im Rahmen des Opti-PC, dem umfangreiche Tests vorausgehen. An dieser Stelle dennoch ein paar Worte über diese CPU's, die ab sofort Intels Speerspitze im Mainstream-Desktop darstellen werden und zu denen Sie weitere Details auf Seite 38 finden.

Für die Core-i-12000-Prozessoren mit Alder-Lake-Architektur nutzt Intel zwei verschiedene, neue Kerntypen: Die mit Golden-Cove-Mikroarchitektur sind auf Leistung und die mit Gracemont-Mikroarchitektur sind auf Effizienz getrimmt – kurz P-Cores und E-Cores. Solange das Energiebudget es erlaubt, können die jeweils bis zu acht P- und E-Cores auch zusammenarbeiten, sodass Intels Topmodell, der Core i9-12900K nominell ein 16-Kern-Prozessor ist. Varianten mit weniger P- und E-Cores sind ebenfalls im Angebot.

Zurzeit schickt Intel allerdings nur die Vorhut in Form der übertaktbaren K-Prozessoren voraus, für die es momentan nur Z690-Boards gibt. Bei den Z690-Boards hat man die Wahl zwischen Modellen mit DDR4- und dem neuen, schnelleren DDR5-Speicher. Eine weitere Neuerung ist PCI Express 5.0 für die Grafikkarte, aber dort ist schon der Vor-Vorgänger PCIe 3.0 nur in Ausnahmesituationen eine Systembremse.

## Gehäuse und Netzteile

An diese beiden Geräteklassen denkt man selten zuerst, wenn man seinen neuen PC plant. Oft lohnt es sich, das Gehäuse vom Altrechner zu übernehmen – ein kleiner

## Leistungsvergleich Bauvorschlüge unter Windows 10: Benchmarks und Messwerte

	Cinebench R23 Single- / Multithread [Punkte]	Sysmark 25 [Punkte]	3DMark Firestrike [Punkte]	Assassin's Creed Odyssey, Preset Ultra, WQHD / Full HD [fps]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
<b>Ryzen Allrounder</b>				
Basiskonfiguration mit Ryzen 5 5600G	1446/10996	1397	3262	-
Gaming-PC mit Ryzen 5 5600X und GeForce RTX 3060 Ti	1536/10927	1506	25724	68/81
High-End mit Ryzen 9 5950X und GeForce GT 1030	1626/24955	1444	1523	-
High-End mit Ryzen 9 5950X und GeForce RTX 3060 Ti	1626/24955	1444	28108	68/82
<b>iDeskMini</b>				
Basiskonfiguration mit Pentium Gold G6405	994/2614	943	699	-
WQHD: 2560 × 1440, Full HD: 1920 × 1080 — keine Messung, zu langsam				



Beitrag zur Nachhaltigkeit, sofern der Rechner ansonsten nicht komplett in der Familie weitergereicht oder auf dem Gebrauchtmarkt angeboten wird.

Technische Gründe für ein neues Gehäuse könnten etwa der Wunsch nach weniger Platzverbrauch, nach einem bequem erreichbaren USB-C-Anschluss an der Front oder nach einer Dämmung zur Geräuschminderung sein. Ansonsten hat sich bei Gehäusen nicht viel verändert. Wichtig ist, dass es zum gewählten Mainboard passt: In Standard- oder E-ATX-Gehäuse können Sie in der Regel auch Mainboards im Micro-ATX, DTX- oder Mini-ITX-Format schrauben (und haben dann viel Leerraum). Einige aktuelle Gehäuse sparen sich inzwischen die Einbauschächte für 5,25-Zoll-Laufwerke. Wenn Sie etwa ihren DVD-Brenner noch vom alten PC hinüberretten wollen, müssen Sie bei der Gehäusewahl darauf achten. Für gelegentlichen Gebrauch haben sich per USB angeschlossene CD-/DVD-Laufwerke bewährt, die man bequem zwischen mehreren Rechnern im Haus wechseln kann und nur bei Bedarf aus der Schublade zieht.

Die meisten Netzteile passen zur ATX-Bauform und damit in fast alle Gehäuse. Besonders kleine PC-Wohnungen für Mini-ITX-Mainboards haben allerdings oft nur Platz für kompaktere Netzteile im SFX- oder etwas größeren SFX-L-Format. Die 80plus-Zertifikate zeigen, wie effizient der Wandler zu Werke geht. Je „wertvoller“, desto effizienter: 80plus, 80plus Bronze, Silber, Gold, Platinum und Titanium. Allerdings spielen sich die Gewinne obenrum in sehr kleinen Prozentpunkten ab, sodass hohe Aufpreise für ein tolles Zertifikat bei Einzel-PCs kaum lohnen. Wichtiger ist dagegen die Lautstärke des Lüfters. Wenn Sie keines der von c't getesteten [4] oder im Rahmen des optimalen PCs empfohlenen Modelle verwenden, sollte der Lüfter einen möglichst großen Durchmesser haben, da



**Gruppenbild mit optischem Laufwerk (rechts): Letzteres spielt für viele PC-Nutzer kaum noch eine Rolle. Umso mehr aber die kleinen SSD-Kärtchen im M.2-Format (links Mitte, unten). Sie gehören unter den schnellen Flash-Speicher auch zu denjenigen mit dem günstigsten Preis pro GByte.**

er dann potenziell langsamer drehen kann. Eine Garantie für ein leises Netzteil ist das aber auch nicht.

Bei der Wattzahl sollten Sie etwas Puffer zur anvisierten Leistungsfähigkeit einplanen, denn einzelne Leistungsspitzen können teils deutlich über die TDP-Summe hinausgehen. Ein AM4-Prozessor mit 105 Watt TDP wie der Ryzen 7 5800X etwa darf im Turbofenster auch 142 Watt ziehen, ein 125-Watt-Intel-Prozessor zeitweise über 240 Watt. Bei Grafikkarten gibt es auch immer wieder Lastspitzen im Millisekundenbereich, die 100 und mehr Watt oberhalb der eigentlichen TDP liegen.

Ein potenter Mainstream-PC ohne Grafikkarte kommt im Dauerlastbetrieb zwar oft mit weniger als 200 Watt aus, dennoch sollten Sie zu einem 300-Watt-Modell greifen – ein kleines bisschen Reserve für Mainboard oder zusätzliche Laufwerke ist mit eingerechnet. Soll eine leistungsstarke, für 3D-Spiele geeignete Grafikkarte dazukommen, addieren Sie deren TDP am besten zur Basis von 300 Watt dazu: GeForce RTX 3060 oder Radeon RX 6600 XT mit 170 respektive 160 Watt sollten sicherheitshalber mit 450 bis

500 Watt befeuert werden, bei einem Spitzenmodell wie der RX 6900 XT oder GeForce RTX 3090 mit 300 bis 350 Watt sollten es nicht weniger als 600 Watt, lieber 750 Watt und ein Markenprodukt sein.

## Arbeitsspeicher

Ein wichtiger Faktor für die Geschwindigkeit ist der Arbeitsspeicher. Da er den Prozessor mit Daten füttern muss, sollte er nicht nur schnell, sondern vor allem groß genug dimensioniert sein. Sobald er nämlich vollläuft, muss auf die langsamere SSD oder gar auf die schnarchlahme Festplatte zurückgegriffen werden und der Rechner wird spürbar gebremst. Aktuell verwenden die meisten Rechner DDR4-Speicher im DIMM-Format. Manche ITX-Boards haben aus Platzgründen die kleineren SO-DIMMs. Auch wenn Arbeitsspeicher derzeit recht günstig ist, will nicht jeder direkt die Maximalbestückung stecken. Wer anfangs noch nicht zu viel in Speicherriegel mit jeweils 16 GByte Kapazität investieren will, sich aber später den Weg zu 32 oder 48 GByte offenhalten will, sollte daher ein Mainboard mit vier Speicherfassungen wählen.

Wichtiger ist, dass jeweils zwei Speicherriegel dieselbe Größe und Organisationsform haben – idealerweise kauft man sie bereits als Pärchen. Aktuelle Prozessoren nutzen die Geschwindigkeitsstufe DDR4-3200 oder DDR5-4800. Da diese Speicherriegel nicht viel mehr kosten als solche mit 2933er- oder 2666er-Geschwindigkeit, sollten Sie die Spezifikation ausreizen. Für den Alltag empfehlen wir keine Übertakter-DIMMs mit sogenannten XMP-Funktionen, die spezielle Profile zur Speicherübertaktung laden. Immer wieder kommt es dadurch zu Instabilitäten oder es werden Energiesparfunktionen

Metro Exodus, Preset RTX, WQHD / Full HD [fps]	Lautheit Leerlauf / CPU / Volllast [sone]	Leistungsaufnahme Leerlauf / CPU / Volllast [W]
besser ►	◀ besser	◀ besser
-	■ <0,1/0,1/0,2	■ 14/91/111
62/73	■ 0,1/0,4/1,1	■ 37/112/312
-	■ 0,1/0,2/0,2	■ 26/181/201
62/72	■ 0,1/0,1/1,5	■ 36/195/397
-	■ <0,1/<0,1/<0,1	■ 8/44/52

der Prozessoren ausgehebelt, was zu schneller drehenden Lüftern und damit mehr Krach als nötig führt.

Unter 8 GByte sollte man keinen neuen Rechner mehr planen, der mehr als eine elektronische Schreib- und Surfmaschine sein soll. Mit 16 GByte kommt man heute gut zurecht, 32 GByte braucht man höchstens für High-End-Anwendungen und auch einzelne Spiele wie Microsofts Flight Simulator 2020 laufen bei längeren Sessions etwas geschmeidiger.

## Massenspeicher

Daten im Arbeitsspeicher sind verloren, sobald der Strom abgestellt wird. Daher braucht man nichtflüchtige Massenspeicher, die zum Beispiel das Betriebssystem, installierte Programme und Ihre Daten auf Dauer vorhalten. Dies war lange Zeit die Domäne der Festplatten, doch deren Zeit als wichtigster Datenträger ist zumindest im Desktop-PC vorüber. Stattdessen baut man in einen modernen PC als Boot-Laufwerk für das Betriebssystem und die wichtigsten Daten eine Solid State Disk mit Flash-Speicher. Hier ist der Name Programm, denn Flash-Speicher ist tatsächlich blitzschnell im Vergleich zu Festplatten. Das gilt vor allem bei den Zugriffszeiten, die um mehr als eine Größenordnung unter denen klassischer HDDs liegt. So starten Betriebssystem und Programme angenehm zügig, der PC reagiert auf Nutzereingaben und fühlt sich einfach flott an, selbst wenn er gar kein Rechenmonster ist – Ex-c't-Kollege Carsten Meyer prägte in c't 9/1998 den Begriff der Schwuppdizität als Maß für die gefühlte Leistung.

SSDs gibt es in verschiedenen Bauformen. Die häufigsten sind 2,5-Zoll-Boxen für den SATA-Port und kleine, 30 bis 110 Millimeter lange Kärtchen für den M.2-Steckplatz – typischerweise als „2280“ kodiert. Für die Schwuppdizität ist die Bauform beinahe egal und auch, ob die M.2-SSD das SATA- oder das leistungsfähigere NVMe-Protokoll spricht. Auch die Preise unterscheiden sich kaum noch. Und wer nicht gerade täglich mit riesigen Datenmengen herumjongliert, merkt auch keinen großen Unterschied beim Schritt von M.2-SSDs mit PCIe 3.0 zu 4.0.

Wer häufig enorme Datenmengen ab dem mittleren zweistelligen Gigabyte-Bereich hin und her schiebt, sollte darauf achten, eine SSD mit sogenanntem TLC-Speicher zu kaufen. Der neuere QLC-Flash-Speicher ist zwar tendenziell etwas günstiger, bricht aber bei langanhaltenden Transfers auf weniger als Festplattengeschwindigkeit ein, sobald der schnelle Cache-Bereich vollgeschrieben ist. Und eine Schreibgeschwindigkeit von 160 oder gar nur 80 MByte/s macht sich dann doch störend bemerkbar.

Für den Einstieg sollten Sie nicht mit weniger als 240 GByte kalkulieren, deren normierter Preis pro Terabyte zurzeit knapp über 90 Euro liegt. Auch mit weniger Speicherplatz bleibt absolut nur eine minimale finanzielle Ersparnis übrig, denn billige 240-/256-GByte-SSDs kosten gerade einmal 25 Euro und die Partition mit Betriebssystem, Auslagerungs- und Ruhezustandsdateien sowie den wichtigsten Programmen und einigen eigenen Daten ist schneller vollgelaufen, als man zunächst denkt.

Sinnvoller wird der Einstieg mit 480 bis 512 GByte für rund 40 Euro – der ProTByte-Preis ist mit knapp über 80 Euro schon merklich niedriger als bei kleineren SSDs und das Platzangebot lässt auch noch Luft für eine Auswahl der Bildersammlung und das eine oder andere Spiel.

Am wenigsten zahlt man pro TByte bei noch größeren SSDs: 1- und 2-TByte-Modelle liegen hier sehr dicht beieinander. Erstere gibt es ab 75 Euro, zweite ab 140 Euro. Selbst 4- und 8-TByte-SSDs kosten – pro TByte – keinen außerirdischen Aufpreis mehr, dort ist allerdings QLC-Flash mit seinen oben beschriebenen Einschränkungen Standard. Wer so viel oder gar deutlich mehr Speicher braucht oder aber seine Daten nicht dauerhaft in rasend schnellem Zugriff braucht und dafür kein Vermögen ausgeben will, kann sie auf Festplatten lagern. Die sind im 3,5-Zoll-Format mittlerweile mit bis zu 18 TByte Speicherplatz erhältlich, die günstigsten haben 6 bis 16 TByte und kosten 18 Euro pro TByte.

## Grafikkarten

Die Preise von Grafikkarten sind nach wie vor ein Trauerspiel, sofern es sich um Exemplare handelt, die auch für moderne 3D-Spiele taugen sollen. Grund dafür sind einerseits eine hohe Nachfrage aufgrund der Corona-Pandemie und andererseits der immer noch anhaltende Boom der Kryptowährungen. Für letztere werden Grafikkarten in rauen Mengen eingesetzt, um Belohnungen für zur Verfügung gestellte Rechenleistung abzugreifen.

Die gute Nachricht: Für viele Dinge vom produktiven Arbeiten auf 4K-Displays über Bildbearbeitung und einfachen Videoschnitt bis zur Medienwiedergabe sind die in den meisten Prozessoren integrierten Grafikeinheiten vollkommen ausreichend [5].

Wer eine neue und vor allem eine spieletaugliche Grafikkarte haben will, muss daher tief in die Tasche greifen. Aus der aktuellen Garde von AMDs Radeon RX 6000 und Nvidias GeForce RTX 3000 gibt es kaum Karten unterhalb von 500 Euro – und das sind Modelle, die sonst für 250 bis 300 Euro in den Handel gekommen wären. Karten, mit denen man auch in höheren Auflösungen bis hin zu Ultra HD flüssig spielen kann, kosten schnell vierstellige Beträge. Von daher können wir derzeit guten Gewissens kaum eine neue Grafikkarte empfehlen – Grundlagen zur Auswahl haben wir in Ausgabe 18 zuletzt besprochen [6].

## Genau so, nur anders

Per Telefon, E-Mail oder übers Forum erreichen uns immer wieder Anfragen mit der Bitte um Hilfe bei einem der Bauvorschläge. Mal ist die Leistungsaufnahme zu hoch, mal wird der Prozessor zu heiß oder das System zu laut. Auf die Frage „Haben Sie denn die Komponenten von der Teileliste genommen?“ kommt dann oft die Antwort: „Ja, ich habe das genau so nachgebaut, nur ein wenig anders!“

Die Sache ist die: Ein anderes Prozessormodell aus derselben Baureihe, aber mit höherer TDP-Klasse kann deutlich mehr Leistung aufnehmen. Dann wird der Chip wärmer und der CPU-Lüf-

ter dreht schneller und lauter. Eine andere Grafikkarte mit der gleichen GPU mag dieselbe Performance liefern, kann dabei aber lauter werden – oder auch leiser, weil der Hersteller einen völlig anderen Kühler draufpackt. Das gleiche teure Mainboard eines anderen Herstellers hat vielleicht eine vergurkte Lüftersteuerung oder stellt die Power Limits der CPU falsch ein. Selbstverständlich können Sie also unsere Bauvorschläge nach Ihrem Gusto anpassen. Die Messwerte und Einstellungen gelten allerdings nur für die von uns vorgestellten Kombinationen. (bkr@ct.de)





**Trauerspiel:** Lediglich die Einstiegermodelle wie die GeForce GT 1030 (rechts) sind noch zu humanen Preisen verfügbar. Für Spielergrafikkarten wie die GeForce RTX 3060 Ti (2. v. r.) braucht man Glück, um eine zur UVP zu ergattern oder muss wie für Asrocks Radeon RX 6900 XT (2. v. l.) sehr tief in die Tasche greifen. Auch Workstation-Karten wie die Radeon Pro RX 6800 sind deutlich teurer geworden.

schlagenen BIOS-Einstellungen auch leise laufen. Natürlich können Sie auch von unseren Vorschlägen abweichen – dann gelten aber unsere Messwerte nicht mehr. Zum Vergleich können Sie sich, was die Lautstärke und die Leistungsaufnahme der Komponenten und Mini-PCs betrifft, an unseren Tests der letzten Monate orientieren, von denen wir einige unten angeben haben.

Wie auch immer Sie sich entscheiden: Wir wünschen Ihnen gutes Gelingen beim Basteln und viel Spaß mit Ihrem neuen PC!  
(csp@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Christof Windeck, Scheinzwerge, Kaufberatung: Mini-PCs für viele Einsatzzwecke, c't 21/2021, S. 16
- [2] Carsten Spille, Zwergenparade, Fünf Mini-PC-Barebones und -Komplettsysteme, c't 21/2021, S. 22
- [3] Christof Windeck, Privatdienstleister, Sparsame, leise, bezahlbare Hardware für den eigenen Server, c't 19/2021, S. 68
- [4] Rudolf Opitz, Ein PS für den PC, ATX-Netzteile mit 750 Watt: Genug Reserven für dicke Grafikkarten, c't 22/2021, S. 120
- [5] Christian Hirsch, Grafik zum Pauschalitarif, 3D- und Videofähigkeiten integrierter Grafikeinheiten von Core-i- und Ryzen-Prozessoren, c't 14/2021, S. 96
- [6] Carsten Spille, Schön verspielt, Die wichtigsten Kriterien für den Grafikkartenkauf 2021, c't 18/2021, S. 98
- [7] Windows-11-Kompatibilitätslisten und TPM-2.0-FAQ: ct.de/yt87

**Projektseite und Forum:** [ct.de/ybga](https://ct.de/ybga)

Wer partout eine Grafikkarte kaufen will, sollte in mindestens 8 GByte Grafikspeicher investieren, den zumindest alle RTX-3000- und RX-6000-Karten mitbringen. Erste Spiele wie Far Cry 6 mit HD-Texturen belegen in Ultra-HD-Auflösung schon mehr als 11 GByte Grafikspeicher.

Wer nur eine Steckkarte benötigt, um ein Bild anzuzeigen, weil der Prozessor keine integrierte Grafikeinheit hat, kann noch zu einer GeForce GT 1030 greifen, die es nach wie vor für weniger als 100 Euro gibt. Spieler sollten sich entweder in Geduld üben oder überlegen, ob nicht eine Spielkonsole wie Playstation 5 oder Xbox Series X für rund 500 Euro die zurzeit bessere Investition ist.

## Windows 11

Wer mittelfristig plant, auf Windows 11 umzusteigen, sollte bei den Prozessoren ein Modell der aktuellen Baureihen AMD Ryzen 3000X, Ryzen 5000 oder Intels Core i-10000 und aufwärts verwenden. Bei vermeintlichen Schnäppchen aus älteren Jahrgängen sollten Sie zuvor genau auf die Kompatibilitätslisten der Hersteller schauen, da die Auswahl unterstützter CPUs zwar bis zu vier Jahre zurückreicht, teils aber recht willkürlich wirkt [7].

Außerdem muss das System einen Sicherheitschip, das „Trusted Platform Module 2.0“, mitbringen. Bei allen modernen AMD- und Intel-Plattformen ist es entweder per Firmware im Prozessor oder Chipsatz integriert. Ein physisches Modul ist also nicht zwingend notwendig. Die zwei erforderlichen Prozessorkerne und die 4 GByte Hauptspeicher sind da eher Nebensache.

## Fazit

Ein neuer PC mit der aktuellen Technik ist eine spannende Geschichte und dürfte bei guter Planung eine gute Weile ausreichen. DDR4-Arbeitsspeicher wird zwar gerade abgelöst, dürfte aber noch viele Jahre gut nachkaufbar sein. Die Mainstream-Prozessoren sind mit bis zu 16 Kernen so leistungsfähig, dass für den Hausgebrauch der HEDT-Markt nahezu irrelevant ist.

Mit unseren Bauvorschlägen auf den folgenden Seiten können Sie direkt loslegen und haben die Gewissheit, dass die ausgewählten Komponenten gut miteinander harmonisieren und mit den vorge-

## PC-Bauvorschläge Basisvarianten: technische Daten und Tests

Typ	Ryzen-Allrounder	iDeskMini
<b>Hardware-Ausstattung</b>		
Abmessungen (B × H × T)	22,2 cm × 46,8 cm × 50,5 cm	15,6 cm × 8,3 cm × 19,0 cm
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	3 × PCIe 3.0 x1 (3), 2 × PEG (1 × PCIe 3.0 x16, 1 × PCIe 3.0 x4) (2), 2 × M.2-22110/80/60/42 (PCIe 3.0 x4 & SATA 6G) (1)	2 × M.2-2280 (PCIe 3.0 x4) (0) <sup>1</sup>
Einbauschächte (frei)	2 × 2,5" (2), 3 × 3,5" (3) oder 6 × 2,5" (6), 2 × 5,25" (2)	2 × 2,5" (2)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.0b, 1 × DisplayPort 1.4, 5 × analog Audio, 1 × SPDIF Out optisch, 4 × USB-A 5 Gbit/s, 1 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × USB-C 20 Gbit/s, 2 × USB 2.0, 1 × LAN, 2 × WLAN-Antenne	1 × HDMI 1.4, 1 × DisplayPort 1.2, 1 × VGA, 4 × USB-A 5 Gbit/s, 1 × USB-C 5 Gbit/s (mit DisplayPort 1.2), 1 × LAN
Anschlüsse vorn	2 × USB-A 5 Gbit/s, 2 × analog Audio	1 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × USB-C 5 Gbit/s, 2 × analog Audio
<b>Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen</b>		
Soft-off / Energie sparen / Leerlauf	0,4 W / 2,3 W / 14 W	0,5 W / 1,0 W / 7,9 W
Vollast: CPU / CPU und Grafik	91 W / 111 W	44 W / 52 W
SSD: Lesen (Schreiben)	3,6 (2,8) GByte/s	1,8 (1,6) GByte/s
USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s) / USB 3.2 Gen 2 (10 Gbit/s): Lesen (Schreiben)	418 (379) / 982 (1022) MByte/s	461 (462) MByte/s / n. v.
LAN: Empfangen (Senden)	295 (297) MByte/s	118 (119) MByte/s
WLAN: 2,4 GHz / 5 GHz (20 m)	112 / 238 Mbit/s	n. v. (mit opt. WLAN-Kit: 124 / 347 Mbit/s)
Bootdauer	13 s	11 s
Preis	823 €	333 €

<sup>1</sup> zweiter M.2-Slot mit Pentium G6405 nicht nutzbar, erst ab Core i5-11400

n. v. nicht vorhanden



# Allrounder mit Potenzial für mehr

## Bauvorschlag für einen leisen Allround-PC mit Ryzen-5000-Prozessor

Die Basisvariante unseres Windows-11-tauglichen Ryzen-Allrounders kommt bei ruhendem Desktop mit gerade einmal 14 Watt aus. Falls Sie mehr Leistung benötigen, können Sie den Bauvorschlag problemlos zum Gaming- oder High-End-PC aufbrezeln.

Von Christian Hirsch

**M**it dem diesjährigen Ryzen-Allrounder schlagen wir mehrere Fliegen mit einer Klappe. Dank der flexiblen AM4-Plattform und der wenige Monate alten Ryzen-5000G-Kombiprozessoren taugt er als flotter Alltagsrechner. Mit sechs CPU-Kernen, 16 GByte Arbeitsspeicher und einer 1 TByte großen NVMe-SSD ist er auch für anspruchsvollere Aufgaben wie Raw-Fotobearbeitung und Videoschnitt gerüstet.

Zugleich bietet der Ryzen-Allrounder aber auch Potenzial für höhere Leistungsgefilde. Mit einem Ryzen 5 5600X und einer Grafikkarte mutiert er zur Gaming-

Maschine. Wer hingegen viele Kerne und RAM für Software-Entwicklung oder Rendering benötigt, kann ihn zum Luxus-PC mit dem 16-Kerner Ryzen 9 5950X und bis zu 128 GByte Arbeitsspeicher hochrüsten.

### Hardware-Mix

Bei der Auswahl der PC-Komponenten für den Ryzen-Allrounder haben wir uns für eine Mischung aus bewährten Komponenten sowie aktueller Hardware entschieden. Das senkt das Risiko von bösen Überraschungen, gleichzeitig wollen wir aber vom technischen Fortschritt profitieren. Die Eingangsfrage „AMD oder Intel?“ ließ sich wie in den Vorjahren vergleichsweise leicht beantworten: Zwar hat Intel mit der elften Core-i-Generation „Rocket Lake“ gegenüber den Ryzen 5000 aufgeholt, bei Effizienz und Preis/Leistungsverhältnis bei schnellen CPUs liegt AMD aber weiter vorne. Das kann sich in Kürze mit Core i-12000 „Alder Lake“ ändern. Für unsere Bauvorschläge kamen die neuen Intel-Chips aber zu spät.

Als Prozessor für die Basisvariante haben wir uns für den im Sommer vorgestellten Sechskerner Ryzen 5 5600G „Cezanne“ entschieden. Nach langer Zeit hat AMD endlich wieder attraktive Kombiprozessoren im Programm, die CPU-Kerne mit aktueller Zen-3-Architektur und eine Radeon-Grafikeinheit vereinen. Somit konnten wir auf eine Grafikkarte verzichten, für die man momentan massiv überhöhte Preise zahlen muss. Zudem spart die Wahl eines Prozessors mit integrierter GPU im Leerlauf und bei Teillast eine Menge Energie. Obwohl wir ein vergleichsweise umfangreich ausgestattetes B550-Mainboard für den Bauvorschlag ausgewählt haben, kommt der gesamte Rechner im laufenden Windows bei ruhendem Desktop mit 14 Watt aus.

Der Ryzen 5 5600G im Ryzen-Allrounder stellt Anwendungen dank Simultaneous Multithreading (SMT) zwölf Threads bereit. Damit eignet sich die Basisvariante als starker Office-PC. Im Rendering-Benchmark Cinebench R23 erreicht der Hexa-Core rund 11.000 Punkte und ist damit rund 15 Prozent schneller als der Ryzen 5 3600 im Ryzen-Allrounder Plus aus dem vergangenen Jahr. Zugleich arbeitet der in 7-Nanometer-Technik gefertigte Ryzen-Sechskerner bei Last effizient und lässt sich wegen der Thermal Design Power (TDP) von 65 Watt leise kühlen, auch wenn er diesen Wert in der Praxis überschreiten und eine Zeit lang



bis zu 88 Watt ziehen darf. Wer noch etwas mehr CPU-Leistung beim Multithreading benötigt, kann anstelle des Ryzen 5 5600G den Achtkerner Ryzen 7 5700G einbauen.

### Mehr Wumms

Wer vorhat, mit dem Bauvorschlag aktuelle 3D-Titel zu spielen und ihn dafür mit einer Grafikkarte veredeln will, sollte besser zu einer CPU der Serie Ryzen 5000X „Matisse“ ohne GPU wie dem Ryzen 5 5600X greifen. Denn die Ryzen 5000G haben für Gamer einige Nachteile. So haben Sie bei gleicher Kernanzahl mit 16 statt 32 MByte nur halb so viel Level-3-Cache. Von diesem Zwischenspeicher im Prozessor profitieren besonders speicherintensive Programme wie 3D-Spiele. Im Vergleich der beiden Ryzen-Serien hatten wir Performanceunterschiede von bis zu 29 Prozent gemessen [1].

Zudem fehlt den Kombiprozessoren der Serie Ryzen 5000G PCI Express 4.0, weil AMD für sie das gleiche Halbleiter-Die wie bei den Mobilprozessoren verwendet und die moderne Schnittstellenversion dort aus Energiespargründen fehlt. Allerdings wirkt sich die halb so hohe Übertragungsrate von PCI Express 3.0 zur Grafikkarte in der Praxis im Unterschied zum L3-Cache bei Spielen kaum aus.

Wer zum Beispiel fürs Rendern, wissenschaftliche Berechnungen oder Kompilieren mehr Power benötigt, kann problemlos auch den schnellsten AM4-Prozessor Ryzen 9 5950X mit 16 Kernen einbauen. Allerdings erfordert dieser wie die übrigen Ryzen 5000X zwingend eine Grafikkarte, die momentan recht teuer sind.

Unser Kauftipp für alle Prozessoren: Nehmen Sie grundsätzlich die Boxed-Variante, denn nur für diese gilt die Herstellergarantie. Den beim Ryzen 5 5600G mitgelieferten Kühler verwenden wir nicht, sondern packen stattdessen den Scythe Mugen 5 Rev.B mit 12-Zentimeter-Lüfter darauf. Er arbeitet leiser und bietet

**Der vorinstallierte Gehäuselüfter war uns zu laut. Besser klappte es mit der Lüfterregelung des Boards, nachdem wir die PWM-Variante des Pure Wings 2 von be quiet eingebaut hatten.**



Aufrüsten zudem genug Reserven für die erwähnten, leistungsstärkeren AMD-CPU's mit 105 Watt TDP. Unter CPU-Vollast auf allen 16 Kernen des Ryzen 5 5950X ist der Ryzen Allrounder auch in leisen Umgebungen deshalb kaum wahrnehmbar (0,2 sone).

### Mainboard deluxe

Beim Unterbau des Rechners kommt der bereits 2020 bewährte B550-Chipsatz zum Einsatz, beim Board haben wir aber Hersteller und Modell gewechselt. Das Asus TUF Gaming B550-Plus (Wi-Fi) kostet zwar 25 Euro mehr als das vorherige Gigabyte-Board, bietet aber zusätzlich schnelles WLAN nach dem Wi-Fi-6-Standard sowie eine USB-C-Buchse an der I/O-Blende. Auch die restliche Ausstattung kann sich sehen lassen: In die vier DIMM-Slots passen 128 GByte DDR4-RAM, der Netzwerkchip liefert an passende Gegenstellen 2,5 Gbit/s und mit dem Ryzen 5 5600G lassen sich per DisplayPort 1.4 und HDMI 2.0 zwei 4K-Monitore parallel mit 60 Hertz Wiederholrate betreiben.

Für SSDs im M.2-Kärtchenformat mit bis zu 80 Millimetern Länge (2280) gibt es zwei Fassungen. Der obere davon sowie der PEG-Slot direkt neben der CPU-Fassung arbeiten beide im PCIe-4.0-Modus,

sofern man einen Ryzen-5000X-Prozessor verwendet. In der Basiskonfiguration mit dem Kombiprozessor ist lediglich PCI Express 3.0 möglich. Unter anderem deshalb haben wir uns für eine PCIe-3.0-SSD entschieden.

Trotz der üppigen Ausstattung des Asus TUF Gaming B550-Plus (Wi-Fi) waren wir selbst davon überrascht, wie sparsam der Rechner im Leerlauf ist. Er benötigt weniger als die Hälfte der Basiskonfiguration des Ryzen-Allrounders aus dem Vorjahr.

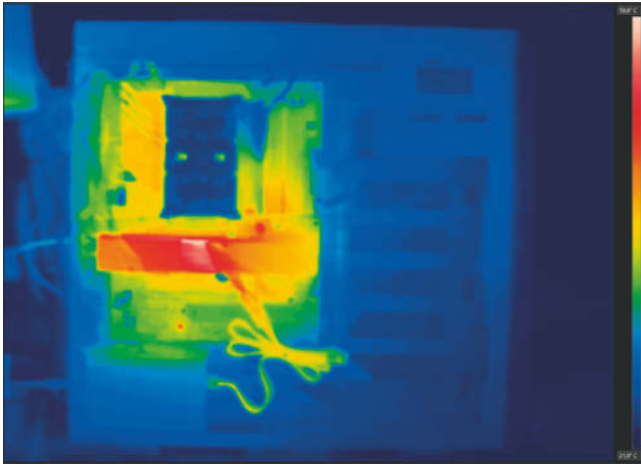
Beim Arbeitsspeicher empfehlen wir mindestens 16 GByte. Die Preise für DDR4-RAM befinden sich derzeit auf Abwärtskurs und zu geringer Speicher lässt sich durch nichts anderes ausgleichen. Wünschen Sie mehr RAM, empfehlen wir, die beiden 8-GByte-Module mit DDR4-3200-Tempo durch jeweils zwei größere mit 16 GByte beziehungsweise 32 GByte Kapazität zu ersetzen, statt vier DIMMs einzubauen. So hat man immer noch Platz fürs Aufrüsten. Und bei der Bestückung mit vier Modulen garantiert AMD nur noch ein Speichertempo von DDR4-2933 (Single-Rank-Module) beziehungsweise DDR4-2666 (Dual-Rank-DIMMs), auch wenn in der Praxis meist höhere Geschwindigkeiten stabil laufen. ECC-RAM unterstützt das Board ebenfalls, allerdings ist die AM4-Plattform offiziell nicht dafür freigegeben, sodass es keine Garantie dafür gibt, dass die Fehlerkorrektur immer funktioniert.

### Minenfeld Grafikkarte

Schon bei unserem Bauvorschlag im Vorjahr hatten wir Probleme, verfügbare Grafikkarten zu finden, die unseren Ansprüchen genügen. Wenige Wochen später war der Markt wegen des Mining-Booms komplett leergefegt. Durch die enorm gestiegene Nachfrage, ausgelöst vom Kursan-



**Nvidia verwendet für die Founders Edition der GeForce-Grafikkarte einen proprietären, 12-poligen Stromanschluss. Ein passender Adapter auf einen acht-poligen PEG-Stromstecker wird aber mitgeliefert.**



**Im Infrarotbild des Ryzen-Allrounders sticht die Grafikkarte rot heraus. So dramatisch wie in der Falschfarbenaufnahme dargestellt ist die Temperatur aber nicht. Sie erwärmt sich auf rund 65 Grad.**

stieg der Kryptowährungen, kosten insbesondere leistungsstarke Grafikkarten teils das Mehrfache des UVPs – sofern überhaupt eine Handvoll davon in den Online-Shops auftaucht.

Die High-End-Option des Ryzen-Allrounders ist davon nur peripher betroffen. Dessen lüfterlose GeForce GT 1030 ist zwar schon einige Jahre alt und für die allermeisten 3D-Titel viel zu schwach. Um zwei hochauflösende Displays per HDMI 2.0 und DisplayPort 1.4 anzuschließen reicht sie aber vollkommen aus. Einziger Wermutstropfen der sparsamen Karte ist, dass sie zwar die CPU-Kerne bei der Videowiedergabe entlastet, aber Nvidia ihr die Hardware-Encodingfunktionen vorenthält. Zudem erfüllt sie mit 2 GByte Grafikspeicher nicht die Vorgaben, um Netflix in 4K-Auflösung schauen zu können. Mit einem Preis von rund 90 Euro ist die GeForce GT 1030 aber momentan eine der attraktivsten Karten, um einfach nur ein Bild auf den Monitor zu bekommen.

Wer aktuelle 3D-Titel spielen will, braucht etwas deutlich Kräftigeres. Hier fiel unsere Wahl auf die GeForce RTX 3060 Ti Founders Edition, die für 419 Euro direkt von Nvidia angeboten wird. Allerdings benötigt man im Online-Shop des Chipherstellers viel Glück in der Grafikkartenlotterie, um sie auch tatsächlich bestellen zu können. Eine Alternative können wir leider nicht angeben, da die Karten anderer Hersteller mit gleicher GPU ebenfalls nicht durchgehend erhältlich sind. Wesentlich schwerer wiegt jedoch, dass Händler bei Redaktionsschluss dafür absurde 750 Euro und mehr verlangen. Eine solche Empfehlung können wir nicht mit unserem Gewissen vereinbaren.

Nach den negativen Erfahrungen mit der fehlerbehafteten Firmware der M.2-

SSD Kingston A2000, die in wenigen Fällen Abstürze unter Linux verursacht, musste sie in diesem Jahr der Samsung SSD 980 mit ebenfalls vier PCIe-3.0-Lanes weichen. Sie kostet bei einer Kapazität von 1 TByte zwar 110 Euro und damit etwa 25 Euro mehr, schafft aber lesend nun bis zu 3,5 statt 2,2 GByte/s. Auf eine PCIe-4.0-SSD haben wir verzichtet, da diese nur auf Ryzen-5000X-Prozessoren ihre volle Geschwindigkeit entfaltet und zudem in der Praxis bei Desktop-Anwendungen selbst dann nicht spürbar schneller ist.

Netzteil und PC-Gehäuse sind wie der CPU-Kühler für den ein oder anderen Leser alte Bekannte. Den Midi-Tower be quiet Pure Base 600 hatten wir bereits vor zwei Jahren verwendet. Er ist etwas größer als das Gehäuse des 2020er-Bauvorschlags, was den Einbau der Komponenten erleichtert. Zudem bietet das Gehäuse zwei 5,25"-Einschübe, falls Sie noch ein optisches Laufwerk oder einen Kartenleser unterbringen wollen.

Das Seasonic-Netzteil kann bis zu 500 Watt liefern und hat damit genug Luft für die High-End-Gaming-Option mit dem 16-Kerner und der GeForce RTX 3060 Ti. Zugleich arbeitet es effizient bei Teillast, sonst wären die 14 Watt Verbrauch im Leerlauf der Basisvariante nicht möglich.

## Bauplan

Damit beim Zusammenbau des Ryzen-Allrounders alles glattläuft, sollten Sie beim Bestellen der Komponenten auf die exakten Produktbezeichnungen achten, wie sie in der Tabelle auf Seite 25 oder in der Teilleiste für den Heise-Preisvergleich auf der Projektseite (siehe [ct.de/ywmq](https://ct.de/ywmq)) angegeben sind. Schon ein Buchstabe in der Produktbezeichnung des Prozessors entscheidet darüber, ob eine Grafikkarte notwen-

dig ist oder nicht. Bei einem Fehlgriff bleibt der Bildschirm einfach dunkel.

Planen Sie für den Bau und die anschließende Einrichtung ausreichend Zeit ein. Wir empfehlen, sich einen ganzen Nachmittag am Wochenende Zeit zu nehmen. Schließlich folgen dem Zusammenbau noch die Installation von Betriebssystem, Treibern und Software. Als Werkzeug benötigen Sie einen kleinen und einen langen großen Kreuzschlitzschraubendreher, wobei letzterer beim CPU-Kühler mitgeliefert wird. Wärmeleitpaste liegt diesem ebenfalls bei. Auch wenn viele Schritte selbsterklärend sind, sollten Sie dennoch zusätzlich zu unserer Bauanleitung in die mitgelieferten Handbücher schauen, die eine Menge Dinge bebildert erklären. Bei Problemen hilft unser Leserforum auf der Projektseite weiter.

Im ersten Schritt empfehlen wir, den hinteren Lüfter im Gehäuse auszutauschen. Der vorinstallierte Ventilator verwendet noch den älteren, spannungsgeregelten 3-Pin-Anschluss und spielt deshalb nicht gut mit der Lüfterregelung des Asus-Boards zusammen. Stattdessen kommt ein 4-Pin-Modell vom gleichen Hersteller an dessen Stelle. Achten Sie beim Anbringen darauf, dass er nach hinten hinauspusht. Dazu muss die Nabe mit dem großen be quiet-Aufkleber innen sein (siehe Foto auf S. 23). Zudem entfernen wir die Abdeckung auf dem Gehäusedach. So kann ein Teil der Abwärme durch Konvektion von selbst entweichen.

Anschließend wandert das Netzteil ins PC-Gehäuse, und zwar so, dass der Lüfter in Richtung Gehäuseboden zeigt, wo der Staubfilter angebracht ist. Verlegen Sie bereits jetzt die Anschlusskabel für den Strom auf der Rückseite des Board-Trägers. Das gilt insbesondere für den später schlecht erreichbaren ATX12V-Stecker in der oberen linken Gehäuseecke. Drücken Sie zudem die I/O-Blende des Boards in die entsprechende Öffnung des Midi-Towers. Wir empfehlen, das so früh wie möglich zu tun, denn wenn Sie es später vergessen, müssen Sie unter großem Fluchen das Board wieder ausbauen.

Im nächsten Schritt erfordert das AM4-Mainboard Zuwendung. Bestücken Sie dieses außerhalb des Gehäuses mit dem Arbeitsspeicher, der M.2-SSD und dem Prozessor. Die beiden Speicherriegel im DIMM-Format kommen in die Steckplätze DDR4\_A2 und DDR4\_B2. Achten Sie beim Einsetzen der CPU darauf, keinen der empfindlichen Pins des Ryzen-Pro-



zessors zu verbiegen. Sie erkennen die korrekte Ausrichtung an einem kleinen goldenen Dreieck, das mit der ebenfalls markierten Ecke der CPU-Fassung auf dem Mainboard übereinstimmen muss.

Um den Mugen-5-Kühler auf dem Board anzubringen, müssen Sie die beiden schwarzen Plastikhalterungen für Kühler mit Klammerhalterung vom Asus-Board abschrauben. Die Konterplatte auf der Rückseite wird hingegen weiterverwendet. Montieren Sie den Mugen 5 so, dass dessen Lüfter über den Speichermodulen sitzt und Richtung Heck bläst. Das zugehörige Kabel kommt auf den CPU\_FAN-Pfostenstecker.

Bestücken Sie anschließend den Slot M2\_1 mit der SSD. Er ist im Unterschied zum zweiten M.2-Slot direkt an die CPU angebunden. Beim Festschrauben des SSD-Kärtchens sollten Sie Acht geben, nicht das filigrane Gewinde zu beschädigen. Den beim Board mitgelieferten SSD-Kühler haben wir uns gespart. Er ist für die Samsung-SSD nicht erforderlich.

Jetzt kommt es zur Hochzeit von Board und Gehäuse. Rangieren Sie die Hauptplatine zunächst grob in Position, schrauben es aber noch nicht fest, sondern nutzen den Spielraum, um die verbleibenden Stecker anzuschließen. Der hintere Gehäuselüfter kommt an den CHA\_FAN1 neben der SSD. Nur so passt die Zuordnung der Lüfterkurven und der Ryzen-Allrounder bleibt bei ruhendem Windows-Desktop flüsterleise (0,1 sone). Den vorderen Ventilator vom Gehäuse schließen wir nicht an, weil er als 3-Pin-Lüfter zu schnell läuft und damit zu laut ist. Selbst in der High-End-Konfiguration mit Grafikkarte reicht das Kühlsystem mit dem Hecklüfter aus.

Anschließend schrauben Sie das Board fest. Wenn Sie eine der Varianten mit der GeForce RTX 3060 Ti umsetzen, dann vergessen Sie nicht, den mitgelieferten Stromadapter anzuschließen und die Grafikkarte mit einem achtpoligen PEG-Stromstecker vom Netzteil zu verbinden.

## Einrichtungstipps

Wir empfehlen grundsätzlich, die aktuelle BIOS-Version einzuspielen, die wir auf unserer Projektseite verlinkt haben. Auf dem von uns im August gekauften Asus TUF Gaming B550-PLUS (Wi-Fi) war noch ein BIOS vom Dezember 2020, so dass der Rechner mit dem später erschienenen Ryzen 5 5600G nicht bootete. Fürs Update per BIOS-Flashback müssen Sie an einem anderen Rechner die Zip-Datei

**Das be quiet Pure Base 600 lässt die Wahl zwischen offenem und geschlossenem Gehäusedeckel. Wir haben uns für die Cabrio-variante entschieden, bei der die Wärme leichter entweichen kann.**



entpacken und die CAP-Datei in TGB550PW.CAP umbenennen. Schieben Sie die Datei anschließend auf einen FAT32-formatierten USB-Stick.


Stecken Sie den vorbereiteten Stick an die mit „BIOS“ markierte USB-Buchse. Schalten Sie den Hauptschalter am Netzteil, aber nicht den Rechner selbst ein, sondern drücken Sie stattdessen den BIOS-FLBK-Knopf an der I/O-Blende so lange, bis die LED anfängt zu blinken. Warten Sie, bis die LED endgültig erloschen ist – das kann durchaus einige Minuten dauern. Jetzt sollte der Rechner auch mit den Ryzen 5000G problemlos booten.

Beim ersten Start rufen Sie mit „Entf“ das BIOS-Setup auf. Damit der Rechner rund läuft, stellen Sie dort die von uns empfohlenen BIOS-Vorgaben von der Projektseite ein (siehe [ct.de/ywmq](https://ct.de/ywmq)) und installieren Sie dann erst das Betriebssystem. Wir haben darauf geachtet, dass die BIOS-Optionen bereits für Windows-11-Kompatibilität angepasst sind. Wir empfehlen, zunächst das Windows-Update durchlaufen zu lassen. Zusätzlich sollten Sie die angegebenen Treiber für Chipsatz, Grafik, Netzwerk, WLAN, Bluetooth und Audio von unserer Projektseite aufspielen.

Den Rechner haben wir mit Windows 10 und 11 getestet, ohne dass uns dabei Probleme aufgefallen sind. Die Benchmarks auf S. 18 liefen unter Windows 10. Parallel dazu haben wir sie mit dem neuen Windows gegengeprüft und keine signifikanten Abweichungen festgestellt.

Der Ryzen-Allrounder läuft auch mit der Linux-Distribution Ubuntu 21.10. Sämtliche Hardware-Funktionen, darunter WLAN, Bluetooth sowie das Transferieren von Daten auf eine schnelle USB-SSD, funktionierten problemlos. Im Leerlauf lag die Leistungsaufnahme geringfügig um 2 Watt höher als unter Windows. Wer die Gaming-Option mit der GeForce RTX 3060 Ti umsetzt, sollte noch den pro-

prietären Nvidia-Treiber unter „Anwendungen & Aktualisierungen“ beim Punkt „Zusätzliche Treiber“ nachinstallieren.

Falls Sie statt eines großen Midi-Towers einen günstigeren, kompakteren Büro-Rechner suchen, finden Sie auf den folgenden Seiten unseren Bauvorschlag iDeskMini, dessen Hardware knapp über 300 Euro kostet. Wir wünschen viel Spaß beim Basteln. ([chh@ct.de](mailto:chh@ct.de)) 

## 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

**Projektseite mit BIOS-Einstellungen und Treibern:** [ct.de/ywmq](https://ct.de/ywmq)

## Teile Ryzen-Allrounder

Komponente	Produkt	Preis
Prozessor	AMD Ryzen 5 5600G boxed (100-100000252B0X)	280 €
CPU-Kühler	Scythe Mugen 5 [Rev. B] (SCMG-5100)	46 €
Mainboard	Asus TUF Gaming B550-Plus (Wi-Fi) (90MB15D0-M0EAY0)	160 €
Speicher	2 × Crucial DIMM 8GB, DDR4-3200, CL22-22-22 (CT8G4DFRA32A)	64 €
SSD	Samsung SSD 980 1 TByte (MZ-V8V1T0BW)	110 €
Gehäuse	be quiet! Pure Base 600 schwarz, schallgedämmt (BG021)	72 €
Lüfter	be quiet! Pure Wings 2, 120mm PWM (BL039)	8 €
Netzteil	Seasonic Core GM 500W (SSR-500LM / CORE-GM-500)	63 €
	<b>Summe (+ Versandkostenpauschale)</b>	<b>803 € (+ 20 €)</b>
<b>Gaming-Variante</b>		
Prozessor	AMD Ryzen 5 5600X boxed	300 €
Grafikkarte	Nvidia GeForce RTX 3060 Ti Founders Edition	419 €
<b>High-End-Variante</b>		
Prozessor	AMD Ryzen 9 5950X boxed	760 €
Grafikkarte	MSI GeForce GT 1030 2GHD4 LP OC, 2GB DDR4 (V809-2825R)	95 €
Arbeitsspeicher	2 × Kingston ValueRAM DIMM 16 GB, DDR4-3200, CL22-22-22 (KVR32N22D8/16)	120 €



# Mini maximal

## Superleiser Mini-PC für 333 Euro

**Unser PC-Bauvorschlag iDesk-Mini erledigt Office-Aufgaben wie ein Großer, braucht nur wenig Platz auf dem Schreibtisch und kommt mit 8 Watt aus.**

Von Christian Hirsch

**F**ür alltägliche Office-Aufgaben reichen ein Dual-Core-Prozessor mit integrierter Grafik, genügend RAM und eine M.2-SSD aus. Lässt man die übrigen Platzfresser wie Grafikkarte, leistungsstarkes Netzteil sowie Erweiterungs-Slots auf dem Mainboard weg, lässt sich der PC auf die Größe eines Milchkartons schrumpfen und ist dabei flüsterleise und sparsam.

Mit dem iDeskMini (Kurzform für Intel-DeskMini) haben wir dieses Konzept umgesetzt, der im Unterschied zu den meisten Mini-PC-Barebones mit eingelötetem Prozessor aber mehr Freiheiten bei der Bestückung bietet. Zum Beispiel bietet er zusätzlich Platz für zwei 2,5"-Laufwerke. Damit eignet er sich auch als Media-Center, Mini-Server oder

preiswerte Schreibmaschine für die Verwandtschaft.

### Preiswert nur mit Intel

Die Basis für unseren 333-Euro-Bauvorschlag ist der Barebone DeskMini H470 von Asrock für Intels LGA1200-Prozessoren der Serien Core i-10000 und deren günstigen Celeron- und Pentium-Derivate. Core i-11000 Rocket-Lake funktionieren zwar auch darin, aber diese gibt es erst ab 6 Kernen und der ältere H470-Chipsatz kann viele Funktionen der neueren CPUs nicht nutzen. Ursprünglich hatten wir vor, das AMD-Pendant DeskMini X300 zu verwenden, doch momentan fehlen attraktive Ryzen-Kombiprozessoren für unter 270 Euro. Und der Billig-Chip Athlon 3000G ist kaum verfügbar und mit rund 100 Euro fast doppelt so teuer wie die unverbindliche Preisempfehlung.

Das Gehäuse des DeskMini H470 ist bereits mit einem passenden Mini-STX-Board bestückt und wird inklusive externem 120-Watt-Netzteil für 170 Euro verkauft. Der PC-Barebone stellt trotz der im Vergleich zum Ryzen-Allrounder winzigen Abmessungen eine Menge Anschlüsse bereit. Über DisplayPort 1.2 und die USB-C-Buchse mit Alternate Mode lassen sich zwei 4K-Displays mit 60 Hz ansteuern. Am HDMI-1.4-Ausgang kann man einen dritten Monitor betreiben, bei 4K-Auflösung allerdings nur mit maximal 30 Hertz. Insgesamt ist der DeskMini mit sechs USB-Anschlüssen mit 5-Gbit/s-Tempo (ca. 450 MByte/s) ausgestattet, zwei davon im USB-C-Format für moderne Peripheriegeräte.

Als Prozessor haben wir uns für den Pentium Gold G6405 entschieden, der rund 65 Euro kostet. Zwar könnte man rund 15 Euro einsparen, wenn man den Celeron G5905 mit ebenfalls zwei Kernen nimmt. Diesem fehlt aber Hyper-Threading. Der Pentium stellt für Anwendungen somit vier statt nur zwei logische Kerne bereit und taktet zudem mit 4,1 GHz 600 MHz schneller, was den Aufpreis wert ist.

Im Office-Benchmark Sysmark 25 erreicht der iDeskMini damit 943 Punkte, was ein ordentlicher Wert angesichts des günstigen CPU-Preises ist. Zum Vergleich: Der viermal so teure Sechskerner des Ryzen-Allrounders schneidet nur 40 Prozent besser ab. Das liegt daran, dass bei Surfen, Textverarbeitung und Tabellenkalkulation die Singlethreading-Leistung entscheidend ist. Hier liegt der Pentium G6405 trotz abgespeckter Cache-Zwischenspei-



cher gar nicht so weit zurück, weil er eine recht hohe Taktfrequenz von 4,1 GHz hat.

Bei Anwendungen, die viele Kerne nutzen, wie zum Beispiel dem Rendern, geht der Billig-CPU aber schnell die Puste aus. Zumal Intel ihr die Befehlssatzerweiterung AVX2 vorenthält, die bei Cinema 4D oder Blender zusätzliche Performance bringt.

Die im Pentium G6405 integrierte spartanische Grafikeinheit UHD 610 reicht für Office-, Internet- und die Videodarstellung aus. Moderne Spiele in Full HD oder höheren Auflösungen mutieren mit ihr aber zur Diashow. Wenn überhaupt, taugt sie für Casual Games wie Die Sims 4, die von vornherein darauf ausgelegt sind, auf jeglicher PC-Hardware zu laufen [1].

Unser allgemeiner Rat bei CPUs, immer die Boxed-Varianten zu kaufen, gilt auch beim Bauvorschlag des iDeskMini. Denn nur dann hat man drei Jahre Garantie. Der mitgelieferte Lüfter reicht zwar für den Pentium vollkommen aus, aber uns war er zu laut. In den Lautheitsmesswerten kommt das nicht heraus (0,2 sone im Leerlauf), subjektiv produzierte der Motor aber ein störendes Brummen. Wir können nicht ausschließen, dass nur unser Exemplar davon betroffen war, empfehlen aber stattdessen den Arctic Alpine 12 LP einzubauen. Er kostet nur wenige Euro, verhält sich aber deutlich lauf ruhiger und nutzt gleichfalls Push-Pins zur schnellen Montage.

## Günstiger Speicher

Als Arbeitsspeicher stellen wir dem Prozessor zwei 4-GB-Byte-SODIMMs zur Seite. Damit läuft er im Dual-Channel-Modus, was ein paar Prozentpunkte Extraperformance bringt, insbesondere bei 3D-Grafik. Weil der Barebone aber nur zwei Speicher-Slots bereitstellt, muss man beim Aufrüsten den vorhandenen RAM ersetzen. Sie können stattdessen auch problemlos ein einzelnes 8-GB-Byte-Modul verwenden, falls Ihnen dieser Punkt wichtig ist.

Beim RAM haben wir uns für preiswerten DDR4-2666 entschieden. Intel limitiert die Celerons und Pentiums auf diese Geschwindigkeitsklasse, sodass schnellerer, teurerer Speicher an dieser Stelle Geldverschwendung wäre. Achten Sie darauf, die von uns angegebenen oder vergleichbare Module im SODIMM-Format zu ordern. Sie sind nur etwa halb so lang wie gebräuchlicher Arbeitsspeicher für Desktop-PCs und ermöglichen deshalb kompaktere Bauformen.

Die SSD-Preise befinden sich weiter im Sinkflug. Vor allem bei kleinen Kapazitäten gibt es kaum noch einen nennenswerten Unterschied zwischen SATA- und den schnelleren PCIe-SSDs. Deshalb haben wir uns für eine günstige M.2-SSD mit 500 GByte von Kioxia entschieden, der 2019 abgetrennten Speichersparte von Toshiba. Obwohl sie nur 50 Euro kostet, liefert sie Daten mit über 1,7 GByte/s. Schnell genug, um das OpenOffice-Dokument dieses Artikels in einer Sekunde über 50.000-mal zu laden. Eine M.2-SSD hat bei den Barebones der DeskMini-Serie zudem den Vorteil, dass man sich den etwas umständlicheren Einbau eines 2,5"-Laufwerks mit den filigranen, proprietären SATA-Steckern spart.

## Basteltipps

Im Vergleich zu klassischen Desktop-PCs entfallen bei der Komplettierung eines Mini-Barebones viele Bauschritte. Das Mainboard ist bereits im Gehäuse untergebracht, das externe Netzteil mit einem Handgriff angesteckt und die wenigen Komponenten sind schnell eingebaut. Wegen der geringen Abmessungen ist aber dennoch etwas handwerkliches Geschick

gefragt. Die Teileliste der Komponenten finden Sie nicht nur auf Seite 28, sondern auch in elektronischer Form auf unserer Projektseite über [ct.de/ynsa](http://ct.de/ynsa). Dort haben wir auch Treiberlinks, BIOS-Einstellungen und den Link zum Leserforum hinterlegt.

Im ersten Schritt müssen Sie das DeskMini-Gehäuse öffnen. Lösen Sie dazu die vier Schrauben auf der Rückseite mit einem Kreuzschlitzschraubendreher, sodass Sie den Mainboard-Schlitten herausziehen können. Öffnen Sie die Verriegelung der CPU-Fassung und setzen Sie vorsichtig den Pentium-Prozessor ein, ohne eines der 1200 empfindlichen Federchen zu verbiegen. Die Schutzkappe brauchen Sie bei Intels LGA-Fassung nicht abzunehmen, sie springt von selbst ab, wenn Sie die Verriegelung wieder schließen.

Anschließend kommt der CPU-Kühler auf den Prozessor. Die Wärmeleitpaste ist bereits aufgebracht, Sie können ihn also direkt aufsetzen und die Push-Pins paarweise über Kreuz nach unten drücken, bis sie einrasten. Schließen Sie gleich das Lüfterkabel an CPU\_FAN1 an, dann besteht keine Gefahr, dass Sie es später vergessen.

Jetzt folgen die beiden Speichermodule und die M.2-SSD. Während der RAM



Das Board mit der gesamten Hardware sitzt im iDeskMini auf einem herausziehbaren Schlitten. Den brummigen Boxed-Kühler von Intel haben wir durch ein leiseres Modell ersetzt.

lediglich gesteckt und verriegelt wird, müssen Sie das Kärtchen anschrauben. Packen Sie die SSD in den Ultra-M.2-2280-Slot auf der Oberseite des Boards. Auf der Unterseite gibt es einen weiteren Steckplatz. Dieser funktioniert aber nicht mit Core-i-Prozessoren der zehnten Generation, wozu auch der Pentium G6505 zählt, sondern nur mit den Core-i-11000-CPU's mit sechs und mehr Kernen.

Unterhalb vom Mainboard-Träger gibt es beim DeskMini H470 zwei Einbaupositionen für 2,5"-Laufwerke. Falls Sie weitere SSDs oder Notebook-Festplatten einbauen wollen, können Sie das an dieser Stelle tun. Beachten Sie, dass die mitgelieferten SATA-Kabel am Board nicht mit den üblichen SATA-Steckern anschließen, sondern mit wesentlich empfindlicheren Drucksteckern.

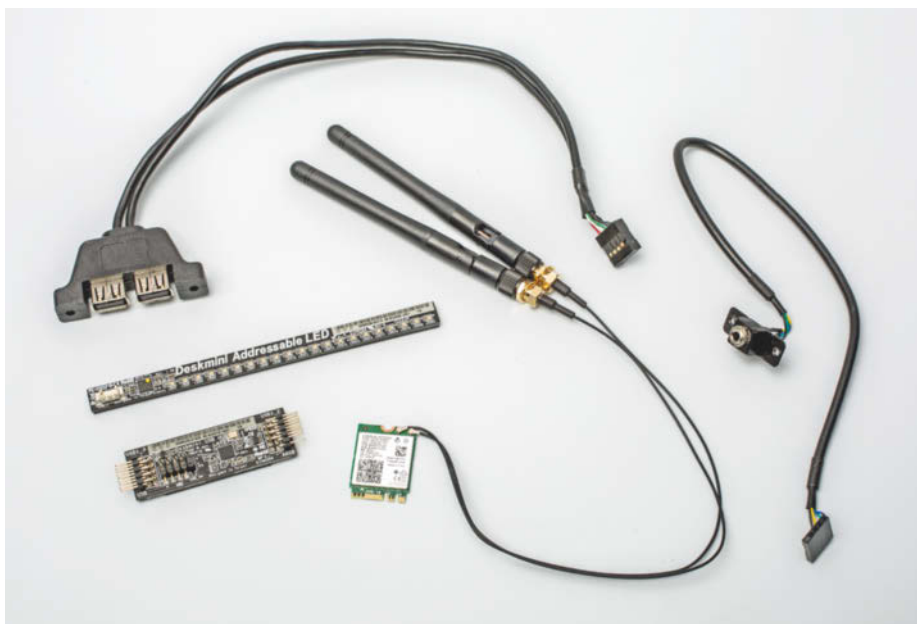
Damit ist ein Großteil des Handwerks schon erledigt. Jetzt brauchen Sie nur noch den Board-Schlitten wieder hineinzuschieben und festzuschrauben. Bevor Sie Ihr Wunsch-Betriebssystem installieren, sollten Sie zunächst ein BIOS-Update durchführen. Den Link zur aktuellen Version finden Sie ebenso wie die Windows-Treiber für Chipsatz, Grafik, Audio und Netzwerk auf unserer Projektseite über [ct.de/ynsa](https://ct.de/ynsa). Dort haben wir auch die passenden BIOS-Einstellungen für einen leisen, effizienten Betrieb hinterlegt, mit denen der iDeskMini Windows-11-tauglich ist.

## Pimp my DeskMini

Sie können den Rechenzweig nicht nur bei Laufwerken, Prozessor oder RAM an Ihre Anforderungen anpassen, sondern auch aus einer großen Palette Extras wählen. Asrock hat speziell für die DeskMini-Serie zahlreiche Zusatz-Hardware im Angebot, die zwischen 7 und 35 Euro kostet.

Am interessantesten aus unserer Sicht ist das WLAN-Kit nach Wi-Fi-6-Standard. Es besteht aus einem M.2-Kärtchen mit dem Intel-Chip AX200 sowie passenden Kabeln zu den Antennenbuchsen und zwei Antennen. Der Durchsatz betrug auf 20 Meter Entfernung 347 Mbit/s (43,4 MByte/s) und ist damit sogar höher als beim WLAN vom Ryzen-Allrounder. Das WLAN-Kärtchen im M.2-2230-Format kommt in den Steckplatz, der direkt unter der System-SSD sitzt. Beim Nachrüsten müssen Sie diese also vorübergehend ausbauen.

Zudem hat der DeskMini H470 herausbrechbare Öffnungen für weitere Anschlüsse. Auf der Rückseite lässt sich eine



**Auf Wunsch lässt sich der iDeskMini mit vielen Kleinigkeiten aufpeppen. Dazu gehören nicht nur WLAN, weitere Audio- und USB-Ports, sondern auch ein RGB-LED-Leuchtbstreifen.**

3,5-mm-Audioklinkenbuchse nachrüsten und auf der Oberseite zwei USB-2.0-Ports. Ein richtiger Hingucker ist das RGB-LED-Kit. Dabei handelt es sich um eine intern per USB-Pfostenstecker angebundene Leuchteleiste, die sich magnetisch im Gehäuse unterbringen lässt. Da der DeskMini viele Luftöffnungen besitzt, leuchtet es dann dynamisch in Regenbogenfarben aus dem Mini-PC. Per Windows-Software lassen sich die Leuchteffekte konfigurieren.

Möchte man die RGB-Leiste und die zwei Zusatz-USB-Ports gleichzeitig verwenden, muss man den internen USB-Hub mit ordern. Dieser hält ebenfalls magnetisch und verwandelt den 9-poligen USB-Pfostenanschluss vom Board in zwei Anschlüsse. Durch die zusätzlichen Kabel geht es im Inneren des iDeskMini dann aber sehr beengt zu, sodass man etwas Geschick benötigt, um die Kabel im verbleibenden Raum rechts neben dem CPU-Kühler zu verstauen.

Soll der Mini-PC nicht auf dem Schreibtisch stehen, kann man ihn über die optionale VESA-Halterung entweder hinter kompatible Monitore schrauben oder ihn an die Wand beziehungsweise unter der Tischplatte anbringen.

Unabhängig davon, ob Sie den iDeskMini als Office-Zwerg mit RGB-Beleuchtung oder sparsamen Heimserver mit zwei Festplatten verwenden beziehungsweise sich für eine Variante des Ryzen-Allrounders auf Seite 22 entschieden haben, wün-

schen wir Ihnen viel Spaß mit Ihrem künftigen Wunsch-PC. Über Feedback würden wir uns sehr freuen. ([chh@ct.de](mailto:chh@ct.de)) **ct**

## Literatur

- [1] Christian Hirsch, Grafik zum Pauschalitarif, 3D- und Videofähigkeiten integrierter Grafikeinheiten von Core-i- und Ryzen-Prozessoren, c't 14/2021, S. 96

**Projektseite mit BIOS-Einstellungen und Treibern:** [ct.de/ynsa](https://ct.de/ynsa)

## Teile iDeskMini

Komponente	Produkt	Preis
Prozessor	Intel Pentium Gold G6405	70 €
CPU-Kühler	Arctic Alpine 12 LP (ACFAN00029A)	7 €
PC-Barebone	ASRock DeskMini H470 (90BXG3R01-A10GA0W)	165 €
Speicher	2 × Crucial SODIMM 4GB, DDR4-2666, CL19-19-19 CT4G4SFS6266)	21 €
SSD	KIOXIA EXCERIA SSD 500GB, M.2 (LRC10Z500GG8)	50 €
	<b>Summe (+ Versandkostenpauschale)</b>	<b>313 € (+20 €)</b>
<b>optionales Zubehör</b>		
RGB-LED-Streifen	Asrock ARGB Strip for DeskMini Series, LED-Streifen (90-BCA000-00XAYZ)	26 €
WLAN	Asrock DeskMini Wi-Fi 6 Kit (90-BXG3R0-A0XCR1W)	34 €
Audiobuchse	Asrock DeskMini Rear Audio Cable Kit (90-BXG3G0-A0XCR2W)	12 €
USB-2.0-Ports	Asrock DeskMini USB 2.0 Kabel (5RB000010020)	9 €
VESA-Halterung	Asrock DeskMini VESA Mount Kit (5RB000010030)	7 €
USB-2.0-Hub	Asrock DeskMini USB Hub 90-BCA010-00UAYZ	10 €





# Optimale Zusammenarbeit im New Normal

## Wie professionelle Geräte hybride Arbeitsmodelle unterstützen können

Zu Beginn der Pandemie kam die Umstellung auf virtuelle Anrufe und Videokonferenzen für viele sehr überraschend, so dass in den Heimbüros häufig improvisiert wurde und eigene technische Ausstattung zum Einsatz kam – auch wenn sie für den Zweck eigentlich nicht geeignet war. Jetzt, wo viele Unternehmen zu permanenten hybriden Arbeitsmodellen übergehen, sollte vor allem die Audio- und Videoausstattung der Mitarbeiter noch einmal auf den Prüfstand kommen und in professionelle Geräte investiert werden.



### Video-Boom und Meeting-Frust

Die Nutzung von UC-Plattformen ist seit Anfang des Jahres 2020 kometenhaft angestiegen. Laut jüngsten Statistiken von Zoom nehmen inzwischen mehr als 300 Millionen Menschen täglich an Meetings auf der Plattform teil. Das ist ein Anstieg von 2.900 % seit Dezember 2019. Mit dieser virtuellen Verlagerung werden auch Headsets und Webcams stärker genutzt. Dennoch setzen viele Angestellte nur auf die in ihrem Laptop integrierten Audio- und Videogeräte oder ihre privaten Geräte. Die Verwendung ungeeigneter Geräte kann Meetings jedoch verlangsamen, die Verbindung erschweren, zu Kommunikationsproblemen und somit allgemeinem Frust führen.

### Auf UC-Zertifizierung achten

Zertifizierte Geräte helfen dabei, diese Art von Problemen bei der Zusammenarbeit zu reduzieren. Einfach ausgedrückt, hat ein zertifiziertes Gerät strenge Tests durchlaufen und erfüllt die Leistungs- und Funktionsstandards für UC-Plattformen wie Microsoft Teams oder Zoom. Zusätzlicher Vorteil: Sie lassen sich aus der Ferne verwalten. IT-Teams können somit remote die Firmware aktualisieren, Probleme beheben und Diagnosetests durchführen. Auf diese Weise schaffen professionelle Geräte eine standardisierte Erfahrung für alle Mitarbeiter an allen Arbeitsorten.

### Jeden Ort in einen Arbeitsplatz verwandeln

Jabras professionelle Audio- und Videolösungen verwandeln jeden Ort in einen Arbeitsplatz. Funktionen wie Active Noise Cancellation (ANC) unterdrücken Umgebungsgeräusche, hochwertige Mikrofone

nehmen die Stimme ihres Nutzers auf und filtern Hintergrundgeräusche heraus. So tragen professionelle Headsets dazu bei, dass Menschen von überall arbeiten können, ohne Kompromisse einzugehen.

### Jabra Evolve2 75 & PanaCast 20 – Das Hybrid Work Duo

Jabras neuestes Headset aus der Evolve2 Familie wurde speziell für hybrides Arbeiten entwickelt, für UC-Plattformen optimiert und ist bereits für Microsoft Teams, Zoom, Cisco, Unify und Google Meet zertifiziert. Die neuartige Dual-Foam-Technology, acht präzise angeordnete Mikrofone und die Jabra Advanced Active Noise Cancellation™ erzeugen selbst in sehr lärmintensiven Umgebungen eine exzellente Soundqualität und kristallklare Sprachübertragung. Auch der Tragekomfort wurde beim Evolve2 75 noch einmal verbessert – das neue Design und Material sowie der Dual-Foam reduzieren den Druck und verbessern die Belüftung, um ganztägig Konzentration und Produktivität zu ermöglichen. Die Jabra PanaCast 20 ist eine persönliche Videokamera und mit allen führenden UC-Plattformen kompatibel. Dank fortschrittlicher Prozessoren, leistungsstarker integrierter KI und einer 13-Megapixel-Kamera liefert sie ein gestochen scharfes und präzises 4K-Ultra-HD-Video in Echtzeit. Die PanaCast 20 integriert intelligente Lichtoptimierung, Intelligent Zoom und die einzigartige Bild-im-Bild-Technologie, um ihre Nutzer immer perfekt in Szene zu setzen, ganz gleich, ob sie vom Großraumbüro oder vom Küchentisch aus anrufen. Zusammen bilden das Evolve2 75 und die PanaCast 20 die ideale Audio- und Video-Ausstattung für remote oder hybride Mitarbeiter. Sie reduzieren die Videokonferenz-Fatigue, erleichtern die Zusammenarbeit verstreuter Teams und ermöglichen Konzentration und Produktivität an nahezu jedem Ort.



Mehr Informationen auf [www.jabra.com/de](http://www.jabra.com/de)

## Tether unter Beobachtung

**Der größte „Stablecoin“ Tether steht unter Druck, weil sich Umfang und Validität seiner Währungsreserven nicht überprüfen lassen. Für Informationen dazu wurde sogar ein Kopfgeld ausgelobt.**

An den Reserven der Kryptowährung Tether und deren Stabilität bestehen – nicht zum ersten Mal – Zweifel. Anfang Oktober machte eine Recherche der Nachrichtenagentur Bloomberg Schlagzeilen, der zufolge Tether Milliarden Dollar in große chinesische Firmen investiert hatte. Angesichts einer befürchteten Immobilienblase in China ist dies keine risikofreie Anlageform.

Die Stabilität von Tethers Reserven ist relevant, weil damit die eigene Währung (USDT) abgesichert und an den US-Dollar gekoppelt wird. Gut 70 Milliarden USDT sind im Umlauf und schmieren den Kryptomarkt: Stablecoins wie Tether sind an Kryptobörsen problemlos handelbar und werden als gleichwertig zu herkömmlichen Währungen wie dem Dollar angesehen. Gleichzeitig ersparen sie Handels-

plätzen und Kunden, die Regularien und Anforderungen herkömmlicher Bankkonten erfüllen zu müssen.

Laut Tether sind alle USDT durch Reserven in Höhe von 70 Milliarden US-Dollar gedeckt. Allerdings legt das Unternehmen die genauen Anlagen nicht offen, was die Skepsis nährt. Außerdem hat Tether in der Vergangenheit bereits falsche Aussagen zu Art und Höhe seiner Reserven verbreitet.

So hat die US-amerikanische Finanzaufsichtsbehörde CFTC Mitte Oktober eine Geldstrafe von 41 Millionen Dollar angeordnet, weil Tether zwischen 2016 und 2018 nur an 27,6 Prozent aller Tage über ausreichend Dollar-Reserven verfügt habe, um alle in Umlauf befindlichen USDT zu decken. Außerdem habe es – entgegen damaliger Aussagen – seine Reserven nicht nur in US-Dollar gehalten und diese nicht regelmäßig auditiert.

Mehr über den aktuellen Stand der Deckung will auch der Leerverkäufer Hindenburg Research wissen, dessen Berichte in der Vergangenheit mehrfach Ermittlungen gegen hoch bewertete Unter-

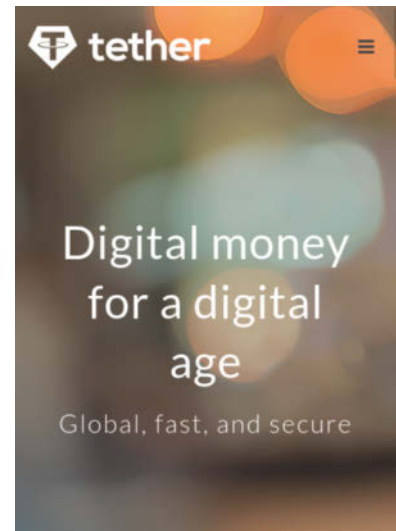


Bild: tether.to

**Hinter dem „digitalen Geld für das digitale Zeitalter“ stehen klassische Anlagen – und an denen gibt es Zweifel.**

nehmen losgetreten haben. Wenige Tage nach der CFTC-Meldung lobte die Firma ein Kopfgeld von einer Million Dollar aus, für „exklusive Details zu Tethers angeblichen Reserven“. Der Druck auf Tether wächst also. (syt@ct.de)

## Kryptowährungen kommen an US-Börse

Der amerikanische Fondsanbieter ProShares hat einen **börsengehandelten Fonds (Exchange Traded Fund, ETF) auf den Bitcoin-Kurs** an der New Yorker Börse aufgelegt: BITO (ISIN: US74347G4405). Er besteht aus sogenannten Terminkontrakten (Futures) und wettet auf den zukünftigen Kursverlauf der Kryptowährung. Der ETF orientiert sich damit nicht am tagesaktuellen, äußerst sprunghaften Bitcoin-Kurs, sondern spekuliert deutlich unabhängiger davon auf zukünftige Tauschraten. Obwohl es sich weiterhin um ein hochriskantes Produkt handelt, hat die amerikanische Börsenaufsicht SEC damit in ihrem Widerstand gegen Kryptowährungen erstmals leicht nachgegeben. Bitcoins und andere Kryptowährungen als solche bleiben aber weiterhin vom Handel an klassischen Börsen in den USA ausgeschlossen.

ProShares erwartet, dass der BITO-ETF zahlreiche neue Investoren anzieht; zugleich gehen viele Analysten davon aus, dass die SEC in den nächsten Monaten und Jahren weitere Finanzprodukte rund um

Kryptowährungen zulassen wird. Bisher hatte sie dies unter Verweis auf deren Volatilität abgelehnt. Der Schritt könnte außerdem Signalwirkung über die Finanzmacht USA hinaus haben. In Deutschland gibt es mit Exchange Traded Notes (ETN) an den Börsen Stuttgart und Frankfurt bereits seit 2019 Finanzprodukte, die BITO ähnlich sind, darunter auch für Kurswetten auf Ethereum. (mon@ct.de)



Bild: NYSE / Twitter.com

**Die New Yorker Börse freut sich über den Bitcoin-Neuzugang.**

## Ethereum vertagt Proof of Stake

Die Entwickler der Kryptowährung Ethereum haben die Umstellung auf Proof of Stake (PoS) verschoben. PoS ist ein Konsensmechanismus, der Kryptowährungen über finanzielle Beteiligungen absichern soll. Aktuell nutzt Ethereum Proof of Work (PoW), ein Mechanismus, der Betrug durch aufwendige Berechnungen unterbindet. PoW steht wegen seines Energieverbrauchs in der Kritik.

Ethereum betreibt bereits ein PoS-Testsystem, die Beacon-Chain, und will sein Hauptnetzwerk damit verschmelzen. Die Pläne dafür wurden allerdings schon mehrfach angepasst und der Termin immer wieder verschoben; zuletzt war Ende 2021 vorgesehen. Die technischen Voraussetzungen werden aber wohl auch bis Ende des Jahres nicht gegeben sein, weshalb der **Merge auf das erste oder zweite Quartal 2022 verschoben** wurde. Mindestens bis dahin wird das PoW-Minen von Ether wohl weiter die Preise im Grafikkartenmarkt befeuern. (syt@ct.de)



# Mastercard attackiert Girocard

**Mastercard hat angekündigt, das Maestro-System in Europa weitgehend einzustellen. Es sorgt bislang dafür, dass viele Bankkunden ihre deutsche Girocard („EC-Karte“) auch im Ausland einsetzen können. Branchenexperten erwarten, dass auch Visa ihr Konkurrenzsystem V-Pay aufgibt.**

Ab Juli 2023 können deutsche Banken und Sparkassen keine neuen Girocards mehr ausgeben, die zusätzlich die Bezahlfunktion Maestro von Mastercard enthalten („Co-Branding“). Das Kartennetzwerk will sie nur noch in wenigen Ländern anbieten (darunter der Schweiz); in der EU, also auch in Deutschland, soll sie wegfallen. Ohne solch ein Co-Branding kann man mit der Girocard im Ausland aber weder an der Ladenkasse bezahlen noch Geld am Automaten abheben, da die Girocard selbst nicht auslandstauglich ist. Auch inländische Händler sind betroffen, wenn sie auf Maestro statt Girocard setzen.

Karten, die vor dem 1. Juli 2023 ausgeben werden, sollen noch bis zum Ablauf der Karte gültig bleiben. Fachdienste erwarten jedoch, dass bereits vorher immer weniger Läden diese Karten akzeptieren werden. Sie gehen außerdem davon aus, dass Konkurrent Visa sein äquivalentes „V-Pay“ ebenfalls einstellt. In einem Blogpost begründet Mastercard-Managerin Valerie Nowak den Entschluss damit, dass Kunden Maestro-Karten nicht im Onlinehandel nutzen können, obwohl Debitkarten [1] das „bevorzugte Zahlungsmittel“ vieler Menschen seien. Folgerichtig propagiert sie die Mastercard-Debitkarte, die

an der Ladenkasse und online genutzt werden kann.

Allerdings kommen diese wie Kreditkarten mit sofortiger Abrechnung funktionierenden „reinen“ Mastercard- und Visa-Debitkarten derzeit nicht einmal auf ein Prozent Marktanteil an der Ladenkasse, während die Girocard als Debitkarte dort derzeit bei 44 Prozent aller Einkäufe genutzt wird. Die Fachwelt sieht daher auch weniger die fehlende Onlinefähigkeit als Motiv, sondern das Ziel, dass Mastercard seine globale Marktposition verbessern will und daher zum Angriff auf nationale Systeme wie die Girocard bläst.

Zugleich setzt Mastercard die 31 europäischen Banken aus sieben Ländern unter Druck, die sich seit Ende 2020 zur European Payments Initiative (EPI) zusammengeschlossen haben und Mastercard langfristig den Boden entziehen könnten. Deren Ziel ist ein eigenständiges europäisches Zahlungssystem auf Basis des SEPA-Girokontos sowie der SEPA-Echtzeitüberweisung, in dem auch die Girocard aufgehen soll. Kunden sollen europa- und weltweit mit eigenen Karten und Mobilapps zahlen können, online ebenso wie im Supermarkt. Die EU würde so unabhängiger von US-amerikanischen Anbietern wie Mastercard und Visa und damit indirekt auch von der Willkür der US-Regierung.

Obwohl ein EPI-Zahlungssystem nicht vor 2025 erwartet wird, müssen sich deutsche Bankkunden wahrscheinlich keine Sorgen machen, nicht mehr mit Karte zahlen zu können. Die Kreditinstitute könnten sowohl eine Girocard mit



**Ohne die Zahlungssysteme Maestro und V-Pay ließen sich viele Girocards nur im Inland einsetzen. Deren Ende könnte mittelfristig ihr Aus bedeuten.**

Co-Branding einer reinen Visa- oder Mastercard-Debitkarte herausgeben als auch komplett auf deren Debitkarten umsteigen, verlören aber Erträge. Einige Sparkassen bieten bereits die erste Variante an, DKB und Comdirect sowie die Deutsche Bank und die Commerzbank setzen verstärkt auf die zweite.

Haben Mastercard und Visa Erfolg mit ihrer Strategie, würde der europäische Zahlungsverkehr infolge des kompletten Umstiegs auf ihre Debit-Karten-Systeme noch stärker als jetzt von US-Finanzunternehmen abhängig. Mit einem Wegfall der Girocard und ihrer für Händler recht preisgünstigen Transaktionsentgelte könnten Visa und Mastercard durchaus auch dort an der Preisschraube drehen. Das könnten am Ende auch die Verbraucher an höheren Preisen spüren. Schon deshalb ist zu hoffen, dass Europa rechtzeitig handelt.

(mon@ct.de)



## kurze-kabel.de

weniger ist mehr!

- weniger Kabelsalat
- weniger Platzbedarf
- weniger Gewicht
- mehr Ordnung
- mehr Ästhetik
- mehr Hygiene

**xxs-kurze Daten- und Netzkabel ab 10cm**

Kliniken, Labore & Arztpraxen ■ Schulen & Behörden ■ Büros & Besprechungsräume

Homeoffice ■ im Auto & auf Reisen ■ Geräte- & Modellbau ■ Serverschränke ■ ...

**SONDERAKTION**

nur für c't-Leser

nur im Nov 2021

20%

Einkaufsrabatt

Einfach Code **ctakk20**

im Warenkorb eingeben!

## Arbeitet die Schufa DSGVO-widrig?

**Das Verwaltungsgericht Wiesbaden hat die Schufa-Methoden zur Bonitätsermittlung dem Europäischen Gerichtshof (EuGH) zur Prüfung vorgelegt. Die Entscheidung könnte weitreichende Folgen für Auskunfteien haben.**

Ein hessisches Verwaltungsgericht hat datenschutzrechtliche Zweifel an der Praxis, mit der Auskunfteien „Bonitäts-Scores“ errechnen, also den Grad der Kreditwürdigkeit in Punktwerten ausdrücken, und diese an Dritte weitergeben. Bei Banken beispielsweise entscheiden diese Werte häufig darüber, ob jemand einen Kredit erhält und zu welchem Zinssatz (siehe auch S. 132). Bisher legt die Schufa aber nicht offen, wie sie den Wert errechnet. Diesbezügliche Auskunftersuchen und Lösungsanträge von Betroffenen lehnt die Schufa ab. Nach bisheriger Rechtsauffassung gibt das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) der Schufa und anderen Auskunfteien grünes Licht dafür, sofern keine berechtigten Zweifel an dessen Einhaltung bestehen.

Der EuGH soll nun klären, ob das in der Praxis automatisiert durchgeführte und an Dritte weitergereichte Scoring mit Artikel 22 der DSGVO vereinbar ist. Der bestimmt sinngemäß, dass eine automatisierte Verarbeitung von Daten zum Zwecke eines Profilings nicht allein ausschlaggebend für eine Entscheidung sein darf, die eine rechtliche Wirkung gegenüber betroffenen Personen entfaltet oder diese „in ähnlicher Weise erheblich beeinträchtigt“. Artikel 22 unterliegt allerdings Ein-



Bild: Jens Kalaene / dpa

**Der EuGH soll klären, ob die Arbeitsweise der Schufa von der DSGVO gedeckt ist.**

schränkungen: Die automatisierte Verarbeitung ist zulässig, wenn sie für den Vertragsschluss erforderlich ist, die betroffene Person eingewilligt hat oder sie nach nationalem Recht erlaubt ist.

Die Richter äußerten aber Zweifel, ob Artikel 22 DSGVO tatsächlich die Arbeit von Auskunfteien wie der Schufa deckt. Besonders problematisch finden sie, dass der Score-Wert in der Praxis „in erheblichem Maße“ die Entscheidung der Auftraggeber bestimme. Falls die Auskunfteien sich nicht auf Artikel 22 berufen können, würde nach Auffassung der Richter Artikel 6 gelten, der die Voraussetzungen für die Datenverarbeitung deutlich enger fasst. Der EuGH soll in diesem Fall zusätzlich prüfen, ob der Gesetzgeber speziell mit dem Paragraphen 31 BDSG, der das Scoring regelt, seine Regelungskompetenzen überschritten habe.

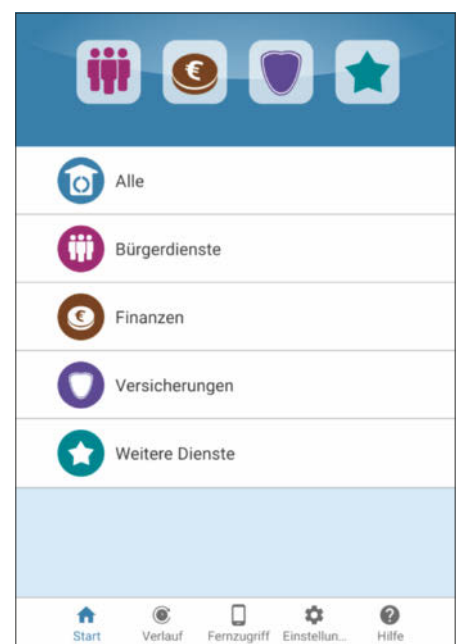
Ausgangspunkt des Verfahrens ist die Klage einer Betroffenen. Sie wirft der Schufa falsche Eintragungen vor und verlangt, dass sie diese löscht und ihr Auskunft über die gespeicherten Daten erteilt. Der hessische Datenschutzbeauftragte hatte ihre Eingabe jedoch unter Verweis auf das BDSG abgelehnt. (mon@ct.de)

## Regeln für Google & Co

Der EU-Ministerrat hat sich auf einen Entwurf für den **Digital Markets Act (DMA)** geeinigt. Die Wirtschaftsminister sollen ihn am 25. November verabschieden. Der Text orientiert sich dabei stark an dem ursprünglichen Vorschlag der EU-Kommission. Der DMA soll für alle Unternehmen gelten, die den Zugang zu einer oder mehreren Internet-Plattformen wie ein „Türsteher“ kontrollieren, einen Jahresumsatz von mehr als 6,5 Milliarden Euro und eine Marktkapitalisierung von mehr als 65 Milliarden Euro haben. Er soll ihnen knapp zwanzig bestimmte Verhaltensweisen direkt verbieten, etwa eigene Angebote in Rankings besser zu positionieren als die der Konkurrenz. Der Binnenmarktausschuss hat seine Abstimmung aber verschoben (siehe S. 12). Dennoch sollen die Verhandlungen zwischen Europaparlament und Ministerrat noch im Dezember starten. (jo@ct.de)

## Weiter Skepsis beim E-Perso

In wenigen Monaten soll es dank **Smart-eID** möglich sein, sich mittels Smartphone und PIN online auszuweisen. Ein schneller Erfolg ist allerdings fraglich: Vom Vorgänger eID haben laut einer aktuellen Umfrage von PricewaterhouseCoopers zwar 71 Prozent der Teilnehmer gehört, doch nur sieben Prozent nutzen die eID tatsächlich. Hauptgrund für die niedrige Akzeptanz sei, dass es bisher kaum Anwendungsmöglichkeiten gebe. Für Smart-eID, die 55 Prozent der Befragten kennen, wünschen sie sich vor allem ein hohes Datensicherheits- und Datenschutzniveau (94 Prozent). Als weitere Wünsche folgen eine einheitliche Bedienoberfläche, einfache Bedienung und ein breites Spektrum an Online-Behördengängen. Die 7 Prozent, die sich generell ablehnend äußern, wollen insbesondere nicht vom Smartphone abhängig sein und fürchten Datenverlust bei Diebstahl oder Defekten. (lgu@ct.de)



**Die eID krankt derzeit unter anderem an wenigen Anwendungsmöglichkeiten.**



# Bürger sollen sich digital ummelden können

**In vielen Städten wartet man monatelang auf einen Termin im Bürgeramt. Ein Hoffnungsschimmer: Bald soll man den Behörden seine neue Adresse auch übers Internet mitteilen können.**

Eine der wichtigsten Verwaltungsleistungen wird in Hamburg endlich digitalisiert: Ab dem ersten Quartal 2022 soll die Wohnsitzanmeldung dort auch übers Internet möglich sein, wie ein Sprecher des Hamburger Senats auf Anfrage von c't sagte. Der Bund fördert das Vorhaben mit 18,8 Millionen Euro. Laut Bundesregierung wollen alle anderen Bundesländer die in Hamburg entwickelte Software übernehmen.

Laut Bundesmeldegesetz muss jede Person, die eine Wohnung bezieht, sich innerhalb von 14 Tagen anmelden. Bislang muss man dafür persönlich im Bürgeramt erscheinen und eine Bestätigung des Vermieters mitbringen. Die Behörde aktualisiert dann die Daten im Melderegister und klebt die neue Anschrift auf den Personalausweis. In vielen Städten müssen Bürger jedoch monatelang warten, bis sie einen Termin bekommen.

Der geplante Onlinedienst soll den Prozess vereinfachen: Im ersten Schritt gibt man die neue Adresse in ein Onlineformular der Kommune ein. Diese sendet per Post einen Code an die Anschrift.



Bild: Bernd Settnik/dba

**Rund 5,5 Millionen mal im Jahr melden Bürger in Deutschland ihre neue Anschrift den Behörden.**

Durch Eingabe des Codes weist man nach, dass man tatsächlich dort wohnt – eine Bescheinigung des Vermieters oder einen Eigentumsnachweis muss man deshalb nicht übermitteln. Der Adressaufkleber für den Personalausweis soll ebenfalls per Post kommen.

Für das neue Verfahren mussten allein auf Bundesebene drei Gesetze und zwei Verordnungen geändert werden. Auch

landesrechtliche Anpassungen sind nötig. In Hamburg habe man diese bereits angestoßen und sie würden rechtzeitig zum Start des Dienstes in Kraft treten, sagte der Senatssprecher.

Einen allgemeinen Überblick über den Stand der Dinge beim E-Government in Deutschland geben wir in der Rubrik „Zahlen, Daten, Fakten“ auf Seite 114.

(cwo@ct.de)



**KIOXIA**

**Innovative SSD Solutions for Client, Data Center and Enterprise Environments.**



## Das BSI warnt: Alarmstufe Rot

**Kein gutes Bild zeichnet das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) von der Lage der IT-Systeme in Deutschland. Der Jahresbericht hat es in sich: Nicht nur die schiere Anzahl von Angriffen und neuen Schadsoftware-Varianten – 144 Millionen neue Varianten im Berichtszeitraum – sei besorgniserregend. Es seien, so der Bericht, die Qualität und Spezialisierung der Angriffe, die massiv zugenommen haben.**

Bei der Präsentation des Berichts (zum Download über [ct.de/yh9r](https://ct.de/yh9r)) in Berlin vermeldete Arne Schönbohm, Präsident des BSI, in einigen Teilbereichen bestehe „Alarmstufe Rot“. Wenig überraschend: Auch die Netze der Regierung stehen unter Beschuss. 44.000 Mails mit Schadsoftware haben die Mailfilter dort herausgezogen.

Besonders ausführlich widmet sich der Bericht den Lücken, die Microsoft im März 2021 in seiner Mailserver-Software Exchange geschlossen hat. 98 Prozent der vom BSI geprüften Systeme seien für die gegen die Lücken entwickelten Angriffe verwundbar gewesen. Immerhin haben die meisten Admins recht zügig reagiert und die Updates eingespielt: Zwei Wochen nach Erscheinen von Patches waren es weniger als 10 Prozent.

Ransomware-Kriminelle, die Daten verschlüsseln und dann ein Lösegeld verlangen, sind weiter aktiv und einige Erpresser haben ihre Verhandlungsführung optimiert. So drohen sie mittlerweile, ent-

wendete Daten zu veröffentlichen und die Betroffenen bei den Datenschutzbehörden anzuzeigen. Um den Druck während der Verhandlung zu erhöhen, beginnen sie parallel mit DDoS-Attacken.

Nicht überraschend ist, dass auch die Pandemie ein Kapitel bekommen hat. Hier werden all die Probleme beschrieben, die mit der spontanen Heimarbeit von Millionen Arbeitnehmern einhergingen: personenbezogene Daten und Firmengeheimnisse auf dem privaten Familienlaptop, Videokonferenzen ohne Kennwörter und eine sogenannte Schatten-IT, also an der zentralen Verwaltung vorbei betriebene PCs. Das Fazit der Autoren ist die Aufforderung, nach der heißen Heimarbeitsphase gründlich aufzuräumen: „Das BSI appelliert daher, bei der Umsetzung von kurzfristigen Anpassungen digitaler Prozesse und Vorgehensweisen die IT-Sicherheit nicht hintanzustellen.“

Diese Empfehlung, zunächst bei der IT-Sicherheit Ordnung zu schaffen, statt immer neue Projekte anzufangen, zieht sich durch den ganzen Bericht und gilt für Behörden wie Unternehmen gleichermaßen. Im Rahmen der Vorstellung lässt sich BSI-Präsident Schönbohm mit folgenden Worten zitieren: „Wenn wir aber dabei weiterhin die Informationssicherheit vernachlässigen, werden wir niemals das volle Potenzial der Digitalisierung ausnutzen können. Mehr noch: Im schlimmsten Fall werden viele Digitalisierungsprojekte scheitern.“

Angesichts der wachsenden Bedrohungslage kommt auch Kritik an der Organisation des BSI auf. Für problematisch



Bild: BSI

**DDoS-Attacken, Ransomware und lahmgelegte Krankenhäuser: kein dystopischer Roman, sondern der Lagebericht des BSI für 2021**

halten es einige Experten, dass die Behörde dem Bundesinnenministerium unterstellt und damit nicht unabhängig ist. Das Innenministerium, so die Kritiker, könnte schließlich dafür sorgen, dass Sicherheitslücken nicht den Herstellern gemeldet, sondern Strafverfolgern und Geheimdiensten für ihre Überwachungsmaßnahmen zugänglich gemacht werden. Einziger Ausweg wäre eine von Ministerien unabhängige öffentliche Stelle, die Sicherheitslücken sammelt und die Hersteller informiert. (jam@ct.de)

## Modern Solution: Hausdurchsuchung für Lückenfinder

Besuch von der Polizei bekam ein Entwickler, der eine Sicherheitslücke beim Dienstleister Modern Solution gemeldet hat. Das Unternehmen bietet Anbindungen großer Shopsysteme an Warenwirtschaftssysteme an. Laut dem Finder der Lücke, der den Fall in einem Blog beschreibt, waren wegen einer unverschlüsselten SQL-Verbindung bis zu 700.000 Endkundendatensätze in Gefahr. Das Unternehmen habe sich, so die Darstellung des Finders, nicht kooperativ gezeigt.

Wer sich im Fall falsch verhalten hat, lässt sich von außen nicht zweifelsfrei klären. Dem Finder der Lücke kann man vorwerfen, dass er die Frist für die **Responsible Disclosure** zugunsten eines effektvollen Blogbeitrags auf sehr knappe drei Tage angesetzt hat – noch am Tag der Meldung ging der Bericht online, nachdem die Lücke beseitigt war. Üblich sind, je nach Schwere des Problems, Fristen von mehreren Wochen. Mit Veröffentlichung sollte man erst drohen, wenn andere Kontakt-

versuche erfolglos sind, oder sich die Betroffenen gänzlich uneinsichtig zeigen.

Wer Sicherheitslücken findet und sich nicht selbst die Finger verbrennen will, kann sie auch Dritten anvertrauen. Die c't-Redaktion nimmt Hinweise – auch anonym aus dem Tor-Netz – über das Kontaktformular auf [heise.de/investigativ](https://heise.de/investigativ) entgegen und informiert die Verantwortlichen, sofern sie das Problem nachvollziehen kann. Die Identität der Hinweisgeber geben wir nie preis. (jam@ct.de)



# Ubuntu Desktop 21.10 mit Gnome 40½

**Canonical hat in Ubuntu Desktop 21.10 Firefox in einen umstrittenen Snap-Container gepackt und liefert Gnome 40 mit einem halben Jahr Verspätung aus. Es gibt aber auch Grund zur Freude: Neue Bluetooth-Codex verbessern die Tonqualität.**

In der Hauptausgabe Ubuntu Desktop mit Gnome ist Firefox jetzt als Snap-Paket installiert. Kontrovers ist diese Änderung aufgrund der langsameren Startzeiten von Programmen aus Snap-Containern sowie deren Größe. Das Ubuntu-Team begründet die Umstellung damit, dass dieses Snap-Paket ab jetzt direkt von der Mozilla Foundation gepflegt wird und neue Firefox-Versionen so schneller auf Ubuntu-Systeme kommen, zumal Snap-Pakete im Hintergrund automatisch aktualisiert werden.

Auch beim Wechsel von einer vorherigen Version auf Ubuntu 21.10 wird Firefox als Snap nachinstalliert und das bestehende Profil-Verzeichnis importiert. Bis Ubuntu 22.04 gibt es Firefox zusätzlich als DEB-Paket in den Paketquellen. Bis dahin bleiben noch einige ungelöste Probleme. So funktioniert beispielsweise die Gnome-Shell-Integration für die Installation von Desktop-Erweiterungen über das Browser-Add-on unter Snap nicht.

Ubuntu 21.10 ist die erste Ausgabe mit Gnome 40. Eigentlich müsste sie das im September erschienene Gnome 41 enthalten,

doch wie schon bei Ubuntu 21.04 haben es die Entwickler nicht geschafft, den aktuellen Gnome-Desktop rechtzeitig in die eigene Distribution zu integrieren. Erst jetzt ist die Portierung der Erweiterungen und das verwendete Desktop-Thema „Yaru“ auf die neuen Gnome-Versionen abgeschlossen. Das betrifft vor allem das Ubuntu Dock, also die Symbolleiste am linken Bildschirmrand. Anders als in einem regulären Gnome 40 zeigt die Übersichtsseite kein eigenes Dock am unteren Rand an. Bei den Gnome-Anwendungen setzt Ubuntu auf einen Mix von Anwendungen aus Gnome 40 und 41.

Laut den Ubuntu Release Notes sollen nun auch Nvidia-Grafikchips, die über den proprietären Treiber in Version 470.x angesteuert werden, mit Wayland zusammenarbeiten. Diese Treiberversion besei-

tigt Probleme mit der Kompatibilitätsschicht Xwayland.

Der neue Soundserver Pipewire ist zusammen mit seinem PulseAudio-Ersatz pipewire-pulse in den Paketquellen verfügbar, muss aber manuell eingerichtet werden. Ubuntu bleibt vorerst beim Soundserver PulseAudio, der in Version 15 vorliegt. Die lässt mit Verbesserungen bei der Anbindung von Bluetooth-Headsets aufhören: Der Codec aptX liefert bei unterstützten Geräten eine bessere Soundqualität mit einer fixen Bitrate von 325 kbit/s bei einer Abtastrate von 44,1 kHz und niedrigere Latenzen als der bisher genutzte Codec SBC. Für Sony-Kopfhörer liegt der Codec LDAC bei, der Bitraten bis 990 kbit/s bietet. Die Codex lassen sich über die PulseAudio-Anwendung pavucontrol konfigurieren. (David Wolski/ktn@ct.de)



**In Ubuntu 21.10 kommt Firefox aus dem Snap-Store und soll so stets aktuell bleiben.**

**WIBU  
SYSTEMS**

**Auf was kommt es bei Ihren sicheren Lizenzcontainern an?**

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



Testen  
Sie jetzt!



**formnext**  
Halle 120  
Stand A01G



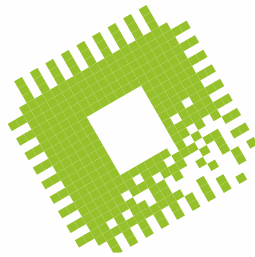
**sps**  
smart production solutions  
Halle 6  
Stand 436

+49 721 931720  
sales@wibu.com  
www.wibu.com



**SECURITY  
LICENSING**  
PERFECTION IN PROTECTION

# Bit-Rauschen



## Apples M1 Pro/Max, teure Ryzens, verschmähter Xeon

**Apples Mobilprozessor M1 Max gleicht einer Spielkonsolen-CPU. AMD verärgert Käufer mit hohen CPU-Preisen. Intel verdient viel Geld, doch der Aktienkurs sinkt und mancher Chip missfällt.**

Von Christof Windeck

**5** 7 Milliarden Transistoren, schätzungsweise mehr als 400 Quadratmillimeter Siliziumfläche: Apples M1 Max, der im kommenden MacBook Pro 16 Zoll debütiert, ist ein Gigant. Überraschend ist vor allem, dass die Prozessorkerne beim M1 Max eine Nebenrolle spielen: Viel mehr Platz auf dem CPU-Die belegt nämlich der starke Grafikprozessor mit 32 GPU-Kernen. Das sind viermal so viele wie beim Ende 2020 vorgestellten M1 und mit 10,4 TFlops nennt Apple auch die vierfache GPU-Rechenleistung. Die Datentransferrate der RAM-Anbindung hat Apple sogar fast versechsfacht auf maximal 400 GByte/s. Der M1 Max gleicht damit eher den AMD-Kombiprozessoren der Spielkonsolen Microsoft Xbox Series X und Sony Playstation 5 als gängigen Mobilprozessoren.

Beim M1 Pro steht die halb so starke GPU weniger im Vordergrund, die Anzahl der CPU-Kerne ist bei M1 Pro und M1 Max identisch: je acht starke ARM-Kerne sowie zwei besonders effiziente. Der „alte“ M1 hat hingegen von jeder Sorte vier. Apple lässt alle M1-Versionen von TSMC mit 5-Nanometer-Technik fertigen.

An den CPU-Kernen hat Apple anscheinend nicht viel optimiert, auch die Taktfrequenzen nicht deutlich erhöht. Statt CPU- und GPU-Kerne deutlich zu verändern, steht der Ansatz „von allem mehr“ im Vordergrund. Die Rechenleistung der CPU-Kerne dürfte aber schon deshalb steigen,

weil die eingebauten Caches größer wurden und wie erwähnt auch der RAM-Durchsatz. Außerdem haben M1 Pro mit rund 30 Watt und M1 Max mit wohl 60 Watt den doppelten bis vierfachen Stromdurst des M1 (15 Watt) – die Lüfter sollen trotzdem meistens sehr leise bleiben.

Es wird einerseits spannend, wie die neuen Pro-MacBooks sich gegen 2022 kommende Notebooks mit Intels Core i-12000 alias Alder Lake schlagen werden. Andererseits fragt man sich, ob und wann Apple einen deutlich verbesserten M1-Nachfolger für die MacBook-Air-Klasse bringen wird. Mehr zu den kommenden MacBooks Pro lesen Sie auf Seite 46 in dieser c't.

### Teure Ryzens


AMD ist in eine Zwickmühle geraten: Zwar laufen die Geschäfte dank attraktiver Ryzen- und Epyc-Prozessoren gut, doch manche Privatleute ärgern sich über die

hohen Preise. Zurzeit findet man im Einzelhandel praktisch keinen attraktiven Ryzen für weniger als 200 Euro; ein aktueller Sechskerner wie der Ryzen 5 5600X kostet als Box-Version rund 290 Euro. Der Ryzen-Erfolg beruht jedoch auf hoher Rechenleistung zu günstigen Preisen: Noch im Sommer 2020 legte AMD den Sechskerner Ryzen 5 1600 mit 12-Nanometer-Technik neu auf – für unter 100 Euro! Wer ihn seinerzeit kaufte, den wurmt nun wohl auch, dass der Chip nicht auf der Kompatibilitätsliste für Windows 11 steht.

Kürzlich rühmte sich die Firma anlässlich des fünften Ryzen-Geburtstags selbst und verwies dabei auch auf die Langlebigkeit der Fassung AM4. Dass die ältesten Ryzens nicht mehr für Windows 11 taugen und die jüngsten nicht in den ältesten AM4-Boards laufen, fiel dabei unter den Tisch. Gegenüber Analysten betonte AMD-Finanzchef Devinder Kumar im September unverblümt, dass man zwecks höherer Profite die Priorität auf teurere Ryzens (und Epycs) lege. Allmählich muss AMD aufpassen, seinen guten Ruf bei den PC-Schraubern nicht zu verspielen: Ein flotter Sechskerner wie der Core i5-11400F ist bei Intel deutlich billiger als bei AMD und der Core i-12000 legt ordentlich Rechenleistung drauf, siehe Seite 38.

### Unbeliebter Xeon

Am 21. Oktober präsentierte Intel solide Quartalszahlen, der Umsatz wuchs im Jahresvergleich um 5 Prozent und das Nettoeinkommen dank Sondereffekten bei der Steuer sogar um 60 Prozent. Trotzdem verlor die Intel-Aktie rund zehn Prozent ihres Werts, weil das Unternehmen für die kommenden zwei Jahre niedrigere Profitmargen um 52 Prozent ankündigte – früher waren es mal über 60 Prozent. Doch Intel will – wie im Bit-Rauschen schon öfters erwähnt – hohe Summen investieren, etwa in neue Fabs. 2022 sind Ausgaben von 25 bis 28 Milliarden US-Dollar geplant, das drückt auf den Profit.

Ein wenig wird Intels Wachstum auch durch die allgegenwärtigen Engpässe anderer Komponenten gedämpft, was vor allem Notebooks trifft. Einige Prozessoren scheinen aber auch am Markt vorbeizugehen: Der eng mit dem Core i-11000 verwandte Xeon W-1300 etwa wurde schon im Mai eingeführt, aber kaum ein Hersteller fertigt passende Mainboards mit dem Chipsatz W580 dafür. (ciw@ct.de) 

**Audio-Podcast Bit-Rauschen:** [ct.de/y7we](https://ct.de/y7we)

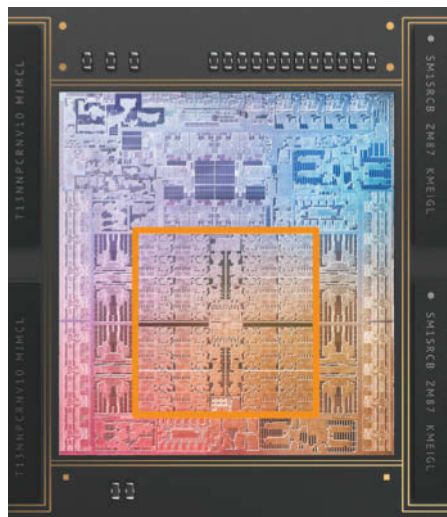


Bild: Apple

**Apples M1 Max ist ein gewaltiger Chip-Brocken: Laut Apple hat er 57 Milliarden Transistoren und eine (gelb markierte) GPU, die an eine Nvidia GeForce RTX 3080 für Notebooks heranreicht. Der Bildausschnitt zeigt rechts und links auch Teile der vier LPDDR5-Chipstapel für bis zu 64 GByte RAM.**



## Mesh-WLAN: Orbi-Trumm mit Wi-Fi 6E

**Netgear trumpft in seinen Mesh-Knoten Orbi RBKE 960 mit Multi-gigabit-Ethernet und gleich vier Funkmodulen auf, von denen eines das neue 6-Gigahertz-Band bedient. Die Hardwarewucht schlägt deftig ins Portemonnaie.**

In den USA verkauft Netgear die jüngsten Mitglieder seiner Mesh-Familie schon: Die Geräte der RBKE-960er-Kits gibt es wie beim Orbi-System üblich in zwei Varianten (Router und Satelliten, also Repeater). Sie haben aber als erste Mesh-Knoten auf dem Markt insgesamt vier Funkmodule. Alle funken gemäß Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) mit vier MIMO-Streams. Das auf 2,4 Gigahertz arbeitende Modul bedient Clients mit maximal 1200 Mbit/s brutto, ein weiteres im 5-GHz-Band schafft bis zu 2400 Mbit/s bei 80 Megahertz Kanalbreite und jenes im neuen 6-GHz-Band (Wi-Fi 6E) sogar 4800 Mbit/s (160 MHz Kanalbreite). Das letzte Modul funkt in einem anderen Bereich des 5-GHz-Bandes und verbindet die Knoten drahtlos miteinander (Mesh-Backbone, max. 2400 Mbit/s).

Dem Router RBRE 960 hat Netgear einen 10-Gbit/s-Port (Multigig-Ethernet alias NBase-T) für die Internetanbindung mitgegeben, LAN-seitig gibt es einmal 2,5 Gbit/s und dreimal 1 Gbit/s. Bei den Repeatern (RBSE 960) entfällt der 10-Gbit/s-



Bild: Netgear

**Netgears neue Mesh-Knoten der RBKE-960-Reihe funken mit vier WLAN-Modulen in den drei Bändern 2, 4, 5 und 6 Gigahertz. Zwei arbeiten in unterschiedlichen Bereichen des 5-GHz-Bandes, wovon eines die Backbone-Verbindung zwischen den Stationen herstellt.**

Anschluss. Die opulent ausgestatteten Geräte will Netgear in zwei Kits anbieten: RBKE 962 enthält Router und Satellit, RBKE 963 einen weiteren Satelliten. Die Kits sollen noch dieses Jahr nach Europa kommen, aber ein konkreter Termin und Preise waren nicht zu erfahren. In Nordamerika muss man für den Zweiersatz 1100 US-Dollar hinlegen, das 3er-Kit kostet satte 1500 US-Dollar. (ea@ct.de)

**FLEXIBEL  
WIE DEIN  
LEBEN  
WIR SCHÜTZEN,  
WAS DIR  
WICHTIG IST**



**IT-SECURITY:  
EINFACH. SICHER. FÜR JEDEN.**

Die ESET Family Edition schützt große und kleine Surfer – ob bei Homeschooling, Shoppen oder Online-Banking.



Jetzt kostenfrei testen: [ESET.DE/EIS](https://www.eset.de/eis)

MADE IN EU

### Kurz & knapp: Netze

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) hat ihren Vertrag mit dem Senderbetreiber Media Broadcast bis 2031 verlängert. Der **Langwellensender DCF77 wird weitere zehn Jahre Funkuhren mit der gesetzlichen Zeit versorgen.** Ein am Standort Mainflingen zu errichtender Reservesender soll Ausfälle des Hauptsenders überbrücken und so die Zuverlässigkeit des europaweit empfangbaren Signals steigern.

Die Digitalrundfunktechnik DAB+ findet langsam mehr Hörer und nun auch eine

neue Anwendung: **Das DAB+-Signal transportiert Korrekturdaten für die Satellitennavigation,** damit diese drastisch genauer wird. Die Ortsabweichung soll von rund zehn Meter auf unter zehn Zentimeter fallen, wenn Anwender in der Landwirtschaft, im Vermessungswesen, im Verkehr oder bei Sicherheitsbehörden Referenzstationen nutzen. Die Korrekturdaten werden in einem Projekt des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie für mindestens drei Jahre über den bundesweiten DAB+-Multiplex im Kanal 5C mit 8 kbit/s ausgestrahlt.

# big.BIGGER

## Intels Hybrid-Prozessor Core i9-12900K: Erste Benchmarks



**Mit zwei verschiedenen Kernarchitekturen, DDR5-RAM und 10-Nanometer-Fertigung will Intel die Ryzen-5000-Prozessoren von AMD überholen. Das schafft das Spitzenmodell Core i9-12900K auch, schluckt dabei aber viel Strom.**

Von Christian Hirsch

Als erste Modelle der zwölften Core-i-Generation „Alder Lake“ schickt Intel die K-Prozessoren Core i5-12600K, Core i7-12700K und Core i9-12900K in den Handel. Mit hohen Taktfrequenzen, aber auch vergleichsweise hoher Maximalleistungsaufnahme und offenem Multiplikator richten Sie sich an „Early Adopter“, Overclocker und Gamer. Die übrigen, massentauglicheren Varianten der Core-i-12000-CPU folgen erst Anfang 2022.

Beim Aufbau der Prozessoren und der LGA1700-Plattform hat Intel keinen Stein auf dem anderen gelassen. Hauptneuerung ist das erstmals bei Desktop-CPU's verwendete Hybrid-Design aus leistungsstarken Performance-Kernen (P) und sparsamen Effizienz-Kernen (E). Der schnellste Alder-Lake-Chip Core i9-12900K besteht aus acht P- und acht E-Kernen. Die P-Kerne mit Golden-Cove-Architektur sind eine Weiterentwicklung der Willow-Cove-Kerne der 11. Core-i-Generation. Für die E-Kerne „Gracemont“ hat sich Intel bei den Bilig-CPU's Celeron und Pentium Silver J/N mit Tremont-Architektur bedient und diese massiv aufgeböhrt.

Während jeder P-Core einen eigenen 1,25 MByte großen Level-2-Cache hat, teilen sich jeweils vier E-Cores 2 MByte L2-Cache. Zusätzlich gibt es für alle Kerne und die UHD-770-Grafik mit Xe-Architektur bis zu 30 MByte L3-Cache, wovon vor allem Spiele profitieren. Ein Viererblock aus E-Kernen belegt auf dem Halbleiter-Die exakt

den Platz eines P-Kerns, sodass Intel die Kernanzahl leicht skalieren kann. Der Core i5-12600K hat zum Beispiel sechs P- und vier E-Kerne. Gefertigt werden die Chips im neuesten 10-Nanometer-Prozess „Intel 7“, bislang auch Enhanced SuperFin genannt.

Laut Intel soll das Hybrid-Design auch auf nicht speziell angepassten Betriebssystemen wie Windows 10 oder Linux gut funktionieren, optimale Performance gibt es jedoch nur mit Windows 11. Denn in den Alder-Lake-Prozessoren gibt es eine neue Hardware-Einheit namens Thread Director, der die verwendeten Instruktionen der laufenden Threads auswertet. Dieser kategorisiert die Threads in verschiedene Leistungsklassen, anhand derer wiederum der Scheduler von Windows 11 die Anwendungen optimal auf die verschiedenen Kerne verteilt. So soll beispielsweise die Bildbearbeitung flüssig ohne Wartezeiten auf den P-Cores laufen, während man gleichzeitig ein Video umkodieren lässt, das als Hintergrundanwendung primär die E-Cores nutzt.

### Satte Leistung, satter Verbrauch

Der Speichercontroller kann außer mit DDR4- nun auch mit DDR5-RAM umgehen. Der maximale Speicherdurchsatz bei DDR5-4800 und zwei Kanälen klettert im Vergleich zu DDR4-3200 von 51,2 GByte/s auf 76,8 GByte/s. Mainboards mit dem High-End-Chipsatz Z690 wird es mit Slots für DDR4 oder DDR5 geben. Für die neue CPU-Fassung LGA1700 sind teils neue Kühlerhalterungen nötig.

Die Anbindung zum Chipsatz verdoppelt sich bei Alder Lake ebenfalls. Statt über acht DMI-3.0- laufen die Daten über acht DMI-4.0-Lanes von und zur CPU. Auch bei PCI Express (PCIe) hat Intel auf-

gestockt: Der PEG-Slot vom Prozessor arbeitet mit 16 PCIe-5.0-Lanes, SSDs bindet die CPU über vier PCIe-4.0-Lanes an. Der Z690-Chipsatz stellt weitere zwölf PCIe-4.0-Lanes zur Verfügung.

Bei Last auf einem P-Kern taktet der 10-nm-Prozessor Core i9-12900K mit bis zu 5,2 GHz und liegt damit auf Höhe des 14-nm-Vorgängers Core i9-11900K (5,3 GHz). Die E-Kerne arbeiten gemächlicher mit einem maximalen Turbotakt von 3,9 GHz. Wohl aus den Erfahrungen der letzten Jahre, nach denen viele Boards die Intel-Vorgaben für die Power Limits ignorierten, schafft Intel mit Alder Lake die Thermal Design Power (TDP) ab. Stattdessen heißt diese nun Processor Base Power (PBP), ist aber genauso irrelevant. Entscheidend ist hingegen die Maximum Turbo Power, die die K-Prozessoren dauerhaft ausreizen dürfen. Beim Core i9-12900K sind das satte 241 Watt. Für diesen High-End-Prozessor empfiehlt sich deshalb eine Wasserkühlung.

In der Praxis zeigt der Core i9-12900K (ca. 600 Euro), dass das 8+8-Design funktioniert. Im Rendering-Benchmark Cinebench R23 lässt er den 16-Kerner Ryzen 9 5950X (ca. 760 Euro) mit rund sieben Prozent Vorsprung hinter sich (27.517 zu 25.757 Punkte). Noch deutlicher ist der Unterschied bei der für Office-Anwendungen und 3D-Spiele wichtigen Singlethreading-Performance. Hier knackt die Alder-Lake-CPU die 2000-Punkte-Marke (2013 Punkte) und liegt über 20 Prozent vor dem Ryzen-Topmodell (1656 Punkte). Bei der Effizienz hat aber AMD weiter deutlich die Nase vorn. Weitere Benchmarks, Tests und Details der neuen Prozessoren folgen in der nächsten c't. (chh@ct.de)

### Core i-12000 „Alder Lake“, LGA1700, 10 Nanometer

Prozessor	Kerne / Threads	Takt (Turbo): P- / E-Cores	L3-Cache	PBP / MTP
Core i9-12900K(F)	8P+8E / 24	3,2 (5,2) / 2,4 (3,9) GHz	30 MByte	125 / 241 W
Core i7-12700K(F)	8P+4E / 20	3,6 (5,0) / 2,7 (3,8) GHz	25 MByte	125 / 190 W
Core i5-12600K(F)	6P+4E / 16	3,7 (4,9) / 2,8 (3,6) GHz	20 MByte	125 / 150 W
P-Core: Performance-Kern E-Core: Efficiency-Kern PBP: Processor Base Power MTP: Maximum Turbo Power F-Prozessoren ohne UHD-770-Grafik alle CPUs: 2 × DDR5-4800 oder 2 × DDR4-3200				



## Weiterhin Druckerprobleme mit Windows 10

**PrintNightmare und kein Ende, auch das Oktober-Update von Windows 10 bremst Netzwerkdrucker aus: Druckereigenschaften werden nicht an Clients weitergegeben, Ausdrücke erfordern Admin-Rechte, teilweise verschwundene freigegebene Drucker komplett.**

Diverse Schwachstellen im Drucker-Spooler-Dienst von Windows 10, die unter dem Namen „PrintNightmare“ bekannt wurden, werden von Angreifern weiterhin aktiv ausgenutzt. Seit Juni 2021 versucht Microsoft, die Lücken mit Updates zu schließen, doch ist das nicht komplett gelungen. Im Gegenteil bringen einige Fixes offenbar sogar neue Probleme mit.

So kann es laut Microsoft nach dem Update KB5005565 vom September 2021 vorkommen, dass Druckerneustellungen mit Internet Printing Protocol (IPP) nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Außerdem berichteten Administratoren, dass freigegebene Netzwerkdrucker plötzlich fehlten. Das will Microsoft in einem zukünftigen Windows-Update beheben.

Nach dem letzten Update KB5006670 sollten Druckserver mit installiertem September-Update alle gewählten benutzerdefinierten Einstellungen wie den Duplexdruck wieder ordnungsgemäß an die

Clients weitergeben. Allerdings hat Microsoft den Bug im Supportdokument einen Tag, nachdem er geschlossen wurde, wieder als eröffnet angezeigt. Unklar ist, ob das Unternehmen erneut daran arbeitet oder ob der Fix selbst neue Lücken gerissen hat.

Ähnliches gilt für einen anderen Bug, der in manchen Netzwerkumgebungen dazu führt, dass Nutzer nicht mehr auf Servern drucken konnten: Sie sollten zunächst Druckertreiber installieren, wozu sie aber Admin-Rechte benötigten. Der Fehler wurde am 12. Oktober als erledigt markiert, laut Knowledge Base aber erst drei Tage später gemeldet. In Foren berichten Administratoren auch nach dem Einspielen des aktuellen Updates KB5006670 von Problemen, was vermuten lässt, dass der Fix seinerseits Nebenwirkungen hat. Dafür spricht auch ein neuerer, auf den 15. Oktober datierter Supportbeitrag von Microsoft mit zum letzten Eintrag identischer Überschrift. Microsoft will für dieses Problem bis Ende Oktober eine Lösung anbieten. Bis dahin können sich Admins möglicherweise mit einigen von heise online gesammelten Workarounds behelfen; diese finden Sie über [ct.de/yg6z](https://ct.de/yg6z). (bkr@ct.de)

**Workarounds:** [ct.de/yg6z](https://ct.de/yg6z)

## USB-Drucker unter Windows 11

Microsofts neuestes Betriebssystem Windows 11 hat Probleme mit einigen USB-Druckern. So weist Hersteller Brother in einem Support-Dokument darauf hin, dass seine **Drucker möglicherweise nicht erkannt** werden, wenn sie per USB-Kabel mit einem Windows-11-Rechner verbunden sind. Hingegen mehrere Brother-Drucker am System, ließen sich deren Einstellungen nicht mehr ändern. Brother pflegt eine Liste von etwa 90 Druckern, bei denen es mit Windows 11 zu Problemen kommen kann (siehe [ct.de/yg6z](https://ct.de/yg6z)).

Eine Lösung nennt der Hersteller noch nicht. Er empfiehlt, erst auf Windows 11 umzusteigen, wenn das Problem behoben ist, oder per LAN oder WLAN zu drucken. Bei einigen Nutzern soll die Treiberinstallation geklappt haben, nachdem sie zunächst das USB-Kabel vom Drucker abgezogen, dann den Druckertreiber aus dem Windows-Gerätemanager gelöscht und einen Windows-Neustart durchgeführt haben.

Drucker von Oki werden laut einigen Nutzerberichten ebenfalls nicht als USB-Drucker erkannt; dagegen könnte ein Firmware-Update helfen. Und in einem Thread des Dr.-Windows-Forums melden Anwender Probleme mit Druckern von HP, Epson und Canon. (bkr@ct.de)

**Druckerliste, Forum:** [ct.de/yg6z](https://ct.de/yg6z)

## 8. Zukunftskongress Bayern

# Oans, Zwoa, Zack, OZG is!

Mit neuem Schwung in die digitale Verwaltung

**17. Februar 2022, München**

[www.zukunftskongress.bayern](https://www.zukunftskongress.bayern)

#zkonbayern22

Eine Veranstaltung des **Behörden Spiegel**



Graphic: By Hoffmann unter Verwendung von patrimonial designs, stock.adobe.com

# Zugelassener Lkw fährt mit Sonnenlicht

**Ein 18-Tonner mit Photovoltaikmodulen nutzt Sonnenenergie für seinen Antrieb. Bei Unfällen schützt eine eigens entwickelte Trennvorrichtung vor Schäden durch hohe Spannungen.**

Im Dach des Kofferaufbaus hat der neue rein elektrisch fahrende 18-Tonnen-Lkw der Alexander Bürkle GmbH in Freiburg eine Photovoltaikanlage mit 3,5 Kilowatt Peak, die sie direkt in die Antriebsbatterie einspeist. Die einsatzfähige Technik entwickelte das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (ISE) gemeinsam mit Industriepartnern. Inzwischen ist der Lkw in Deutschland offiziell für den Straßenverkehr zugelassen.

Nach den Berechnungen der Forscher um den Projektverantwortlichen Christoph Kutter am ISE kann das Nutzfahrzeug mit Solarstrom etwa fünf bis zehn Prozent des anfallenden Energiebedarfs decken und somit auch seine Reichweite erhöhen. Die Solarmodule nehmen etwa 34 Quadratmeter ein und erhöhen den Aufbau gerade einmal um

zwei Millimeter. Den optimierten Materialeinsatz und geringen Verkabelungsaufwand erreichten die Konstrukteure auch dadurch, dass sie die Module in Serie schalteten. Weil dabei im Betrieb bis zu 400 Volt Spannung entsteht, entwickelten sie zudem eine dezentrale Vorrichtung, die die Module bei einem Unfall in Sekundenbruchteilen trennt. Nach erfolgter Trennung würde man bei einzelnen Teilen nur noch Kleinspannungen bis zu 120 Volt messen.

Der Lkw soll täglich im Freiburger Umland Touren fahren und zeigen, welcher Stromertrag sich dabei generieren lässt. Für die Ferndiagnose hat das Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme sein System IVImon installiert. Das sammelt Informationen des Energiesystems und errechnet zum einen die aktuell noch mögliche Fahrtstrecke. Zum anderen überwacht es die Alterung der Batterie, berechnet deren Restkapazität und schlägt Wartungstermine vor. (agr@ct.de)



Bild: Fraunhofer ISE

**Mit Strom aus Solarmodulen fährt der 18-Tonner längere Strecken.**

## Magnetfelder gegen das Rauchen

In einer Studie mit 262 chronischen Rauchern in Israel und den USA haben Forscher der Ben-Gurion-Universität des Negev und der Columbia University New York die **Rauchentwöhnung mit wiederholter transkranieller Magnetstimulation (rTMS)** unterstützt. Ihre Ergebnisse zeigen eine mehr als verdoppelte Erfolgsrate der Probanden gegenüber einer Placebo-Vergleichsgruppe.

Alle Teilnehmer hatten bereits einmal oder öfter versucht, sich das Rauchen abzugewöhnen. Sie sollten sich Auslöser

ihres Verlangens vorstellen und bekamen Bilder zum Rauchen gezeigt. Danach erfolgte die Hirnstimulation. Das Verfahren wurde über insgesamt sechs Wochen wiederholt. Nach 18 Wochen zeigte sich, dass 19,4 Prozent der behandelten Raucher gemäß Fragebogen und Urintest bereits seit mindestens vier Wochen rauchfrei lebten. Bei der Kontrollgruppe, die keine Magnetstimulation im Helm hatte, lag der Anteil der entwöhnten Raucher lediglich bei 8,7 Prozent. (agr@ct.de)

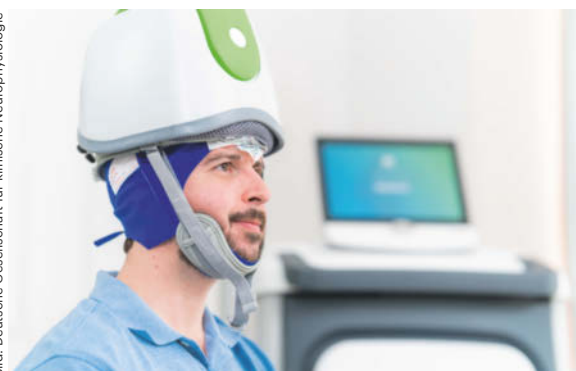


Bild: Deutsche Gesellschaft für klinische Neurophysiologie

**Die tiefe transkranielle Magnetstimulation erreicht mit wechselnden Magnetfeldern tief gelegene Hirnregionen. Sie wird im wachen Zustand eingesetzt und kann längerfristige Änderungen der Hirnaktivität auslösen.**

## Protein fischt seltene Erden

Forscher am Lawrence Livermore National Laboratory bei San Francisco können **seltene Erden wie Cer und Neodym aus einer Lösung mit Asche aus Elektroschrott filtern**. Das Team um den Biochemiker Dan Park benutzt dafür ein Protein einer spezialisierten Bakterienart. Dieses Molekül bindet die begehrten Lanthanoide in der Lösung und kann sie so von anderen Metallen trennen, um sie wiederzuverwenden.

Im Versuch gelang es den Forschern, die seltenen Erden in der Aschelösung um das 2040-Fache anzureichern. Zudem zeigten sie, dass das Protein die verschiedenen, aber chemisch ähnlich reagierenden Seltenerdelemente unterschiedlich stark bindet. Durch Änderung des Säurewerts der Lösung ließen sich die verschiedenen Elemente sortenrein voneinander trennen. Seltene Erden sind zum Beispiel in der Elektronikindustrie stark nachgefragt. (agr@ct.de)



# Linux-Smartphone PinePhone Pro

**Pine64 präsentiert das Linux-Smartphone PinePhone Pro mit besserer Hardware, Manjaro-Linux und KDE Plasma Mobile.**

Pine64 bringt das Linux-Smartphone PinePhone Pro auf den Markt. Das neue Pro-Modell hebt sich durch leistungsstärkere Hardware vom bisherigen PinePhone ab. Der Anbieter liefert das PinePhone Pro mit Manjaro-Linux und KDE Plasma Mobile aus. Nutzer sollen auch andere mobile Betriebssysteme installieren können. Für Entwickler gibt es das Gerät bereits für 400 US-Dollar (ohne Versand und Zoll) als Vorbestellung. Bei Redaktionsschluss erklärt Pine64 offiziell, die Geräte noch im Dezember ausliefern zu wollen. Das Unternehmen plant, die Vorbestellungen ab November für alle Interessierten zu öffnen. Die sogenannte „Explorer-Edition“ soll die Käufer Anfang 2022 erreichen.

Pine64 baut im Pro-Modell einen für das PinePhone angepassten Sechskern-SoC von Rockchip ein, der mit 1,5 GHz taktet. Auf dem Board sind 4 GByte LPDDR4 Hauptspeicher und ein 128 GByte eMMC-Flash-Speicher. Das IPS-Panel mit 6-Zoll-Diagonale löst mit 1440 × 720 Pixeln auf. Der IMX258-Kamera-Sensor von Sony auf der Rückseite des Smartphones liefert 13 Megapixel, die Selfie-Kamera 5 Megapixel. Der Akku fasst 3000 mAh. Smartphone-Zubehör wie die Tastatur oder den Fingerabdrucksensor, den Pine64 für die bisherigen PinePhone-Modelle verkauft hat, bleibt kompatibel. Einzelne Komponenten wie WLAN oder Mikrofon lassen sich über Hardwareschalter unter der Batterieabdeckung deaktivieren. Nutzer können das Telefon mittels USB-C-Dock auch als mobilen Desktop verwenden.

Das Unternehmen schreibt in der Ankündigung auf der Pine64-Webseite (siehe [ct.de/y5u6](http://ct.de/y5u6)), das PinePhone Pro biete auf-

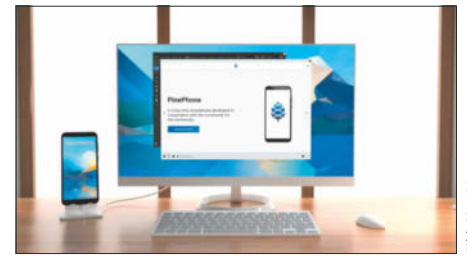


Bild: Pine64

**Verbindet man das PinePhone Pro via USB-C-Dock mit einem Monitor und Eingabegeräten, wechselt das Telefon in den Desktop-Modus.**

grund von Softwarebeschränkungen nicht den gleichen Komfort wie vergleichbare iOS- oder Android-Smartphones. Die Zielgruppe bleibe weiterhin Linux-Enthusiasten und Entwickler. Laut Pine64 bleibt das bisherige PinePhone weiter erhältlich und wird, je nach Ausführung, für 150 bis 200 US-Dollar (ohne Versand und Zoll) im Webshop angeboten. (ndi@ct.de)

**Pine64-Webseite:** [ct.de/y5u6](http://ct.de/y5u6)

 Genossenschaftliche FinanzGruppe  
Volksbanken Raiffeisenbanken

## REBECCA, 31

IT-Professional

**Über-0-und-1-Hinausdenkerin,  
ganzheitliche Problemlöserin,  
agile Projektmanagerin,  
Immer-weiter-Entwicklerin**

Hobbys: Digitale Trends setzen.

Suche: Gleichgesinnte, die mit mir mehr bewirken wollen.

Status: Offen für die neue berufliche Herausforderung.

Bist du unser Perfect Match?

## Jetzt mehr bewirken:



DZ BANK Gruppe, eine der größten Finanzgruppen Deutschlands  
[www.karriere.dzbankgruppe.de](http://www.karriere.dzbankgruppe.de)

 **DZ BANK Gruppe**

# Zeit für einen Überstandard

## Smart-Home-Standard „Matter“ soll bislang inkompatible Komponenten verbinden

**Der Marktstart von Matter zum Sommer 2022 scheint nun sicher. Doch immer noch ist ungewiss, wie viele Geräte den neuen Smart-Home-Standard zur Premiere auch tatsächlich unterstützen.**

Von Berti Kolbow-Lehradt

Schon seit einiger Zeit sind die Augen der Smart-Home-Welt auf „Matter“ gerichtet: Der Verbindungsstandard soll die plattformübergreifende Steuerung von Komponenten ermöglichen, die über WLAN, das drahtlose Mesh-Netzwerk Thread oder per Ethernet ins Heimnetzwerk eingebunden ist. Ein bisher nur mit Apples HomeKit kompatibles Gerät hört dann etwa auf den Google Assistant, ohne dafür in der Google-Cloud registriert sein zu müssen.

Der ursprünglich für Herbst 2021 geplante Start wurde zwar auf Sommer 2022 verschoben. Doch immerhin befinden sich aktuell bereits rund 60 Geräte bei der zuständigen Connectivity Standard Alliance (CSA) in der Zertifizierungsphase, wie dessen Director Jon Harros am Rande eines Pressevents des Herstellers Eve berichtete. Absichtserklärungen, zum Matter-Auftakt auch passende Geräte im Handel zu haben, gibt es bislang von Aqara, Eve, Nanoleaf, Philips Hue, Wiz und Yale. Hinzu kommen Amazon, Apple, Google und Samsung, die auch zu den Initiatoren des Matter-Standards gehören.

Allerdings dämpfte Harros Erwartungen, dass zur Matter-Premiere tatsächlich alle der angesprochenen 60 Komponenten im Handel verfügbar sein werden. Dagegen spricht vor allem, dass sich die Geräte in höchst unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden. Allerdings wollen Aqara und Philips Hue auch ihre ZigBee-

Gateways für Matter zertifizieren lassen. Wenn dies geschieht, wären dutzende bereits verfügbare ZigBee-Komponenten in einem Rutsch Matter-kompatibel.

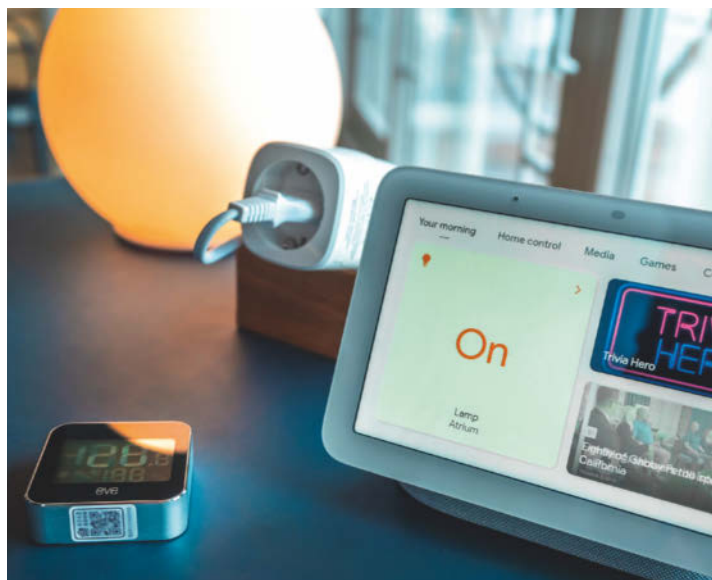
### Es läuft!

Zum Marktstart ist laut CSA mit „vier bis fünf“ Zubehörkategorien zu rechnen, darunter smarte Lampen, Sensoren, Zwischenstecker und Heizungsthermostate. Das genügt für grundlegende Smart-Home-Szenarien. Einen Vorgeschmack auf die Praxis bot Hersteller Eve mit einer Produktdemo vor Fachjournalisten. Dabei schaltete ein Google-Sprachbefehl mittels einer Eve-Steckdose eine Tischlampe ein, ein anderer Befehl fragte die Raumtemperatur von einem Eve-Wettersensor ab. Die Sprachbefehle verarbeitete und verschickte ein Google Nest Hub 2. Das Smart Display tauschte sich dabei lokal via Thread mit dem Zubehör aus. Eve hat auch gar keine eigene Cloud und lässt sich auf diesem Weg nicht mit Google-Technik verbinden. Der Google Assistant braucht wiederum für die Verarbeitung der Sprachbefehle stets eine Internetverbindung. Die Kommandos ließen sich bei der Demonstration zwar nur auf Englisch geben und

führten teilweise erst nach zwei, drei Anläufen zum gewünschten Erfolg. Allerdings handelte es sich noch um eine experimentelle Firmware.

Dass in dieser frühen Phase überhaupt schon etwas funktioniert hat, nährt die Hoffnung, dass Matter tatsächlich die bisher oft mühselige Suche nach kompatiblen Zubehör vereinfachen und den Wunsch nach weniger Abhängigkeit von Cloud-zu-Cloud-Verbindungen besser erfüllen kann, als dies bisherigen Übertragungsstandards fürs Smart Home gelungen ist. Dennoch ist noch vieles ungeklärt – etwa, welche Rolle Matter bei plattformübergreifenden Automationen und Fernzugriffen spielen wird. Für viele beteiligte Firmen stellt der angedachte Brückenschlag wegen markeneigener Bedienlogiken ein richtig dickes Brett dar.

In Anbetracht dieser Großbaustelle ist es nicht ungewöhnlich, dass ein etwas längerer Anlauf nötig ist und viele Hersteller noch lauern, bis die Spezifikationen feststehen. Mit einem großen Schwung an interoperablen Komponenten ist also womöglich erst zu rechnen, wenn der Matter-Start im Sommer aus Sicht der Unternehmen glückt. (nij@ct.de) **ct**



**Über Matter wurden in der Vorführung eine Steckdose und ein Wettersensor von Eve ohne Cloud mit einem Nest Hub 2 verbunden und dann mit Google-Sprachbefehlen gesteuert – obwohl die Eve-Geräte an sich nur zu HomeKit kompatibel sind.**



# 6G-Mobilfunk für Zero-Energy-Geräte

**Der Netzkausträger Ericsson konzipiert für die kommende sechste Mobilfunkgeneration (6G) IoT-Geräte, die Energie aus der Umgebung tanken sollen.**

Nie mehr Batteriewechsel oder Akkuladen? Ericsson und das Massachusetts Institute of Technology (MIT) haben sich zusammengetan, um Techniken zur Energieaufnahme aus der Umgebung für das Internet der Dinge zu entwickeln (Internet of Things, IoT). Die Nuss „Energy Harvesting“, die naturgemäß sehr wenig Energie hergibt, haben auch schon andere Forschungsgruppen versucht zu knacken. Die Partner prägen nun mit Zero-Energy-Devices einen weiteren Begriff mit Fokus auf Mobilfunkgeräte und -netze für industrielle Anwendungen.

Für 4G- und 5G-Netze sind schon diverse Spezifikationen für genügsamen Funkbetrieb niedergeschrieben und teils auch implementiert (Massive Machine-type Communication, etwa zur Zählerfernauslesung). NarrowBand Internet of Things (NB-IoT) und LTE für Maschinen (LTE-M) sind für Datenraten von wenigen hundert Kilobit pro Sekunde ausgelegt und kommen unter optimalen Bedingungen bis zu zehn Jahre mit einer Knopfzelle aus.

Dennoch ist der Ansatz unwirtschaftlich, wenn man regelmäßig Batterien zehntausender Geräte wechseln muss. Zudem hängt die Batteriebensdauer von der Länge der Sende- und Empfangsintervalle ab: Sie sinkt erheblich, wenn ein NB-IoT- oder LTE-M-Gerät alle paar Minuten kommuniziert.

Ericsson beschreibt in einem Blog-Beitrag die Herausforderungen für Zero-Energy-Geräte, die ohne Batterie auskommen sollen (siehe [ct.de/yfjb](https://ct.de/yfjb)). Sie gewinnen die für den Betrieb erforderliche Energie aus der Umgebung – aus Vibrationen, Licht, Temperaturgradienten oder Hochfrequenzwellen, wie sie zum Beispiel TV-Sendeanlagen und Mobilfunkbasisstationen

ausstrahlen. Sie sammeln sie zwar, aber zur Methode der Speicherung äußert sich Ericsson nicht.

Derartige Funkmodule könnten in Versandpaketen platziert werden, um die Lagerhaltung zu vereinfachen und zusätzlich etwa die **Temperatur oder Luftfeuchtigkeit innerhalb der Verpackung** zu melden. Ein weiteres Szenario sei die Überwachung von Umweltparametern an entfernten Standorten.

Bisherige Energy-Harvesting-Methoden entnehmen der Umgebung oft nur wenige Mikrowatt, was weit unter dem Bedarf heutiger sparsamer Geräte liegt. Selbst die sparsamsten Sendeempfänger benötigen Energie im Milliwatt-Bereich.

Aus dem geringen Energiepegel ergibt sich eine Obergrenze für die übertragbare Datenmenge. Zwar hängt sie stark von der Funkdistanz und den Bedingungen ab, aber meist beträgt sie nur wenige Bytes. Ein Trick, um mit dem beschränkten Energievorrat auszukommen, ist, seltener zu funken. Weil aber die Energieverfügbarkeit und die Güte des Übertragungskanal im Tages- oder Jahresverlauf schwanken, sind die Geräte prinzipiell nur sporadisch verfügbar. Deshalb seien gänzlich **neue Spezifikationen der physikalischen Übertragungsschicht** erforderlich.

Weitere große Herausforderungen sind die Authentifizierung und Verschlüsselung. Allein der Energiebedarf zur Verschlüsselung der Geräteidentität (IMSI) erfordert bei aktuellen NB-IoT-Geräten laut Ericsson so viel Energie, wie aktuelle Energy-Harvesting-Techniken erst innerhalb von Tagen einsammeln. Deshalb wollen Ericsson und das MIT neue, energieeffizientere Sicherheitsmechanismen entwickeln. Auch braucht es gänzlich neue Schaltkreise, die mit den niedrigen Energiemengen auskommen.

(dz@ct.de)

**Ericsson Blog-Eintrag:** [ct.de/yfjb](https://ct.de/yfjb)

**Der Netzkausträger Ericsson will für den kommenden 6G-Mobilfunk Konzepte entwickeln, um Messgeräte an abgelegenen Orten ohne herkömmliche Batterie zu betreiben.**



Bild: Ericsson

## MQTT im Schaltschrank



### Eigenes Netzwerk. Eigener Broker.

Mit der **MQTT.box** einen eigenen MQTT-Broker betreiben.

Alles in eigener Hand:

- Benutzerverwaltung
- Keine externe Cloud
- On-Prem



[wut.de/mqttbox](https://wut.de/mqttbox)

**W&T**  
www.WuT.de

# Universelle Gratis-Bürosuite

**Das kostenlose FreeOffice übernimmt in Version 2021 viele Neuerungen seines kommerziellen Pendants SoftMaker-Office.**

Die Entwickler beim Hersteller SoftMaker haben die Gratisausgabe FreeOffice ihrer Bürosuite SoftMaker-Office für Windows, macOS und Linux auf den Versionsstand 2021 aktualisiert. Wer die Software unter [www.freeoffice.com](http://www.freeoffice.com) herunterlädt, erhält eine 14-Tage-Testlizenz, die er per E-Mail kostenlos in eine Dauerlizenz für drei Rechner mit gleichen oder unterschiedlichen Betriebssystemen umwandeln kann.

In der neuen Version kann man in der Textbearbeitung TextMaker, der Tabellenkalkulation PlanMaker und dem PowerPoint-Gegenstück Presentations mehrere Dokumente jeweils in gestaffelten Tabs oder in separaten Fenstern bearbeiten. Die Einträge in Inhaltsverzeichnissen sind jetzt klickbar und das Datenbankmodul von TextMaker kann außer mit dBase- auch mit SQLite-Datenbeständen umgehen. In PlanMaker hinzugefügte Rechenfunktionen sollen die Kompatibilität mit Microsoft Excel weiter verbessern. Die neue Medien-Ribbonkarte in Presentations hilft, Sound- und Videoobjekte zu verwalten.

Andererseits fehlen der Gratissuite zahlreiche Features für ambitionierte Anwender, etwa der Einsatz von Textbausteinen,

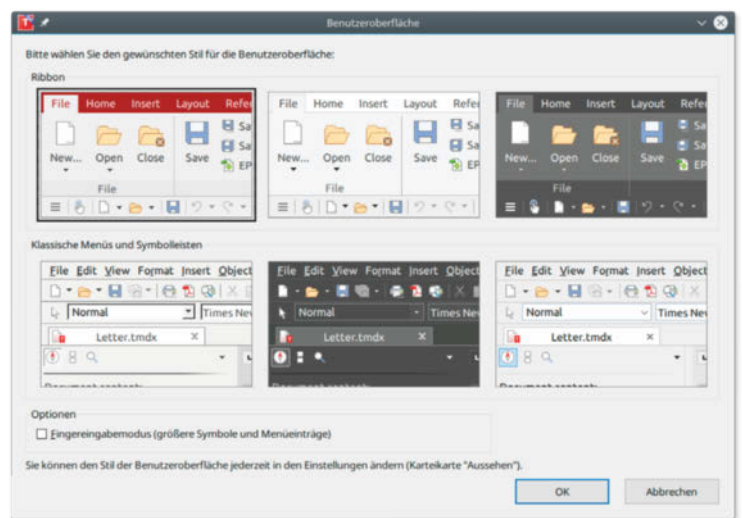
den, die Serienbrieffunktion und die Referenzenansicht, mit der man in Presentations die Vortragsbilder auf den Beamer und den Vortragstext aufs Notebook-Display geben kann.

FreeOffice liest und schreibt Dokumente unter Windows, macOS und Linux wahlweise im alten oder neuen Microsoft- oder im OpenDocument-Format – zum Beispiel Texte also als DOC-, DOCX- oder ODT-Dateien. Das kommerzielle SoftMaker-Office tat sich im c't-Test wiederholt mit guten Im- und Exportfiltern für die unterschiedlichen Dateiformate gegenüber MS Office und LibreOffice hervor. FreeOffice übernimmt diesen Vorteil, ist

aber leichter beherrschbar als die Softwareboliden der Konkurrenz. Sein Formatespektrum ist nur in zweierlei Hinsicht beschnitten: Erstens kann man in Präsentationsdokumenten keine Schriften einbetten. Dadurch könnte eine am Desktop-Rechner verfasste Präsentation auf dem Laptop am Rednerpult durch unpassende Zeilenumbrüche überraschen. Zweitens läuft FreeOffice unter Windows nur als 32-Bit-Software. Das ist auch unter 64-bittigen Windows in jeder Hinsicht in Ordnung, wenn nicht gerade extrem große Tabellen den 32-Bit-Adressraum sprengen und sich deshalb nicht öffnen lassen.

(hps@ct.de)

**Wie der große Bruder SoftMaker-Office geht auch FreeOffice Anwendern mit wählbaren Bedienoberflächen zur Hand.**



## PDF-Universalwerkzeug

Die in vier Varianten angebotene 64-bittige Windows-Anwendung **Readiris PDF** von Iris Canon soll alle gängigen Aufgaben im Zusammenhang mit PDF-Dokumenten übernehmen. Dabei geht es zum Beispiel ums Scannen von Drucksachen und die Umwandlung resultierender TIFF-, JPG und PNG-Dateien in durchsuchbare PDF-Dokumente. Bei der dafür benötigten OCR (optische Zeichenerkennung) muss die Software auch in der Lage sein, komplizierte Layouts etwa von Katalogseiten korrekt wiederzugeben – was die Vorgängersoftware von Readiris in c't 16/2018, Seite 98 unter Beweis gestellt hat. Umgekehrt soll die Software aus PDF-Dateien auch Word-Dokumente anfertigen können. Bearbeiter können Dokumentpassagen hervorheben,

durch- und unterstreichen, mit Freitexten kommentieren sowie digital signieren und mit Wasserzeichen versehen. Laut Hersteller lassen sich Unterlagen mit unterschiedlichen Dateiformaten zu einheitlichen PDFs kombinieren und als solche bearbeiten. Außerdem kann man Zeichenfolgen gleichzeitig in mehreren Dokumenten suchen und ersetzen. Abgesehen von der kostenlosen Ausgabe Readiris PDF Reader, die tatsächlich nur PDFs anzeigt, kostet die günstigste Programmvariante Standard 129 Euro. Die Business Edition, die außerdem mit Strich- und QR-Codes umgehen sowie Epub- und PDF/A-Dokumente speichern kann, gibt es für 199 Euro. Readiris Family 365 enthält 5 Mietlizenzen zum Jahrespreis von 99 Euro. (hps@ct.de)

## Video-Review in der Cloud

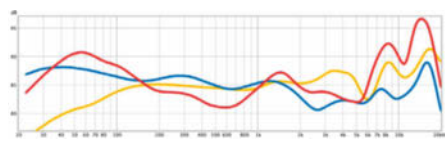
Dropbox will Videoproduzenten zunächst mit einer offenen Betaversion unter <https://replay.dropbox.com> beim Teamwork helfen. Das Werkzeug **Dropbox Replay** gibt Anwendern die Gelegenheit, auf den Webspeicher hochgeladene oder für sie freigegebene Videos mit Anmerkungen zu versehen, ohne dafür erst voluminöse Videodateien herunter- und anschließend wieder hochladen zu müssen. Außer Texteingaben nimmt die Software auf einer bis auf einzelne Frames aufgelösten Zeitleiste auch Skribbles mit einem rudimentären Zeichenwerkzeug entgegen, kann Videos unterschiedliche Status zuweisen und verwaltet Versionen. (hps@ct.de)



# AirPods 3 bekommen Bass-Boost am iPhone

**Apples neue AirPods 3 passen den Klang über einen adaptiven Equalizer an. Die Basswiedergabe hängt jedoch vom Zuspeler ab.**

Apple verkauft die dritte Generation seiner kabellosen In-Ears AirPods für knapp 200 Euro. Neu ist ein eingebauter Bewegungssensor zum Head-Tracking bei der Wiedergabe von 3D-Musik und Filmen, wie man es von den AirPods Pro kennt. Im Unterschied dazu schließen die AirPods 3 jedoch den Gehörgang nicht mit Gummi-



An einem MacBook betonen die AirPods 3 (rot) Bässe und Höhen deutlich stärker als die AirPods Pro (blau) oder der neutrale Kopfhörer Sennheiser HD-600 (gelb).

manschetten ab und lassen Umgebungsgeräusche durch. Eine aktive Geräuschunterdrückung fehlt.

Ohne abgeschlossenen Gehörgang war die Basswiedergabe bei In-Ears bislang ein Problem. Apple spendiert den AirPods 3 dazu einen „adaptiven EQ“, bei dem ein Mikrofon in Richtung Ohrkanal die Pegel im unteren Frequenzbereich misst. Sind sie zu schwach, heben die AirPods 3 den Bass sowie Mittenbereich bis etwa 1,5 kHz an.

Messungen und Hörtests von c't zeigen jedoch, dass der adaptive EQ der AirPods 3 nicht immer arbeitet und abhängig vom Zuspeler ist. So war die Basswiedergabe von einem iPhone 12 mit iOS 15.1 im Bereich um 60 Hz um über 9 Dezibel lauter als von einem MacBook Pro mit macOS Monterey 12.0.1. Ob dies auf einen Fehler in macOS Monterey zurückzuführen ist oder aber der adaptive EQ generell nur bei der Wiedergabe vom iPhone oder einem Apple TV 4K funktio-

**Ohne Gummimanschetten sitzen die AirPods 3 sehr locker im Ohr.**



Bild: Apple

niert, ließ sich bis Redaktionsschluss nicht klären.

Im Vergleich zu den eher neutral klingenden AirPods Pro betonen die AirPods 3 den Bass unterhalb von 150 Hz wie auch die Höhen oberhalb von 5 kHz überaus stark. Das sorgt für einen sehr luftigen, detailreichen Klang, zuweilen aber auch zu übermäßig betonten Bässen – vor allem bei der Wiedergabe von Dolby-Atmos-Songs übers iPhone. (hag@ct.de)

## <Oxygen/> XML Editor

Die komplette XML Entwicklungs- und Authoring Plattform

Single Source Publishing

JSON Tools

Structured Editing

XML Tools

Databases & CMS

**Strukturiertes Editing**

- Einfach zu bedienender visueller XML Editor mit CSS Unterstützung
- Unterstützt CALS und HTML-Tabellen
- Kontextsensible Eingabehilfen
- Dokumenten- und Grammatik-Prüfung während der Eingabe

**XML Publishing Frameworks**

- wiederverwendbarer Inhalt
- starker DITA Map Editor
- Vorgefertigte Publishing Szenarien
- Integriertes DITA Open Toolkit

**DocBook Authoring**

- DocBook 4 und 5 wird unterstützt
- ebenso XInclude und XML Einheiten
- Vorgefertigte Publishing Szenarien

**Publishing aus einer Quelle**

- Vorgefertigte, anpassbare Umwandlungs Szenarien zur Ausgabe in PDF, ePub, HTML, CHM, und andere

**Zusammenarbeit**

- Nachverfolgung der Änderungen
- Jede Änderung enthält den Namen des Autors und die Zeit der Änderung

**Subversion Repository Client**

- Der Subversion Client (SVN) hilft beim Durchsehen der Repositories, Anzeigen und Zustimmung von Änderungen

**XML Diff und Merge**

- Verzeichnis und Datei Vergleich mit sechs verschiedenen Diff Algorithmen in mehreren Ebenen

**Erweiterungen**

- Autoren können selbst erstellte Frameworks in ihrer Organisation verteilen

**Schnittstellen**

- XML Author hat viele Schnittstellen an die meisten XML Datenbanken, Content Management Systeme und WebDAV
- Anschlüsse bestehen für: Mark Logic, Oracle, IBM DB2, eXist, Berkeley XML DB, Documentum xDB, Software AG Tamino, TigerLogic XDBS

**Jetzt neu: Oxygen XML Version 24**

SienerSoft GmbH  
Schoßbergstraße 11 · 65201 Wiesbaden  
Telefon 0611-8907760-20  
[www.sienersoft.de](http://www.sienersoft.de)

Preise für die verschiedenen Versionen und Mengen  
→ [www.sienersoft.de/oxygen](http://www.sienersoft.de/oxygen).

Original Preise von SyncRO Soft SRL  
→ [www.oxygenxml.com](http://www.oxygenxml.com).

Signifikante Rabatte für Ausbildung und öffentliche Bibliotheken. Keine Rabatte für Behörden.

Angebote anfordern bei  
→ [order@sienersoft.de](mailto:order@sienersoft.de)

SienerSoft

# Viel Feind, viel Ehr

## Apples Notebookvorstellungen durchleuchtet

**Mit starken neuen M1-Prozessoren und zwei neuen MacBooks der Pro-Reihe führt Apple die Abkehr vom Chiplieferanten Intel im Eiltempo fort, sogar mit einem Rekordleistungssprung. Doch Kritiker ereifern sich, die Produktmanager hätten das Notebookrezept vermasselt – also wieder mal ein Honigbrot mit Rettich?**

Von Dušan Živadinović

**B**is zu 70 Prozent mehr Leistung als das MacBook Pro 13 Zoll mit dem ARM-basierten M1-Chip, ein hochauflösendes Display mit Mini-LED-Beleuchtung, sehr hohem Dynamikbereich und 120 Hertz Bildwechselfrequenz, viele Schnittstellen zur Außenwelt und ein magnetisch haftender Stromanschluss – das sind die Eckwerte der zwei neuen MacBook-Pro-Modelle, die Apple Ende Oktober vorstellte: das MacBook Pro 14 Zoll und das MacBook Pro 16 Zoll.

Sie folgen auf das 2020 eingeführte MacBook Pro 13 Zoll mit Apples eigenem System-on-Chip (SoC), dem M1. Die neuen Modelle bestückt Apple wahlweise mit dem neuen M1 Pro oder dem gleichfalls neuen M1 Max. Zugleich stellt Apple den Verkauf von MacBooks mit Intel-Prozessoren ein.

Laut dem Konzern sei ein Leistungssprung um 70 Prozent noch keinem Prozessorhersteller innerhalb eines Jahres gelungen. Nach ersten Ergebnissen unserer Kollegen der Mac&i-Redaktion dürfte Apple diesen Rekord tatsächlich für sich verbuchen. In Geekbench-5-Messungen schneidet das M1-Pro-SoC je nach Disziplin teils 66, teils auch 88 Prozent besser ab als der Vorgänger M1 (ct.de/

-6233933). Auch bietet Apple den etablierten Grafikchip-Herstellern die Stirn und hält ersten Benchmarks zufolge gut mit. Der M1 Max soll es mit der schnellsten Mobil-GPU GeForce RTX 3080 aufnehmen können (ct.de/yphk).

Viel hilft viel – vielleicht erklärt diese Redensart am griffigsten, wie die enorme Leistungszunahme zustande kommt, denn Apple hat die grundsätzliche Architektur seines ARM-SoC beibehalten, aber von allen guten Sachen, die den M1 auszeichnen, noch mehr in den M1 Pro und erst recht in den M1 Max gesteckt. So erklärt sich auch die gigantische Menge von rund 57 Milliarden Transistoren.

### Erste ARM-CPU im iPod

Dabei fußt die M1-Architektur im Prinzip auf gewöhnlichen ARM-CPUs, die Apple mit dem iPod vor 20 Jahren unter die Fittiche genommen hatte. Das beharrlich weiterentwickelte Konzept gipfelt nun in einer 5-Nanometer-Technik mit diversen

schnellen, aber stromsparenden Kernen, einer mächtigen Grafikeinheit, per Kreuzverbund bis zu 400 GByte/s schnell angebundenem Speicher, viel Cache und diversen Spezialfunktionen (Encoder und Decoder für 4K und 8K-ProRes-Video, Thunderbolt, Neural Engine, Secure Enclave). Was außerdem bemerkenswert an Apples Turbo-Käfern ist, kommentiert Kollege Windeck auf Seite 36.

Mit diesem Engagement belegt der Konzern, dass ihm Notebooks weiterhin wichtig sind, obwohl er den Großteil seiner Einnahmen lange schon mit dem iPhone und zugehörigen Diensten verbucht.

### Schnittstellenklagelied

Apples Computer-Entwicklungen begleitet aber auch ein kontinuierliches Klagelied über notorisch weggesparte Schnittstellen. Beispielsweise mussten MacBook-Pro-Besitzer seit 2016 reichlich Geld für Peripherieadapter ausgeben – denn mehr als USB-C-Ports implementierte die Firma nicht. Kopfschütteln erntete sie auch für die Entscheidung, den beliebten magnetisch anhaftenden Stromanschluss (MagSafe) aufzugeben.

Nun kommen die neuen MacBooks mit MagSafe in Version 3 und Netzteilen gemäß dem neuen Ladestandard USB-C PD 3.1. Mittels verlustarmer Gallium-Nitrid-Schalttransistoren liefern sie genügend Leistung auf kleinerem Raum als Vorgänger. Zudem sind drei Thunderbolt-Schnittstellen, ein Kopfhöreranschluss



Bild: Apple

**Apple hat Kamera und Sensoren in einer Display-Einbuchtung untergebracht (Notch, schwarzer Streifen oben/Mitte), die die Menüleiste in zwei Hälften teilt und Menüeinträgen und Statusobjekten Platz wegnimmt.**



sowie ein SD-Slot und ein HDMI-Port eingebaut und alles könnte gut sein.

Doch den SD-Slot hat Apple nur gemäß UHS-II ausgelegt; er liest allenfalls 250 MByte/s. Das Maximum beträgt 312 MByte/s. Nadeem Sarwar vom Portal Screenrant schimpft: „Für Kreativprofis... ist Apples merkwürdige Entscheidung, an einer älteren UHS-Spezifikation festzuhalten sehr ärgerlich, gemessen daran, dass das Gerät einen Batzen Geld kostet.“ Doch so schlimm ist das erst mal nicht. Tatsächlich liefern viele aktuelle SD-Karten nicht mehr als 270 MByte/s, sodass man mit UHS-II zumindest heute leben kann. UHS-III verspricht aber bis zu 624 MByte/s und dürfte sich bald verbreiten.

### Radaubröder oder nicht?

Für HDMI hat Apple auch nur die Spezifikation 2.0 implementiert und nicht die aktuelle 2.1. So lassen sich 4K-Displays nur mit 60 Hz ansteuern. Profimusiker dürften USB-A-Anschlüsse vermissen, für die manche Dongles von Musikproduktions-Suiten ausgelegt sind. Sie benötigen also weiterhin Adapter von USB-C auf USB-A.

Auch klingen 70 Prozent mehr Leistung zunächst toll, aber die bange Frage der Musiker lautet: Wie oft werden die neuen MacBooks die Lüfter zur Kühlung hochfahren? Werden sie zu Radaubrüdern, wenn man sie für anspruchsvolle Musikproduktion einsetzt?

Jedenfalls drehen Intel-basierte Macs die Lüfter häufig hoch und stören Mikrofonaufnahmen, wenn sie in der Nähe sind.

Viel Unmut zieht die Firma auf sich mit einer vom iPhone bekannten Einbuchtung am oberen Display-Rand (Notch), in der Kamera und Sensoren Platz finden. Den minimalen Gewinn an Displayhöhe hatte niemand verlangt und schon gar nicht so: Der Notch teilt nicht nur die Menüleiste des Desktops in zwei Hälften, sondern wirbelt auch so viel Staub auf, dass er von den Pluspunkten ablenkt.

### Kein gutes Haar am Notch

Im Vollbildmodus von Apps und bei der Videowiedergabe wird das Display nur bis zur Unterkante der Einbuchtung verwendet. Darüber blendet macOS automatisch einen schwarzen Balken ein, sodass die



Bild: Apple

**Apple baut in den neuen MacBooks der Pro-Serie mehr Schnittstellen ein als in Vorgängern. Links im Bild: SD-Card-Slot, USB-C und HDMI. Rechts: MagSafe, zwei USB-C-Ports und eine Kopfhörerbuchse.**

Einbuchtung nicht auffällt. Ein Kompatibilitätsmodus soll verhindern, dass Steuerelemente ungewollt verdeckt werden. Bei Anwendungen, die man auf dem Desktop belässt und die viele Menüeinträge haben, kann der Platz allerdings knapp werden.

Devin Coldewey von Techcrunch lässt kein gutes Haar an diesem Detail: „Klar ist: Sobald Apple eine technische Lösung

findet, Kamera und Sensoren unsichtbar ins Display zu integrieren, werden sie den Notch entfernen und das dann als Errungenschaft feiern, ebenso wie die Wiedereinführung von Dingen, die sie ohne zu fragen entfernt hatten“. Damit meint Coldewey MagSafe,

den SD-Slot und den HDMI-Port.

Apples Produktmanagerin Shruti Haldea verteidigte das Konzept: Man habe das Display des neuen MacBook Pro bewusst höher gestaltet. Die Einbuchtung sei ein „richtig cleverer Weg“, um mehr Platz für Inhalte zu schaffen.

Erleichterung herrscht bei vielen darüber, dass Apple den neuen Geräten eine herkömmliche Tastatur mit gängiger Mechanik und üblichen Funktionstasten verpasst; die fehleranfällige Butterfly-Tastatur und der ungeliebte berührungsempfindliche Display-Streifen oberhalb der Tasten (Touch Bar) sind Geschichte.

### Abgesang auf die Touch Bar

Quentin Carnicelli vom Softwarehersteller Rogue Amoeba schreibt Apple ins Stammbuch: „Ich bin nicht sicher, wer für

all diese Verbesserungen zu loben ist, aber ich ziehe meinen Hut“. In der Fußnote spottet er jedoch: „Wer auch immer es ist, ich schätze, sein Name reimt sich nicht auf Ronnie Five“ – ein Seitenhieb auf den einst fast vergötterten Designer Jony Ive, dem wichtige Impulse für Apples Produktgestaltung gelangen, der aber zuletzt nur noch den Apple Park gestalten durfte, bevor er den Konzern verließ.

Vielleicht steckt in all der Kritik auch die Antwort auf die Frage, weshalb die Börsianer die Neuvorstellungen nur milde abnickten und nicht etwa mit Kurssprüngen feierten: Apple könnte mit den neuen MacBook Pro den Markt aufmischen, wenn sie von ihrem Preisniveau absatteln wollten. Wollen sie aber nicht, und so bleibt eigentlich alles beim alten: MacBook Pro sind sehr gute Notebooks, nur etwas anders und immer teuer.

### Ausblick

Die einzigen Macs, in denen Apple weiterhin Intel-CPUs einsetzt, sind nun die Desktop-Modelle Mac mini (i5- oder i7-Prozessor), der iMac 27 Zoll mit 3,1 bis 3,8 GHz Takt und der Mac Pro. Für die Umstellung der Desktop-Macs auf Apples eigene Prozessoren bleibt jetzt noch ein Jahr. Und wer weiß, vielleicht nutzt Apple den Schwung und mischt sogar auf dem Markt für Serverprozessoren mit. Auch dort nimmt man ja Mehrleistung liebend gerne, wenn sie mit prozentual geringerer Stromaufnahme einhergeht und es ist noch nicht lange her, dass Apple mit XServe eine eigene Serverlinie im Programm hatte.

(dz@ct.de) **ct**

**Technische Daten, Kommentare:**  
[ct.de/yphk](http://ct.de/yphk)

# KI, Nanoroboter, VR: Science-Fiction-Romane von c't-Autoren

Von einigen Autoren der c't-Story gibt es jetzt auch Science-Fiction-Romane: Diese handeln von übermächtiger KI, Weltraumtourismus und anderen Zukunftsthemen.

Die Kurzgeschichten am Ende jeder c't-Ausgabe erscheinen in langjähriger Tradition. Seit die c't auch digital gelesen wird, wissen wir aufgrund der Zugriffszahlen jetzt auch: Ja, die c't-Story hat ihre Fangemeinde.

Einige der c't-Autoren haben auch Romane geschrieben. Viele dieser Bücher sind bei Polarise erschienen – ein junges Imprint vom dpunkt.verlag, der mehrheitlich zu Heise Medien gehört.

In den Science-Fiction-Romanen entwerfen die Autoren Zukunftsszenarien: Künstliche Intelligenzen bedrohen die Menschheit, virtuelle Welten spielen eine Rolle sowie Weltraumtourismus, Nano-



In ihren Science-Fiction-Romanen entwerfen c't-Autoren spannende Zukunftsszenarien.

roboter oder ein Leben nach dem Tod durch Upload der Persönlichkeit in die Cloud.

Zu den c't-Autoren, die aktuell bei Polarise veröffentlichen (PDF-Katalog unter [ct.de/yhvc](https://ct.de/yhvc)), gehören Arno Endler

(mein persönlicher Tipp), Uwe Post sowie Uwe Hermann, Michael Rapp und Gard Spirin. ([jr@ct.de](mailto:jr@ct.de))

Verlagswebseite, PDF-Katalog: [ct.de/yhvc](https://ct.de/yhvc)

## c't moderiert Blockchain-Konferenz in Hamburg

Mehrfach wurde sie verschoben, jetzt findet die **Blockchance Europe 2021** vom 2. bis 4. Dezember in Hamburg statt (<https://www.blockchance.eu>). Unter 2G-Auflagen kann die Blockchain-Konferenz besucht werden, die rein digitale Teilnahme ist ebenfalls möglich.

Zum Redaktionsschluss stand das genaue Programm noch nicht fest, Schwerpunkte sind Finanzwesen, Netzwerke, Dienstleistungen, Shared Economy, de-

zentrales Internet sowie demokratisches und verteiltes Wirtschaften.

c't unterstützt die Konferenz, und Chefredakteur Dr. Jürgen Rink wird ein Diskussions-Panel der Blockchance leiten. c't-Leser bekommen 10 Prozent Rabatt mit dem Code **BC21\_CTMAGAZIN**. ([jr@ct.de](mailto:jr@ct.de))

Rabattcode und Webseite  
Blockchance: [ct.de/yhvc](https://ct.de/yhvc)



Die Blockchain-Konferenz Blockchance findet in Hamburg endlich wieder in Präsenz statt, man kann sich aber auch digital dazuschalten.

## Shopify: Video zum c't-Interview

Am 13. Oktober hatte ich endlich Gelegenheit, **Tobias Lütke** zu interviewen, unterstützt von c't-Redakteur Jan Mahn. Der Shopify-Gründer erzählte, welche Rolle c't in seinem Leben spielt (eine große) und wie sein Unternehmen größer wurde als jedes DAX-Unternehmen in Deutschland.

Das Interview haben wir aufgezeichnet ([ct.de/yhvc](https://ct.de/yhvc)) und eine Textversion finden Sie in dieser Ausgabe ab Seite 54.

([jr@ct.de](mailto:jr@ct.de))

Video-Interview: [ct.de/yhvc](https://ct.de/yhvc)



Nach dem c't-Live-Interview Mitte Oktober überraschte uns Shopify-Gründer Tobi Lütke mit einem Tweet samt Bild vom c't-Turm im Foyer des Verlagsgebäudes in Hannover.



# Bausimulation Townscaper für iOS und Android

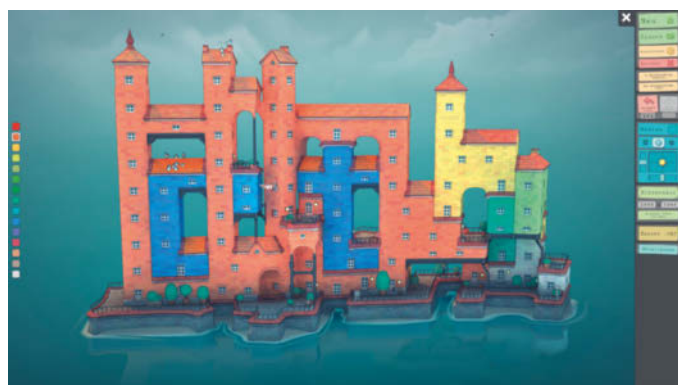
**Die kleine Bausimulation Townscaper von Oskar Stålberg gibt es jetzt auch für Mobilgeräte. Im August hatte das Spiel die Early-Access-Phase hinter sich gelassen.**

Mehr Spielzeug als Spiel: In Townscaper setzt man kleine Landstücke und bunte Häuserblöcke auf ein unregelmäßiges Raster. Das Gameplay ist meditativ und hat keinerlei Ziele, Highscores oder Aufgaben. Das Experimentieren ist Teil des Spiels. Dabei erlernt man die Regeln, nach denen der Algorithmus das Bauwerk gestaltet und mit Wäscheleinen, kleinen Vorgärten, Sträuchern und Bänken dekoriert. Selbst kann man nur die Farbe und die Position der Häuschen festlegen.

Die Geräuschkulisse des Spiels mit niedlichen Plops hat Martin Kvale beige-steuert, der auch schon die Klänge für Bad North gestaltet hat.

Nach einjähriger Early-Access-Phase auf Steam gibt es die minimalistische Bausimulation von Oskar Stålberg im August 2021 für Windows, macOS (rund 5 Euro) und Nintendo Switch (rund 6 Euro). Mittlerweile wurden bereits über 600.000 Exemplare des Spiels verkauft. Mit Hilfe von Proton läuft es auch unter Linux. Nun sind noch Portierungen für Android und iOS hinzugekommen, die sich wie auf der Spielekonsole Switch per Touchbedienung spielen lassen. (lmd@ct.de)

**Video zu Townscaper:** [ct.de/ydnq](https://ct.de/ydnq)



**Farbe wählen, klicken: Beim Experimentieren findet man heraus, wie der Algorithmus das Bauwerk gestaltet.**

## Kurz & knapp: Spiele

Welche Spiele auf der für Dezember erwarteten **Handheld-Spielekonsole Steam Deck** gut laufen und welche nicht, will Valve Software mit bunten Icons und einer Einstufung in vier Kategorien („verifiziert“, „spielbar“, „nicht unterstützt“, „unbekannt“) verdeutlichen. Nicht unterstützt sind beispielsweise VR-Spiele. Als spielbar werden Games eingestuft, die zusätzliche Konfiguration erfordern, noch nicht geprüfte Games fallen in die letzte Kategorie.

Das **Strategiespiel Humankind** läuft unter macOS nicht rund und das führte zu Verärgerung. Die Anpassung für ARM-Macs sei schwieriger als erwartet, sagt Hersteller Amplitude und bietet daher eine Erstattung des Kaufpreises an.

Wie CD Projekt Red auf Twitter bekannt gab, wird es **erst 2022 Updates für Playstation 5 und Xbox Series X** für „Cyberpunk 2077“ und „The Witcher 3“ geben. Laut Roadmap hätten beide Patches noch in diesem Jahr veröffentlicht werden sollen.

## 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



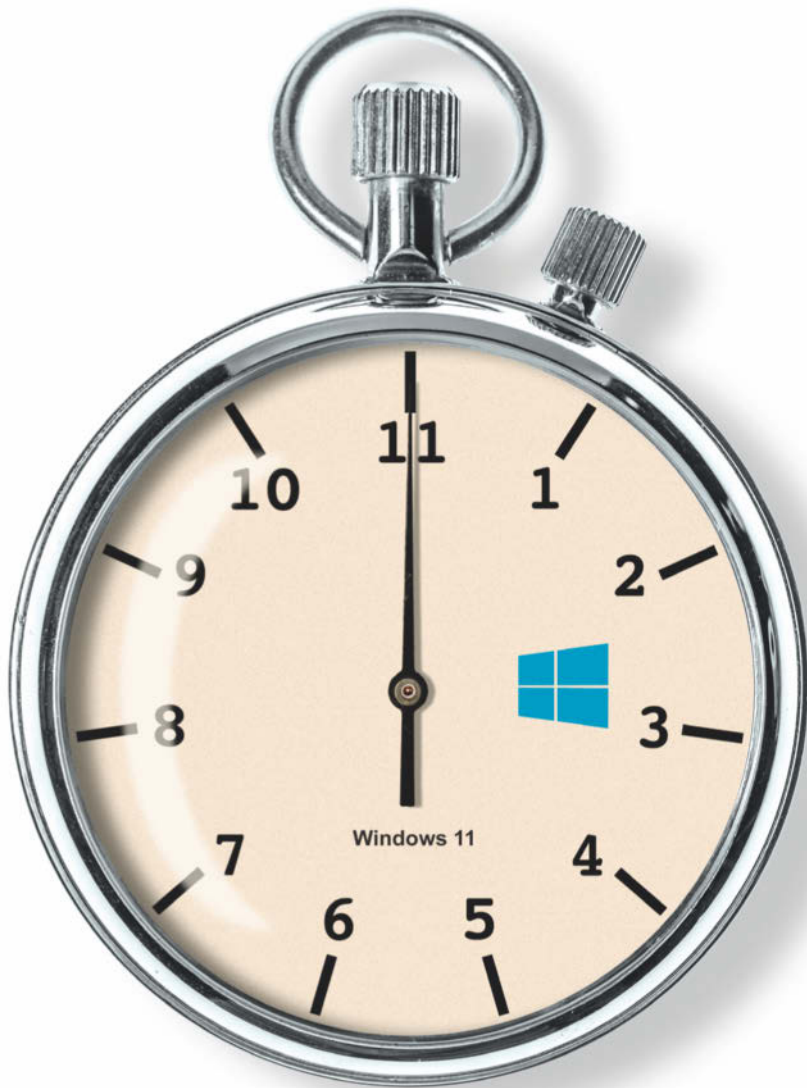
Digital zum Downloaden



Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden:

**[make-magazin.de/education](https://make-magazin.de/education)**



# Und los!

## Windows 11: Erste Messergebnisse

**Sobald Microsoft eine neue Windows-Version veröffentlicht, stehen die immer selben Fragen im Raum: Wie schnell ist der Neuling im Vergleich zum Vorgänger? Funktioniert alte Hard- und Software weiter? Gibt es sonstige Probleme? Hier finden Sie erste Antworten.**

Von Axel Vahldiek

**D**ie wohl prominentesten Neuerungen von Windows 11 sind ausnahmsweise mal keine Änderungen an der Bedienoberfläche oder neue Funktionen, sondern die massiv gestiegenen Hardware-Anforderungen. Doch bedeutet das, dass Windows 11 langsamer ist? Oder läuft nicht mehr alles? Um das herauszufinden, haben wir Windows 10 und 11 gegeneinander antreten lassen.

Große Erwartungen hatten wir während der Vorbereitungen zugegebenermaßen nicht, denn in der Vergangenheit waren solche Vergleiche meist eher lang-

weilig. Seit Windows Vista gehen die Geschwindigkeitsunterschiede im statistischen Rauschen unter. Daran änderte nichts, dass die gefühlte Geschwindigkeit von Windows Vista vor allem vor Veröffentlichung von Service Pack 2 bemerkenswert mies war und dass sich Windows 8 mangels Startknopf und dank Startseite statt -menü für viele unbedienbar anfühlte. Solche Feinheiten erfassen die Messprogramme nicht, auch wenn sie so manchen Menschen in den Wahnsinn treiben.

Nur eines hatte sich seit Windows 8 tatsächlich nicht nur spürbar, sondern auch messbar geändert: Windows bootet dank eines Tricks deutlich schneller. Bei einem Klick auf „Herunterfahren“ beendet Windows zwar alle laufenden Anwendungen, legt sich selbst aber bloß schlafen (Ruhezustand, S4). Das Aufwachen daraus klappt viel schneller als das Hochfahren.

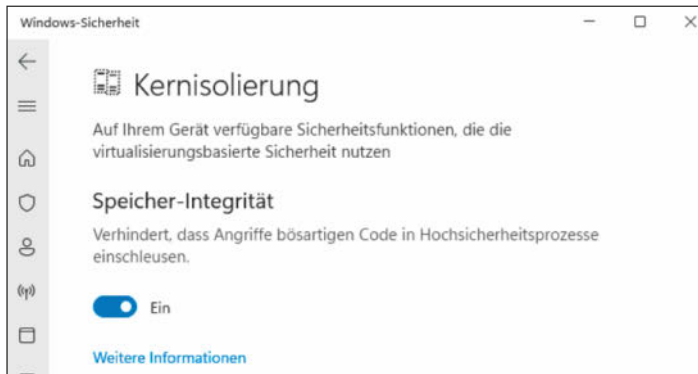
Auch unsere Kompatibilitätstests endeten früher eher öde: Abgesehen von erwartbaren Ausnahmen (systemnah laufende Software wie Virens Scanner) lief halt alles auch unter dem Neuling.

### Auftritt Windows 11

Doch wie sieht es nun bei Windows 11 aus? Die gestiegenen Hardwareanforderungen begründet Microsoft vor allem mit verbesserten Sicherheitsmaßnahmen. Windows 11 verlangt anders als die Vorgänger standardmäßig nach einem „kompatiblen“ Prozessor, UEFI Secure Boot und TPM 2.0 [1]. Nötig ist das alles unter anderem für die „Virtualisierungsbasierte Sicherheit“ (VBS, auch Virtualization-based Security). Die Details sind kompliziert, aber letztlich richtet VBS virtuelle Enklaven im Arbeitsspeicher ein, die vom restlichen System abgeschottet sind. Das soll die darin liegenden Daten vor Angriffen schützen, etwa Zertifikate und Passwort-Hashes. Ob VBS aktiv ist, können Sie mit dem Windows-eigenen Programm „Systeminformation“ (msinfo32.exe) prüfen: Gleich auf der ersten Seite steht es relativ weit unten in der Zeile „Virtualisierungsbasierte Sicherheit“. Falls nicht, können Sie es aktivieren, wobei uns als zuverlässiger Weg bislang nur einer via Registry bekannt ist: Erzeugen Sie unter `HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\DeviceGuard` ein `DWORD` namens `EnableVirtualizationBasedSecurity` mit dem Wert 1 und starten Sie Windows neu.

Zu VBS zählt auch „Hypervisor-Protected Code Integrity (HVCI)“, womit sich sicherheitskritischer Code schützen





**Aktive Sicherheitsfunktionen bremsen Windows 11 zwar, das gilt für Windows 10 aber genauso. Doch bei identischen Einstellungen ist Windows 11 trotzdem nicht so schnell wie sein Vorgänger.**

10 kein bisschen, Windows 11 hingegen schon, wenn auch nur sehr wenig – eine Erklärung dafür haben wir bislang nicht. Die Anzahl der Kerne scheint keinen Einfluss zu haben. Testläufe mit derselben CPU, der wir zwei Kerne von Hand abschalteten, zeigten dieselben Unterschiede zwischen Windows 10 und 11.

Für eine Kontrollmessung haben wir beide Windows-Versionen auf demselben Rechner noch einmal so installiert, dass sie nicht per UEFI, sondern klassisch per Legacy BIOS starten. Die Messergebnisse entsprechen jenen bei den UEFI-Installationen ohne VBS und HVCI. Auch hier war Windows 11 also etwas langsamer.

Zur Einordnung: Der Geschwindigkeitsnachteil von Windows 11 ist zwar sehr wohl mess-, aber in der Praxis quasi nie spürbar. Dennoch ist es das erste Mal seit Langem, dass überhaupt ein Tempo-Unterschied zu finden ist, und das auch noch in die „falsche“ Richtung.

## Boot-Geschwindigkeit

Nun zur Frage, wie lange Windows 11 zum Hochfahren braucht. Sie lässt sich gar nicht so leicht beantworten, denn wann genau ist der Boot-Prozess eigentlich abgeschlossen? Es liegt zwar nahe, das Erscheinen des Desktops als den Zeitpunkt anzunehmen, an dem es soweit ist. Doch Windows schummelt schon seit vielen Versionen beim Hochfahren, um schneller zu wirken. Der Desktop erscheint bereits, obwohl der Bootvorgang noch gar nicht abgeschlossen ist. Das führt dazu, dass Windows in den ersten Sekunden weder auf Mausklicks noch auf Tastendrücke reagiert. Doch selbst, wenn es das endlich tut, ist der Bootvorgang noch nicht durch. Viele Dienste beispielsweise startet Windows zwar sofort, einige haben aber den Starttyp „verzögerter Start“. Das bedeutet,

## Messergebnisse Bapco Sysmark 25

Betriebsart	Windows 10 Version 21H1	Windows 11 Version 21H2
UEFI ohne VBS/HVCI (4 Kerne)	1031 (1061/1082/817) <sup>1</sup>	986 (1017/1043/760) <sup>1</sup>
UEFI ohne VBS/HVCI (2 Kerne)	814 (883/791/696) <sup>1</sup>	779 (850/763/636) <sup>1</sup>
Legacy (4 Kerne)	1030 (1058/1086/813) <sup>1</sup>	988 (1026/1040/755) <sup>1</sup>
UEFI mit VBS (4 Kerne)	998 (1018/1060/782) <sup>1</sup>	962 (989/1024/731) <sup>1</sup>
UEFI mit VBS und HVCI (4 Kerne)	997 (1020/1056/781) <sup>1</sup>	954 (974/1019/737) <sup>1</sup>
<sup>1</sup> Bapco-Punkte: Overall Rating (Productivity/Creativity/Responsiveness)		

lässt. Das soll künftig beispielsweise Banking-Apps besser sichern und den Einsatz von Cheats bei Online-Spielen verhindern. Auch hierzu verrät msinfo32.exe den Status, und zwar ebenfalls auf der ersten Seite in den Zeilen „Virtualisierungsbasierte Sicherheit – konfigurierte Dienste“ und „Virtualisierungsbasierte Sicherheit – ausgeführte Dienste“. Steht dahinter nichts, ist HVCI inaktiv. Das Aktivieren gelingt per Mausklick: Starten Sie die App „Windows-Sicherheit“ und klicken Sie unter „Gerätesicherheit/Kernisolierung“ auf den Link „Details zu Kernisolierung“. Schieben Sie den Schalter auf „Ein“. Sofern alle Treiber mitspielen, verlangt Windows einen Neustart, danach ist HCVI aktiv.

Wirklich neu sind diese Sicherheitsfunktionen allerdings nicht, denn sie stecken auch schon in Windows 10. Der Unterschied liegt woanders: Windows 11 versucht sowohl VBS als auch HVCI standardmäßig zu aktivieren. Allerdings nicht auf jeder vorgeblich Windows-11-kompatiblen Hardware. Microsoft nennt unter anderem eine kompatible CPU sowie HVCI-kompatible Treiber als Voraussetzung (siehe ct.de/ya9j).

## Die Testumgebung

Für die meisten Messungen für diesen Artikel nutzten wir einen Testrechner mit einem Intel Core i3-8100, 8 GByte DDR4-2133-RAM und einer 256 GByte großen Samsung-SSD vom Typ „850 Pro SATA“. Der Prozessor erfüllt die Hardwareanforderungen an Windows 11, jedoch absichtlich nur gerade so. Denn je langsamer ein Testrechner ist, umso eher fallen Messunterschiede auf.

Die Entscheidung für einen Intel-Prozessor fiel, weil AMD-Prozessoren unter Windows 11 bei Redaktionsschluss Probleme bereiteten: Der L3-Cache ist teilweise dramatisch langsamer als unter Win-

dows 10. Zwar haben Microsoft und AMD kurz vor Redaktionsschluss erste Patches und neue Chipsatztreiber veröffentlicht, doch konnten die bei unseren Tests die Symptome zwar lindern, aber noch nicht beseitigen. Weitere Patches dürften folgen.

## Arbeitsgeschwindigkeit

Für unsere Messungen verwenden wir die Benchmark-Suite „Bapco Sysmark 25“. Sie bringt diverse Retail-Versionen bekannter und verbreiteter Anwendungen mit und misst, wie lange typische Arbeitsabläufe damit dauern. Zu den Anwendungen gehören von Adobe die Programme Acrobat Pro, Lightroom Classic, Photoshop und Premiere. Von Microsoft stecken Excel, Outlook, PowerPoint und Word jeweils als Version 2019 drin. Hinzu kommen der Audioeditor Audacity, die Skriptsprache AutoIt, das Kompressionsprogramm WinZip 24.0 Enterprise von Corel und Googles Chrome-Browser 81.0.

Die Ergebnisse drückt Bapco Sysmark mit Punkten aus, und zwar in verschiedenen Kategorien: Produktivität („Productivity“), Kreativität („Creativity“) und Reaktionsgeschwindigkeit („Responsiveness“), zudem gibt es einen Gesamtwert (Overall Rating).

Getestet haben wir Windows 10 und 11 jeweils mit aktivem und inaktivem VBS sowie mit aktivem VBS und HVCI. Damit wollten wir verhindern, dass wir Windows 11 womöglich als langsamer einschätzen, nur weil eine Sicherheitsfunktion aktiv ist, die unter Windows 10 deaktiviert ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Sicherheitsfunktionen zwar tatsächlich bremsen, aber erwartungsgemäß beide Systeme gleichermaßen. Nicht erwartet hatten wir, dass Windows 11 bei gleichen Sicherheitseinstellungen langsamer läuft: Windows 11 kommt nur auf gut 95 Prozent der Leistung von Windows 10. Ebenfalls auffallend: Aktives HVCI bremst Windows

dass Windows diese erst ausführt, wenn Zeit ist. Benötigt ein Prozess einen solchen Dienst vorher, zieht Windows dessen Start zwar vor, doch das bedeutet trotzdem zusätzliche Wartezeit.

Unsere praxisorientierten Tests lassen sich von solchen Optimierungen nicht blenden. Auf dem Testrechner liegt im Autostart-Ordner etwas, was Windows automatisch ausführen soll. Erst wenn das passiert ist, gehen wir davon aus, dass der Bootvorgang im Wesentlichen abgeschlossen ist. Beim ersten Test liegt dort eine Verknüpfung zu einer Website, die der Standard-Browser darstellen soll. Das klappt erst, wenn die Internetverbindung steht. Als Zweites soll Windows ein Video abspielen, was erst klappen kann, wenn Audio und Video funktionieren. Drittens geht es um einen Bilderordner, den der Explorer anzeigen soll, genauer: die kleinen Vorschaubilder (Thumbnails). Damit Windows die bei jedem Start neu erzeugt, löschen wir direkt vor dem Neustart bei bereits geschlossenem Explorer per Skript den Inhalt des Ordners und kopieren die Bilder aus einem anderen Ordner wieder neu in den Bilderordner. Bei allen Tests nehmen wir die Zeit mit einer Stoppuhr, VBS und HVCI waren jeweils deaktiviert.

Um es kurz zu machen: Die Testergebnisse sind eindeutig, ein Unterschied zwischen Windows 10 und 11 ist nicht messbar und schon gar nicht spürbar. Wobei – wirkt es nicht doch so? Um dem nachzugehen, haben wir gemessen, wie lange es dauert, bis der Desktop erscheint. Und tatsächlich: Die durchschnittliche Zeit, die der Desktop zum Erscheinen braucht, reduzierte sich auf unserem Testrechner von 13 Sekunden (Windows 10) auf 7 Sekunden (Windows 11), also fast um die Hälfte. Da Sie Windows zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht nutzen können, ist es nur nutzlose Kosmetik.

## Kompatibilität

Zu unseren üblichen Tests neuer Windows-Versionen gehört eigentlich zu prüfen, ob alle Anwendungen darunter laufen. Doch dieses Mal haben wir uns das gespart. Der Unterbau von Windows 11 ist derselbe wie der von Windows 10 Version 21H1, und die Sicherheitsfunktionen stecken da auch schon drin. Kurzum: Was unter 10 läuft, wird auch unter 11 laufen.

Zudem gibt Microsoft eine Garantie, dass alles läuft. Falls nicht, will der Konzern kostenlos helfen. Das gilt allerdings nur, wenn Sie Windows mit einem passenden

## Diese App kann auf dem PC nicht ausgeführt werden

Wenden Sie sich an den Softwareherausgeber, um eine geeignete Version für Ihren PC zu finden.

Schließen

**Diese Meldung unter Windows 11 zu provozieren, ist gar nicht so leicht, denn was unter Windows 10 lief, funktioniert sehr wahrscheinlich auch unter Windows 11.**

Lizenzvertrag direkt bei Microsoft oder einem autorisierten Partner erworben haben. Mit anderen Worten: Auf Ihrem Privat-PC hilft Ihnen das nichts. Trotzdem ist die Garantie ein gutes Zeichen, denn für Microsoft ist es eine wirtschaftliche Entscheidung. Man muss sich dort schon sehr sicher sein, dass es nicht so teuer wird, wenn man bei Problemen kostenlos Hilfe leisten muss.

Gestützt wird die Annahme durch die bemerkenswert kurze Liste der bislang bekannten Probleme, zumindest was Anwendungen betrifft (siehe [ct.de/ya9j](https://ct.de/ya9j)). Dazu gehört die Desktopvirtualisierung VirtualBox, bei der Hersteller Oracle bei Redaktionsschluss bereits an Updates arbeitete. Das zweite Problem betrifft Anwendungen, die Nicht-ASCII-Zeichen in der Registry hinterlegen, was im ersten Moment dramatisch klingen mag. Doch namentlich bekannt sind bislang nur ein vietnamesischer Browser und eine portugiesische Authentifizierungs-App für Mobilgeräte.

Dennoch könnten Sie über Kompatibilitätsprobleme stolpern, und zwar dann, wenn Sie bislang ein 32-Bit-Windows nutzen. Windows 11 gibt es nur als 64-Bit-Variante, und darunter läuft keine 16-Bit-Software. Das gilt allerdings für die 64-Bit-Varianten aller Vorgänger-Versionen. Was hingegen ausdrücklich kein Problem ist: 32-Bit-Software. Die läuft auch unter 64-Bit-Windows so problemlos, dass Sie normalerweise nicht merken, dass da ein 32-Bit-Subsystem mithilft [2].

Dass es keine 32-Bit-Variante von Windows mehr gibt, bedeutet schließlich, dass Sie keine Hardware mit Windows 11 nutzen können, für die es keinen 64-Bit-Treiber gibt. Weitere Hardware-Probleme mit Windows 11 sind bislang nicht be-

kannt, eine Ausnahme sind per USB angeschlossene Drucker. Aber Drucker-Probleme haben momentan bei Microsoft ohnehin Hochkonjunktur (siehe S. 39).

## Fazit

Windows 11 braucht zum Booten genauso lange wie sein Vorgänger, auch wenn es schneller wirkt. Im laufenden Betrieb ist es hingegen tatsächlich messbar langsamer. Mit aktiven Sicherheitsfunktionen wirds noch langsamer, aber das ist bei Windows 10 genauso und kein Grund, auf die zusätzliche Sicherheit zu verzichten – die Auswirkungen sind zwar messbar, aber nicht spürbar. Warum Windows 11 bei identischen Sicherheitseinstellungen dezent langsamer ist als Windows 10, lässt sich bislang noch nicht sicher sagen. Die üblichen Verdächtigungen wären Einstellungen, an denen Microsoft von uns unbemerkt gedreht haben mag, aber auch die Treiber, die Windows 11 dabei hat.

Was die Kompatibilität betrifft, dürfen Sie kaum Unterschiede bemerken. Außer Sie nutzen bislang noch ein 32-Bit-Windows, aber dann sind die Schmerzen beim Umstieg auf das nur als 64-Bit-Variante verfügbare Windows 11 genauso groß wie beim Umstieg auf jedes ältere 64-Bit-Windows. (axv@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Christof Windeck, Harter Schnitt, Wie Sie erkennen, ob ihr PC die Hardware-Anforderungen für Windows 11 erfüllt, c't 22/2021, S. 22
- [2] Axel Vahldiek, Altes im Neuen, 32-Bit-Anwendungen unter 64-Bit-Windows, c't 23/2019, S. 150

**Artikel-Forum und Microsoft-Dokus:**

[ct.de/ya9j](https://ct.de/ya9j)

## Bootdauer-Messungen

Windows-Version	Aufruf einer Website mit Edge	Video abspielen mit Media Player	Anzeige der Thumbnails in lokalem Ordner	zum Vergleich: Erscheinen des Desktops
Windows 10 Version 21H1	21 s	21 s	19 s	13 s
Windows 11 Version 21H2	22 s	20 s	20 s	7 s



## EINFACH UND SCHNELL INS INTERNET DER DINGE? WIR MACHEN'S MÖGLICH.

O<sub>2</sub> Business Easy IoT vernetzt Ihre Sensoren und Geräte ab einmalig 10 € inkl.\* flexibler Datennutzung und voller Kostenkontrolle.



**o2business.de**

\* Gilt für Geschäftskunden mit Sitz in Deutschland. 750 MB einmalig 10 Euro inklusive Triple-SIM-Karte. Nutzungszeitraum ist auf 10 Jahre begrenzt. Weitere Informationen unter [www.o2business.de/loesungen/iot](http://www.o2business.de/loesungen/iot)

**Handelsblatt**

**Konditionen  
Geschäftskunden  
EXZELLENT**

2020

O<sub>2</sub> Business

Im Test: 11 Anbieter  
Partner: S.W.I. Finance  
Handelsblatt · 01.10.2020



Bild: Shopify

# „CEOs müssen die Hüter der Qualität sein“

**Interview mit Shopify-Gründer Tobi Lütke über seine Anfänge als Softwareentwickler und seine Management-Philosophie**

**Tobias „Tobi“ Lütke hat in Kanada einen Softwarekonzern aufgebaut, der an der Börse mehr wert ist als SAP. Im Gespräch mit c't erklärt er, warum das Geldverdienen für ihn an zweiter Stelle steht und warum er im Unterschied zu anderen Tech-Milliardären keine Raketen bauen will.**

**Von Jan Mahn, Jürgen Rink und Christian Wölbart**

**T**obi Lütke? Nie gehört! Selbst in nerdigen Gefilden wie der c't-Redaktion kennen nur wenige den Namen des in Koblenz aufgewachsenen Gründers und Chefs des kanadischen Softwarekonzerns

Shopify. Dabei kann man mit Fug und Recht behaupten, dass Lütke aktuell der erfolgreichste deutsche Gründer ist: Shopify war bei Redaktionsschluss an der Börse umgerechnet 160 Milliarden Euro wert – zehn Milliarden Euro mehr als SAP, der wertvollste deutsche Konzern.

Gemessen am Umsatz (2020 umgerechnet etwa 2,6 Milliarden Euro) und der Zahl der Mitarbeiter (über 7000) wirkt Shopify zwar noch klein. An der Börse geht es aber in erster Linie um die Zukunft: Viele Analysten glauben, dass Lütkes Unternehmen weiterhin in atemberaubendem Tempo wachsen wird und dem Giganten Amazon Paroli bieten kann.

Shopify bietet Online-Händlern ein einfach einzurichtendes Shopsystem samt Hosting und Bezahldiensten. Aktuell nutzen rund 1,7 Millionen Händler die Software, und alle 28 Sekunden verkauft ein neuer Händler zum ersten Mal etwas über Shopify.

Wegen des astronomischen Börsenwerts gehört Lütke zum kleinen Kreis der deutschen Tech-Milliardäre. Aber das ist nicht das Einzige, was ihn interessant macht. Ziemlich einzigartig ist auch die Geschichte seines Aufstiegs: Anders als viele andere Gründer hat Lütke nicht an einer Elite-Uni studiert oder bei einer Unternehmensberatung gearbeitet.

Er wirkt in vielerlei Hinsicht eher wie ein klassischer Techie: In seiner Jugend interessierte er sich in erster Linie für Computer. Als er sechs Jahre alt war, kauften seine Eltern einen Schneider CPC. Lütke schrieb C64-Spiele um, damit sie darauf liefen. Dabei halfen ihm Listings aus Zeitschriften wie c't. Dass er sich so das Programmieren beigebracht hatte, war ihm damals nicht bewusst – für ihn war das einfach das, was man eben an Computern macht.

Für die Schule konnte er sich weniger begeistern. Nach der Mittleren Reife ver-



ließ er das Gymnasium und begann in seiner Heimatstadt Koblenz eine Ausbildung zum Fachinformatiker. 2002 zog er nach Kanada zu seiner Freundin, die er dort in einem Skiurlaub kennengelernt hatte. Zum Unternehmer wurde er dann mehr oder weniger aus Zufall: Als Zuwanderer durfte er in Kanada nicht arbeiten, aber eine Firma gründen.

Das folgende Interview beruht auf einem Mitte Oktober geführten Live-Talk, in dem Lütke Fragen von c't und von Zuschauern beantwortete. Aus Gründen der Authentizität haben wir auch in der schriftlichen Fassung das „Du“ des formlosen Live-Talks beibehalten.

**c't: Tobi, du hast in deiner Jugend auch mithilfe von Computerzeitschriften programmiert. War die c't dabei?**

**Lütke:** Ja, natürlich, die c't war ein wichtiger Teil meiner Jugend. Ich bin in Koblenz aufgewachsen, also in einer relativ kleinen Stadt. Dort kannte ich niemanden, der Computer so interessant fand wie ich. Die c't war meine Verbindung zu dieser Welt. Das war Ende der 80er-, Anfang der 90er-Jahre.

Einmal ging ich mit meiner Familie auf eine Kreuzfahrt, anlässlich eines runden Geburtstages meiner Großmutter. Die Reise hat mich damals nicht wirklich interessiert. Also habe ich einen Koffer voller c't-Hefte mitgenommen – die waren damals sehr dick – und die zwei Wochen lang hoch und runtergelesen.

Lustig finde ich: Mir hat erst Jahre später jemand erklärt, dass das Programmieren war, was ich damals zum Beispiel mit den Basic-Listings aus der c't gemacht habe. Für mich war das einfach „Computer benutzen“ (lacht).

**c't: Im Anschluss an deine Ausbildung zum Fachinformatiker bist du nach Kanada zu deiner Freundin gezogen. Dort hast du 2004 einen Onlineshop für Snowboards namens Snowdevil gegründet. Wie kam es dazu?**

**Lütke:** Ich hatte in Kanada damals keine Arbeitserlaubnis. Ein Anwalt hat mir zum Glück gesagt, dass man auch ohne Arbeitserlaubnis ein Unternehmen gründen kann.

**c't: Wie wurde aus Snowdevil Shopify?**

**Lütke:** Mit der damals üblichen Software fand ich es extrem kompliziert, den Onlineshop einzurichten. Deshalb habe ich selbst ein Shop-System programmiert. Durch diese Erfahrung wurde mir klar, dass es für viele andere Menschen vermutlich unmöglich war, ein Internet-Business aufzubauen. Also haben meine Mitgründer und ich die Firma 2006 in diese Richtung umgekrempelt. Wir wollten unsere Software an andere weitergeben.

**c't: Was gibst du Leuten mit auf den Weg, die gründen wollen? Was können sie von Shopify lernen?**

**Lütke:** Der Grund, warum man es macht, ist sehr wichtig. Es sollte nicht darum gehen, möglichst schnell etwas Großes aufzuziehen. Oder darum, auf Partys von Venture-Capital-Fonds zu gehen. Die besten Firmen sind normalerweise die Firmen von Leuten, die ein Problem lösen, das sie selbst gehabt haben.

**c't: 2008 hast du dann den Chefposten übernommen. Was macht aus deiner Perspektive einen guten CEO aus?**

**Lütke:** Ich habe damals eine Prioritätenliste geschrieben. Nummer eins: Lasst uns das bestmögliche Produkt bauen. Nummer zwei: Wir müssen ab und zu Geld verdienen, damit wir Prio eins finanzieren können. Die dritte Prio: Niemals Prio eins und zwei verwechseln. Ich finde es interessant, wie häufig Firmen das falsch herum machen. Das ist bis heute eigentlich mein Hauptjob bei Shopify: Herumrennen und jeden daran erinnern, dass es das Wichtigste ist, ein gutes Produkt zu machen. CEOs müssen die Hüter der Qualität sein.

Vielleicht spielt dabei auch eine Rolle, dass ich in Europa aufgewachsen bin. Der Mindestanspruch an Qualität ist in Europa einfach höher als in Nordamerika. Man sieht das auch in der Open-Source-Welt. In den USA und China wird oft früh veröffentlicht und schnell weiterentwickelt, was klasse ist. Aber wenn man Produkte macht, ist es wichtig, dass jedes Release funktioniert, dass der Support funktioniert. Das ist ein sehr deutscher Ansatz.

**c't: Was man auch daran sieht, dass es kein deutsches Wort für „Minimum Viable Product“ gibt...**

**Lütke:** Ja. Aber selbst hier in Nordamerika wird das Konzept häufig missverstanden. Das MVP von einem Auto ist nicht eines der Räder. Das ist unnütz. Das MVP von einem Auto ist ein Skateboard. Damit kann man testen, ob das Konzept funktioniert.

**c't: Dir war es nach eigenen Angaben immer wichtig, mit Shopify kleine Händler zu unterstützen. Mittlerweile kooperiert Shopify aber auch mit großen Konzernen wie Walmart oder Facebook. Ist das ein Strategiewechsel?**

**Lütke:** Nein, im Gegenteil. Unser Hauptanliegen war immer und ist immer noch, Menschen bei der Unternehmensgründung zu helfen. Die wichtigste Kennzahl für uns ist, dass alle 28 Sekunden ein neuer Store zum ersten Mal ein Produkt verkauft. Darum geht es auch bei unseren Kooperationen mit großen Konzernen: Dass kleine Händler ihre Produkte nicht nur auf ihrer Webseite verkaufen können, sondern zum Beispiel auch bei Walmart, Facebook oder Instagram. So stellen wir kleinen Unternehmen die Tools zur Verfügung, die sonst großen Unternehmen vorbehalten wären.

**c't: Viele große Tech-Unternehmen setzen mittlerweile sehr auf Heimarbeit. Wie ist das bei Shopify?**

**Lütke:** Das hat sich stark geändert. Wir waren früher relativ bürozentriert, aber als die Pandemie begann, blieben die Leute zu Hause – und das hat direkt funktioniert. Ich war seit Februar letzten Jahres in keinem Büro mehr. Und ich denke, wir bei Shopify werden wahrscheinlich auch nicht mehr in die Büros zurückkehren.

**c't: Wie wirkt sich das auf eure Unternehmenskultur aus? Hast du schon Dinge mitbekommen, die sich negativ verändert haben?**

**Lütke:** Es gibt Vor- und Nachteile. Aber ich schätze, unsere neue Firmenkultur ist unter dem Strich besser als die alte, weil wir unheimlich viele tolle Leute gefunden haben, die wir sonst nicht hätten einstellen können. Wir haben zum Beispiel jeman-



den eingestellt, der in Arizona in der Wüste wohnt. Der wäre bestimmt nicht nach Ottawa gekommen.

**c't:** Wir wollen mit dir auch über die Technik hinter Shopify sprechen. Ihr habt als eines der ersten Unternehmen auf das quelloffene Web-Framework Ruby on Rails gesetzt. War das im Rückblick die richtige Strategie oder hättet ihr besser auf eine erprobte Sprache wie Java oder C gesetzt?

**Lütke:** Shopify hätte ohne Ruby on Rails nicht funktioniert. Ich bin in den 90ern mit der Demo-Szene aufgewachsen, wo es um Programmieren für die Kunst ging, um Programmieren aus Spaß. Ruby on Rails hat dazu perfekt gepasst. Ein erklärtes Ziel der Sprache ist, dass Entwickler Freude daran haben. In der Anfangszeit von Shopify waren wir noch ein ganz kleines Team, aber dank Ruby extrem produktiv. Das hat uns motiviert. Und jetzt können wir mit unseren Entwicklerteams der Ruby-Community viel zurückgeben. Das bedeutet mir sehr viel.

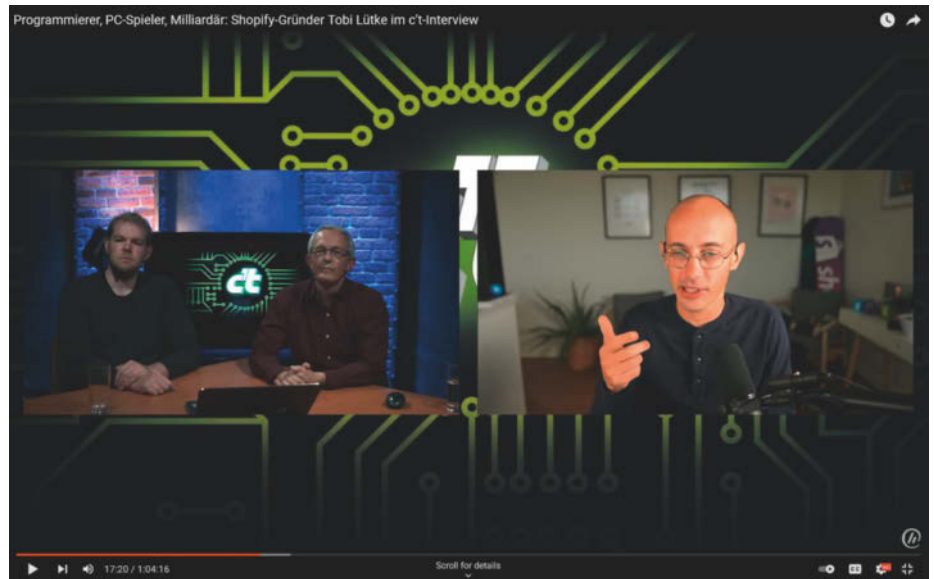
**c't:** Gibt es bei Shopify noch technische Altlasten, die du gerne schon seit zehn Jahren los wärst?

**Lütke:** Ja, aber an all diesen Dingen bin ich selbst schuld (lacht). Ich wünschte, ich hätte mich etwas näher mit den theoretischen Grundlagen von Warenwirtschaftssystemen befasst, bevor ich Shopify entwickelt habe. Da hatte ich ein paar merkwürdige Ideen. Aber so richtige Fehler? Intern reden wir auch gar nicht von Fehlern. Wir versuchen, das aus unserem Wörterbuch zu streichen. Wir nennen es: Das erfolgreiche Entdecken von Dingen, die nicht funktioniert haben.

**c't:** Was waren die größten technischen Umbrüche bei Shopify?

**Lütke:** Das ist schwer zu sagen. Umbrüche gibt es eigentlich ständig, das Internet bewegt sich so schnell. Wir sehen uns bei Shopify deswegen weniger als eine Fabrik im Sinne von Henry Ford, eher als ein komplexes, adaptives System.

Aber natürlich war zum Beispiel der Umbruch hin zum mobilen Internet wichtig, als erstmals mehr als die Hälfte der Zugriffe von Smartphones kam. Dann der Wechsel zu Cloud und Software-as-a-Service, zum Multichannel-Vertrieb, zum Beispiel über Social-Media-Apps. Ich kenne



Über [ct.de/ydut](https://ct.de/ydut) finden Sie das Gespräch mit Tobi Lütke in voller Länge als Video. Die Fragen wurden von c't und von Zuschauern gestellt.

keinen 13-jährigen, der den Webbrowser noch auf dem Homescreen seines Smartphones hat. Das Web ist nicht mehr so wichtig, wie viele Leute denken. Und man muss sich auf vieles vorbereiten: Auf AR, VR, Krypto. Und interessanterweise hat Covid das Surfen mit Notebooks und Desktop-PCs wieder zurückgebracht. Die einzige Sache, die statisch bleibt, ist, dass sich alles ständig ändert.

**c't:** Wird Shopify bald Kryptowährungen akzeptieren?

**Lütke:** Händler können über Shopify schon seit 2012 Bitcoin annehmen. Das Problem ist: Nur wenige Kunden wollen damit bezahlen, wegen des volatilen Kurses. Aber Stablecoins – stabile digitale Währungen – sind extrem interessant. Das ist der Teil der Welt, der sich momentan am schnellsten dreht. Aber im Moment sind andere Dinge für unsere Händler noch wichtiger.

**c't:** Welche denn?

**Lütke:** Wir bauen Logistikzentren. Damit können wir den Händlern auf unserer Plattform mit am besten helfen.

**c't:** Shopify wird also Amazon noch stärker Konkurrenz machen?

**Lütke:** Amazons Logistik ist unglaublich. Das ist eines der beeindruckendsten Produkte, die je gebaut worden. Wir stehen da erst am Anfang. Aber hoffentlich kann

man in der Zukunft von einem kleinen Shopify-Händler bestellen, und das Paket kommt dann aus einem Logistikzentrum in der Nähe.

**c't:** Wie sieht es mit AR und VR aus? Glaubst du, dass wir bald alle in der virtuellen Realität leben?

**Lütke:** Es wird nicht so aussehen, wie wir uns das vorstellen, aber es wird kommen. Ich mache eines meiner Meetings pro Woche in VR, mit Facebooks Horizon Workrooms. Das funktioniert enorm gut. Aber die Einrichtung ist kompliziert, und die Headsets nerven nach einer oder zwei Stunden. Es dauert also noch, aber es kommt. Wir brauchen vor allem noch bessere AR-Brillen. Das Problem der Projektion ist gelöst, aber es bleibt das Problem mit den Linsen. Das ist übrigens eine Riesenchance für Deutschland, die deutsche Industrie hat in diesem Bereich viel Erfahrung.

**c't:** Letzte Frage: Wirst du demnächst auch Raketen ins All schicken wie Jeff Bezos und Elon Musk?

**Lütke:** Nein, nein, das ist nicht mein Ding. Für mich ist der Klimawandel das wichtigere Problem. Ich finde den Planeten Erde klasse. Das ist der beste Planet, den wir haben. Und den müssen wir so hinkriegen, dass wir dauerhaft hierbleiben können. (cwo@ct.de) **ct**

Video-Interview: [ct.de/ydut](https://ct.de/ydut)



# Make: Entertainment ► Show

29. 11. 2021

**19:00-21:00 Uhr**

live auf  YouTube und 

**Cyber Monday: Sichere dir spezielle Make-Angebote während der Live-Show**

**Mega Unterhaltung und Live-Kontakt mit der Make-Redaktion**

*Das darfst du auf keinen Fall verpassen!*

Wir halten dich auf dem Laufenden:

**maker-faire.de**

SEI  
KOSTENLOS  
DABEI!

## Retro-Geräusche

<https://sndtst.com>



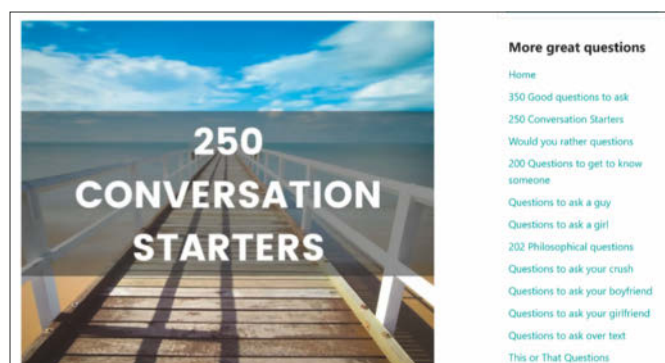
Auf der Website **Sndtst** findet man Hunderte Jingles, Interliedien und Musikstücke verschiedener Spieleklassiker. Mit hineingeschummelt haben sich die Start-Sounds von Windows 95, 3.11 und XP. Lassen Sie doch beim nächsten Mal, wenn Sie alle Gepäckstücke im Auto verstauen müssen, zur Motivation die Tetrismelodie laufen.

Die elf Rubriken reichen von Game Boy über N64 und NES bis Turbo Grafx-16. Am besten klicken Sie sich durch und lassen sich vom Retro-Sound berieseln. Ein weiterer Baustein der Site ist das Spiel „Guess the Game“, in dem man zur zufällig abgespielten Melodie das zugehörige Spiel erraten muss. Falls die Lösung so gar nicht einfallen will, hilft die freundliche Büroklammer Clippy mit diversen Tipps weiter. (abr@ct.de)

## Gesprächshilfe

<https://conversationstartersworld.com>

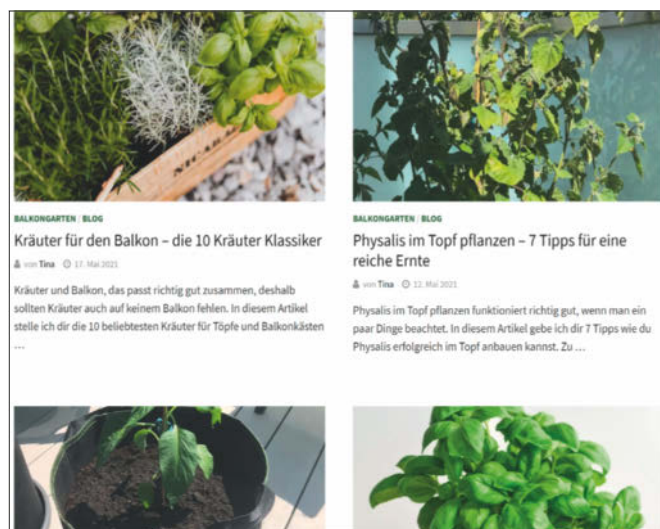
Die hohe Kunst der wortgewandten Konversation will stetig geübt sein. Damit es zum Gespräch überhaupt erst einmal kommt, muss der Beginn sitzen. Andernfalls redet man aus Verlegenheit ganz schnell übers Wetter und wird von seinem Gegenüber im Regen stehen gelassen. Die englischsprachige Website **Conversationstartersworld** hat jede Menge Gesprächseinstiege zu bieten, mit denen das nicht passiert.



Auf der Website gibt es auch Ideen für Kennenlernspiele, die je nach Variante und Alter der Teilnehmer als Partyspiel taugen. Mit dabei ist der Klassiker „Noch nie in meinem Leben ...“ (Never have I ever ...), für den gleich passende Fragen als Vorschläge mitgeliefert werden. Außerdem lassen sich nicht nur Anregungen für Gesprächsanfänge finden, sondern auch Quizfragen samt Antworten aus derzeit neun Kategorien. Wussten Sie, welches das einzige Lied aus einem Disney-Film war, das einen Grammy Award in der Kategorie „Song des Jahres“ gewann? Es war „A Whole New World“ aus dem Film Aladdin. (abr@ct.de)

## Balkongarten für Einsteiger

<https://balkonoase.com>



Gartenblogs gibt es viele, aber die wenigsten richten sich an echte Neulinge. Vielleicht sind Sie im Sommer umgezogen und können erstmals einen Balkon Ihr Eigen nennen. Oder Sie möchten als Ausgleich zum Job die Gärtnerei für sich entdecken? Nutzen Sie die langen dunklen Winterabende, um sich mit Ihrer künftigen **Balkonoase** zu befassen.

Im noch recht jungen Blog zeigt die Autorin, wie auch Anfänger erfolgreich Gemüse, Obst und Kräuter auf dem Balkon anbauen können. Sie gibt viele wertvolle Tipps zur Anzucht, angefangen mit einem Aussaatkalender für den Balkongarten. Chili, Paprika und Tomate lassen sich bereits im Februar im Haus vorziehen. Außerdem gibt es Tipps, welche Pflanzgefäße sich eignen und wie man sie am besten vor jeder neuen Pflanzrunde reinigt. Ganz Ungeduldige können selbst jetzt noch loslegen und sich mit Winterportulak und Feldsalat in der Wintergemüsezeit versuchen. (abr@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: [ct.de/yq4c](https://ct.de/yq4c)



## Qualitätssicherung bei der Frontend-Entwicklung

23. November, 30. November und 7. Dezember 2021

An den drei Tagen der Online-Konferenz steht jeweils ein zentraler Aspekt der Qualitätssicherung bei der Frontend-Entwicklung im Vordergrund: **Accessibility, Performance und Testing**. Praxisnahe Vorträge helfen Entwicklern, aktuelle Herausforderungen in diesen drei wichtigen Feldern zu meistern.

### Einige Highlights:

- > 23. November:  
Accessibility bei Web Components  
// Manuel Mauky
- > 30. November:  
Wie wird meine React Applikation noch schneller?  
// Sebastian Springer
- > 7. Dezember:  
Testsuite in bestehender Frontend App nachrüsten  
// Mirjam Aulbach

Jetzt  
Kombi-Rabatt  
sichern

Mehr erfahren: [www.ctwebdev.de](http://www.ctwebdev.de)



# Ausgewechselt

## Amazon liefert falsch und will trotzdem kassieren

**Dreimal innerhalb weniger Tage versucht Amazon, seinem Kunden ein teures Smartphone auszuliefern. Bei dem kommt aber nur billiges Zeug an. Bezahlen soll er trotzdem den vollen Preis.**

Von Tim Gerber

**T**homas D. ist seit 20 Jahren treuer Kunde bei Amazon. Anlass zur Klage hatte er bislang nicht. Schon seit der Ankündigung im Frühjahr (siehe [ct.de/y1wc](http://ct.de/y1wc)) war der technikaffine Kunde scharf auf das kommende Spitzenmodell von Sonys Xperia-Smartphone, das Xperia 1 III G. Am 15. Juli orderte er es bei Amazon für knapp 1300 Euro. Am 24. August lieferte der Händler das Smartphone aus. Mit dem Transport betraute er seinen eigenen Paketdienst Amazon Logistics.

Doch in dem Amazon-Päckchen befand sich nicht etwa das erwartete Elektronikschätzchen, sondern drei Tuben profaner Zahnputzcreme. Sofort rief Tho-

mas D. beim Amazon-Support an und reklamierte die fehlerhafte Lieferung. Obwohl er zu Hause gewesen sei, habe der Bote das Päckchen nicht persönlich übergeben, sondern vor die Tür gelegt.

Daran fiel Thomas D. auf, dass der Adressaufkleber sehr zerknittert aussah und nicht recht haftete. Ganz so, als sei er ausgetauscht worden. Auch fehlte der sonst bei Sendungen mit Akkus typische Hinweis durch einen Aufkleber mit rot gestreiftem Rand. Aus alledem ergab sich für den Kunden der Verdacht, dass das Päckchen möglicherweise nachträglich und in betrügerischer Absicht ausgetauscht worden war. Darauf wies er Amazon ausdrücklich hin. Und über das Onlineportal der sächsischen Polizei reichte er noch am selben Abend eine Strafanzeige ein.

Am folgenden Tag erhielt Thomas D. von Amazon die Zusage, dass man Ersatz für das fehlende Smartphone liefern wolle. Am 28. August benachrichtigte Amazon den Kunden über den Versand, der abermals per Amazon Logistics erfolgte. Am selben Abend noch nahm seine Tochter im Beisein ihres Freundes das Päckchen entgegen und packte es sofort aus.

Diesmal war es ein Fläschchen Mundwasser. Wieder reklamierte Thomas D. die Falschlieferrung bei Amazon. Am 30. August startete der dritte Versuch einer Zustellung. Nun ließ sich Thomas D. von einem Familienangehörigen beim Auspacken des Amazon-Päckchens filmen. Statt des Smartphones hatte man Thomas D. diesmal ein Buch geliefert.

### Aller ungueten Dinge

Nun war das Vertrauen von Thomas D., dass Amazon seine Lieferlogistik im Griff hat und seine Kunden letztlich vor betrügerischen Machenschaften schützen würde, vollends erschüttert. Sofort kontaktierte er den Händler, zunächst telefonisch und dann nochmals per E-Mail und teilte mit, dass er vom Kauf zurücktreten wolle. Amazon stellte in Aussicht, sich seines Problems anzunehmen. Zunächst behandelte der Support das Anliegen von Thomas D. aber als gewöhnlichen „Rücksendeantrag“ und verlangte nun von ihm, er solle den „aufgeführten“ Artikel, also das Sony Xperia 1 III G, binnen zwei Wochen zurücksenden. Erst auf weiteren Hinweis schrieb man ihm, er möge nun das Buch, welches er als Falschlieferrung erhalten habe, an Amazon zurückschicken. Dies brachte der Kunde noch am selben



Abend auf den Weg zurück zu Amazon, diesmal mit DHL.

Am 7. September, also eine Woche später, fragte Thomas D. bei Amazon nach, wo denn die Erstattung seiner 1300 Euro bliebe, wurde aber vertröstet, dass dies bis zu zwei Wochen dauern könne. Also fragte er am 14. September wieder nach seinem Geld. Man werde sich bis spätestens 16. September zurückmelden, hieß es darauf seitens Amazon. Per E-Mail erklärte ihm Amazon am 15. September, warum er sein Geld noch nicht zurückerhalten habe: Schließlich seien ihm statt des Smartphones ja drei Tuben Zahnpasta, einmal Mundwasser und ein Buch geliefert worden. Er habe aber bislang nur das Buch zurückgeschickt. Er möge ein Foto von den Hygieneartikeln senden, dessen Prüfung dann weitere drei Tage dauern könne.

### Ohne Einsicht

Das Foto von allen drei Artikeln hatte Thomas D. bereits am 30. August an Amazon geschickt, sandte es aber am 15. September nochmals an den Support. Nun hieß es, er möge auch die Zahncreme zurücksenden. Thomas D. brachte nun am 16. September wie verlangt auch die Zahncreme auf den Weg zurück. Vorsorglich packte er auch gleich noch die Flasche Mundwasser dazu. Gleichzeitig bemängelte er in einer Beschwerdemail an Amazon die unklare Kommunikation auf deren Seite und drohte an, seinen ganzen Aufwand mit der Rückabwicklung in Rechnung zu stellen.

Doch statt der erwarteten Rückzahlung erhielt Thomas D. am 17. September eine E-Mail, die ihm die Sprache verschlug: Er habe zwar verschiedene Artikel zurückgesandt, aber nicht das Smartphone. Man könne aber „bestätigen, dass sich der Artikel Sony Xperia 1 III 5G Smartphone ... zum Zeitpunkt, als der an AMZN\_DE übergebene Karton das Logistikzentrum verließ, im Karton befand“. Man könne deshalb vom Team der „Kontospezialisten“ auf keinem Weg „Unterstützung leisten“. Mit anderen Worten: Amazon will die Rückzahlung verweigern und bestätigt sich dazu selbst, dass die Ware das Logistikzentrum verlassen hatte.

Dass Lieferanten wie Amazon dafür verantwortlich sind, dass die Ware auch tatsächlich beim Kunden ankommt, da sie

ja die Art des Versands und den Dienstleister selbst auswählen, verschwiegen die „Kontospezialisten“.

Noch am selben Tag versuchte der Kunde ein weiteres Mal, Amazon per Telefon und E-Mail und die fehlerhafte Behandlung aufmerksam zu machen. Vergeblich. Am 19. September erhielt er eine neuerliche Aufforderung, das Smartphone bis spätestens 5. Oktober zurückzusenden. Er habe schließlich bereits eine Ersatzlieferung erhalten, teilte ihm der Onlinenhändler mit.

Am 21. September kam noch eine Nachricht von Amazon. Er habe einen falschen Artikel zurückgeschickt, hieß es nun wieder. Nochmals bestätigte sich Amazon selbst, dass sich das Smartphone im Päckchen befunden habe. Im Konto von Thomas D. seien ungewöhnlich häufig Probleme bei Rücksendungen aufgetreten. „Wir möchten Sie darauf aufmerksam machen, weil fortgesetzte Verstöße gegen unsere Richtlinien dazu führen können, dass Sie nicht mehr bei Amazon.de einkaufen können.“

Thomas D. reichte es nun. Er wandte sich an die Redaktion von c't und schilderte uns den Vorgang.

**VOR  
SICHT  
KUNDE!**

### Wie ein Grab

Doch dem Konzern war keine Auskunft zur Sache zu entlocken. Auch allgemeine Fragen, was man denn in solchen Fällen unternehme, wo sich der Verdacht systematischen Betruges zulasten der Kundschaft regelrecht aufdrängt, ließ Amazons Pressestelle bis Redaktionsschluss unbeantwortet. Man stehe im Kontakt mit dem Kunden, um eine Lösung zu finden, hieß es lediglich, könne zu den Details aber keine Auskunft erteilen, schrieb eine Sprecherin am 18. Oktober.

Kurz zuvor hatte man Thomas D. mitgeteilt, dass er doch das Ermittlungsverfahren der Polizei abwarten solle. Eine Mitarbeiterin des Beschwerdemanagements schrieb ihm, sie hätte sich „den Sachverhalt zu den Lieferungen des Sony Xperia 1 III 5G genau angesehen und mit der entsprechenden Fachabteilung Rücksprache gehalten. Leider wurde ich jedoch informiert, dass derzeit noch keine interne Gutschrift des Kaufpreises möglich ist.“

Das Mahnverfahren sei bis 21. Oktober ausgesetzt. Die Bearbeiterin werde sich diesbezüglich noch einmal mit der Zahlungsabteilung in Verbindung setzen, ob eine Verlängerung der Mahnsperre möglich sei. Das Ergebnis dieser Prüfung war bis Redaktionsschluss noch offen. (tig@ct.de) **ct**



Die Falschlieferungen hat der Kunde fein säuberlich dokumentiert, aber den Versender lässt das kalt.

Bild: Thomas D.

# 3D-Klang für die Massen

Wie die Musikindustrie Hörern den Kopf verdreht



3D-Klang für die Massen .....	Seite 62
Musikstreamingdienste .....	Seite 64
Smart Speaker und Soundbars .....	Seite 72

Bild: Albert Hulm



## Bisher brauchte es sündhaft teure Surroundsysteme, um 3D-Audio genießen zu können. Doch Streamingdienste locken inzwischen immer mehr Hörer mit 3D-Audio für Kopfhörer und Smart Speaker. Ist das nur ein von der Industrie getriebener Hype oder die nächste Evolutionsstufe der Musikkwiedergabe?

Von Hartmut Gieselmann

**F**ormatkriege sind so alt wie die Unterhaltungsindustrie. Erinnern Sie sich noch an den Kampf zwischen SACD gegen DVD-Audio? Oder an die CD4- und Quadro-Schallplatten aus den 70ern? Am Ende konnte sich keines der Formate durchsetzen, weil nur wenige gut betuchte Kunden bereit waren, Geld dafür auszugeben. Die Musikindustrie ist jedoch auf ein Massenpublikum ausgerichtet. Neue Formate müssen daher auch mit Wiedergabegeräten für den kleinen Geldbeutel funktionieren, wenn sie nicht in einer Nische verkümmern wollen.

An dieser Schwelle zum Massenmarkt stehen gerade zwei neue Formate für 3D-Musik: Dolby Atmos und Sony 360 Reality Audio (360RA). Dolby Atmos hat sich mittlerweile im Film- und Video-Bereich etabliert. In vielen Wohnzimmern sind entsprechende Audio/Video-Receiver beziehungsweise Soundbars zu finden und zahlreiche Filme und Serien bringen dafür Tonspuren mit.

360RA spielt in Filmen hingegen keine Rolle und es gibt bislang auch keine AV-Receiver, die das Format wiedergeben könnten. Sony setzt deshalb auf eine rasche Verbreitung über Musikstreamingdienste und Kopfhörerausgaben – denn die meiste Musik wird heutzutage unterwegs per Smartphone konsumiert. Wer diesen Massenmarkt dominiert, der beeinflusst am Ende auch, ob und in welchem Format sich 3D in der Musikindustrie am Ende durchsetzt.

### Neuer Formatkampf

Ab Seite 64 testen wir die acht größten Streaminganbieter, von denen die Hälfte

inzwischen auch 3D-Musikstücke im Programm hat. Die Gesamtzahl der Songs ist zwar noch gering, jedoch dürfte diese frühe Aufbauphase entscheidend dafür sein, ob sich die Geschichte der Quadrofonia-Schallplatten wiederholt oder sich ein 3D-Format tatsächlich etabliert.

Dolby bekommt Unterstützung von zwei der drei globalen Major-Label: Warner Music und Universal Music, zu dem auch die Deutsche Grammophon gehört. Dolbys wichtigster Partner ist jedoch Apple, die mittlerweile die komplette Herstellungs- und Wiedergabekette unter einem Dach vereinen – angefangen von Produktionswerkzeugen wie Logic Pro X, über den Vertrieb per Apple Music, bis hin zu Empfangsgeräten wie Apple TVs, iPhones und Homepods sowie AirPods mit Head-Tracking.

Sony kontrolliert das dritte Major-Label Sony Music und veröffentlicht 360RA-Aufnahmen in Eigenregie. Als Streamingpartner holte Sony Deezer ins Boot sowie Amazon Music und Tidal, die beide auch Dolby Atmos unterstützen. Zur Wieder-

gabe bietet Sony neben einer Reihe von Kopfhörern inzwischen auch erste Smart Speaker mit 360RA-Unterstützung an, die sich im Test ab Seite 72 gegen Konkurrenten und Soundbars beweisen.

### Major Tom rotiert im All

Die Einführung von 3D-Audio wird also primär von der Industrie getrieben: Major-Label können sich von kleinen unabhängigen Vertrieben absetzen, Streamingdienste neue Kunden gewinnen und die Hersteller von Unterhaltungselektronik neue Abspielgeräte, Lautsprecher und Kopfhörer verkaufen. Das wäre eine Win-Win-Situation für die Unternehmen.

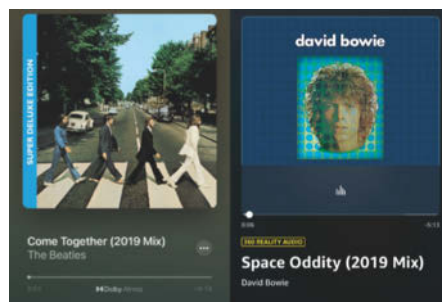
Angeht es derartiger Profitaussichten ist es umso erstaunlicher, wie viele Fehler der Industrie unterlaufen. Das fängt bei den allzu gut versteckten 3D-Songs auf den Streamingplattformen an, die man oft nur durch Suchbegriffe wie „3D Audio“ findet. Es geht weiter über schlampig zusammengestellte Playlisten, die 3D- und Stereoverversionen bunt durcheinanderwürfeln. Nicht selten bollert darin zudem ein Song viel zu laut im Bass, während man beim nächsten den Sänger kaum hört. Und schließlich verpatzt Sony auch noch die Kopfhörersimulation von 360RA: Manche Klassiker wie „Space Oddity“ klingen in 3D so unnatürlich aufgeblasen, dass David Bowie im Grab rotieren würde.

### Es geht besser

Dabei ermöglicht die Technik wirklich hervorragende Aufnahmen, die unter guten Bedingungen weitaus besser klingen als in Stereo – hören Sie mal in „Point“ von Yello oder „Out to Lunch“ von Eric Dolphy rein. Dazu braucht es allerdings Musiker, die mit 3D kreativ umgehen – und Toningenieur und Produzenten, die 3D richtig umsetzen und nicht bloß einen Stereomix aufpumpen.

Als Zuhörer sollten Sie sich daher ein wenig in Geduld üben. Schreiben Sie 3D-Musik nicht gleich ab, wenn der Klang der ersten Stücke nicht Ihrer von der Werbung geweckten Erwartung entspricht. Auch die ersten Stereoalben der Beatles klangen Mitte der 60er gewöhnungsbedürftig. Es dauert üblicherweise mehrere Jahre, bis sich das Wissen um die Möglichkeiten neuer Formate verbreitet und alle Kinderkrankheiten ausgemerzt sind. Noch steht die Musikbranche am Anfang.

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



Im 3D-Formatkrieg schicken Dolby und Sony die Beatles und David Bowie an die Front.

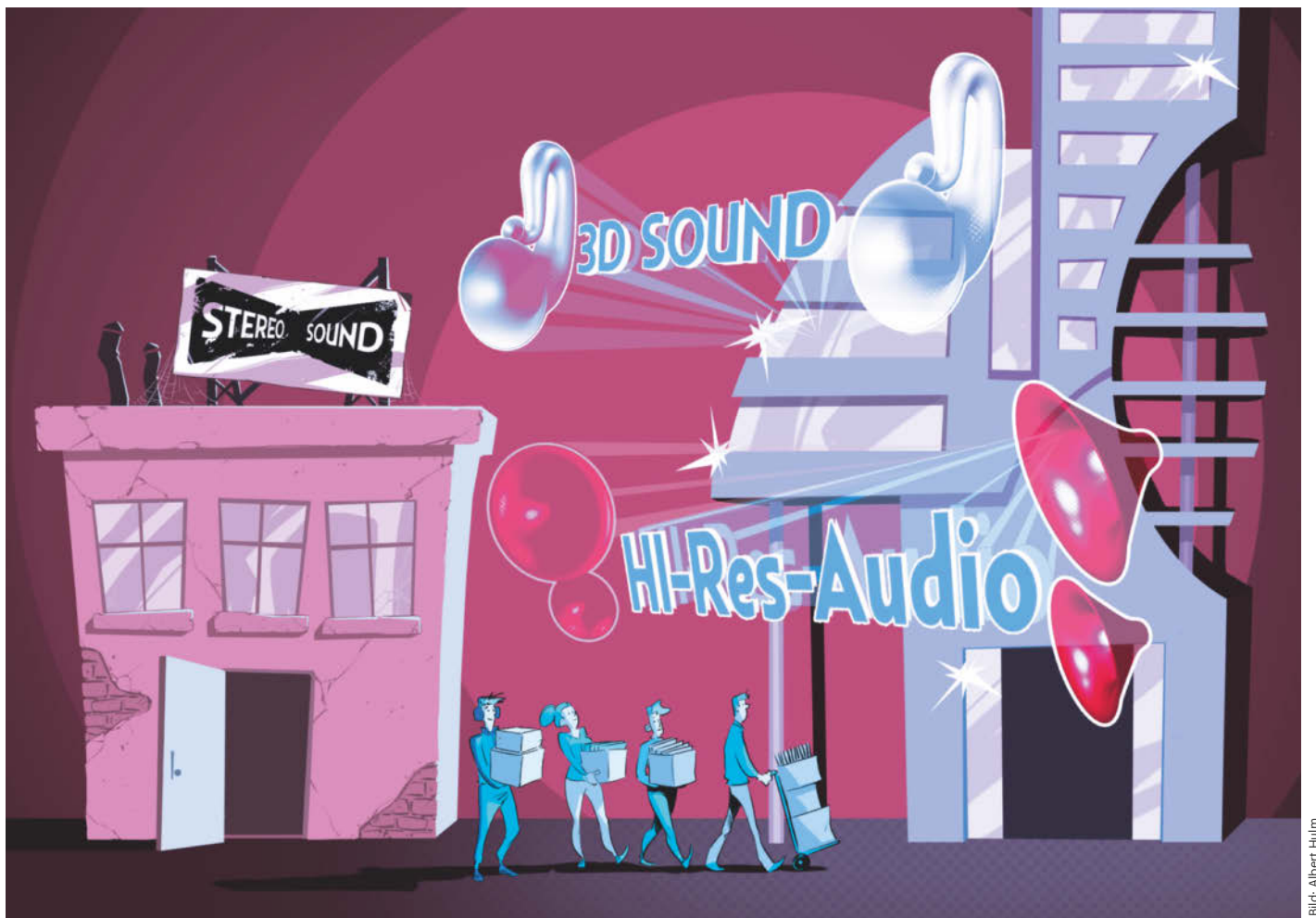


Bild: Albert Huim

# Auf zum nächsten Musiktempel

## Lohnen 3D-Audio und Lossless bei Musik-Streamingdiensten?

**Während Spotify mit immer elaborierteren Algorithmen neue Playlisten zusammenstellt, locken andere Musikstreamingdienste mit Videos, 3D-Audio, Lossless- und Hi-Res-Formaten. Unser Vergleich von acht Anbietern zeigt, ob Sie gerade die Party Ihres Lebens verpassen.**

Von Hartmut Gieselmann

**E**wig die gleiche Leier wie beim 0815-Rotationsradio? Das wollen Musikdienste anders machen. Sie streamen nach eigenen Angaben zwischen 60 bis über 90 Millionen Songs für eine monatliche Flatrate von meistens zehn Euro. Sie werben mit einer besonders ausgeklügelten Kuratierung, bei der menschliche Musikexperten und Algorithmen jedem Nutzer ein auf seinen Geschmack abgestimmtes Menü servieren.

Darüber hinaus versprechen manche der in diesem Test verglichenen acht Anbieter einen besonderen Hörgenuss: Sie senden Musik nicht nur in verlustbehafteten Kompressionsformaten wie MP3,

OGG Vorbis und AAC mit bis zu 320 kbit/s, sondern verlustfreie Formate auf CD-Niveau (16 Bit, 44,1 kHz) oder gar Hi-Res mit 24 Bit und bis zu 192 kHz. Amazon, Apple und Qobuz bieten solche Formate ohne Aufpreis an, bei Deezer und Tidal zahlt man 5 beziehungsweise 10 Euro mehr pro Monat. Doch lohnt sich die Mehrausgabe? Oder genügt die Qualität von Napster, Spotify und YouTube, die bislang noch keine verlustfreien Formate streamen?

Amazon, Apple, Deezer und Tidal werben Zuhörer mit Songs in Dolby Atmos und Sonys 360 Reality Audio (360RA). Der Musikproduzent kann im Extremfall



den Sänger vor den Zuhörer, ein paar Posauern in seinen Rücken und Streicher über seinem Kopf platzieren. In der Klassik und beim Jazz wird der 3D-Sound oft genutzt, um die Raumatmosphäre eines Konzerts zu imitieren.

Abhören lässt sich das Arrangement über Kopfhörer, compatible Smart-Speaker und Soundbars sowie mehrkanalige Lautsprecherinstallationen mit Boxen an der Decke. Die Abspielgeräte mischen die räumliche Aufteilung automatisch passend für das angeschlossene Setup. Allerdings ist die Auswahl noch stark eingeschränkt, weil die Musikstücke dazu neu in Atmos oder 360RA gemischt und gemastert werden müssen.

## Klangqualität

Um eventuellen Unterschieden in der Streamingqualität auf die Schliche zu kommen, haben wir einzelne Songs von allen Diensten auf eine iOS-App gestreamt und per Lightning-USB-Kabel auf einem Mac digital aufgezeichnet (24 Bit, 44,1 kHz). Zum A/B-Vergleich nutzten wir die Software Ableton Live, die zwei Songs nahtlos überblenden kann, und verglichen Frequenzverläufe sowie Lautstärken mit dem IQ-Analyzer von Hofa. Um Klangeinbußen aufzuspüren, hörten wir die Stücke mit einem Kopfhörer Foxtex TH909 sowie einem eingemessenen Lautsprecherpaar KH-310 von Neumann ab. Zur Beurteilung der 3D-Mixe nutzten wir ein kalibriertes

5.1.4-Lautsprecher-Setup, ein Amazon Echo Studio, ein Apple Homepod mit Apple TV sowie die Kopfhörer Apple AirPods Pro und Sony WH-1000XM4.

Da sich an den marginalen Vorteilen von Hi-Res und MQA seit unserer umfangreichen Analyse in [2] nichts geändert hat, gehen wir im weiteren nur auf die Unterschiede zwischen Lossless-Streaming in CD-Qualität und verlustbehafteten Codecs ein. Bei letzteren machen sich Codec-Artefakte insbesondere bemerkbar, wenn man die Aufnahmen in Anteile für Mitte und Seite (M/S) aufteilt und sich nur das Seitensignal anhört. Im Gesamtklang machen sich Fehler im Stereoseitensignal unter anderem in einer schlechteren

## Umzugshelfer

Wenn Sie über einen Wechsel Ihres Musik-anbieters nachdenken, stellt sich die Frage, wie Sie mit Ihren bisherigen Playlisten, Lieblingskünstlern, -alben und -songs umziehen können. Alle acht Anbieter haben hierzu Schnittstellen parat, über die Umzugsdienste wie TuneMyMusic und Soundiiz Playlisten kopieren. Wer mit mehr als 200 (Soundiiz) oder 1000 Titeln (TuneMyMusic, TMM) umziehen will, zahlt bei beiden Anbietern 4,50 Euro pro Monat – einer genügt. Ein solcher Umzug stellt nicht zuletzt sicher, dass der neue Musikdienst Ihren Geschmack erkennt und Ihnen von Anfang an gute Vorschläge machen kann, ohne langwierig angelernt werden zu müssen.

Kopieren lassen sich in den besten Fällen vier Kategorien: Playlisten, Künstler, Alben und Songs – soweit sie im Repertoire des neuen Anbieters vorhanden sind. Bei unserem Test mit über 40.000 Titeln blieb der Anteil unerkannter Stücke meist im einstelligen Prozentbereich. Manchmal konnten Songs nicht zugeordnet werden, obwohl sie auf dem neuen Dienst durchaus vorhanden waren. Beide Umzugshelfer geben solche Übertragungsfehler als Listen im CSV-Format aus, die Sie gegebenenfalls manuell nachtragen können.

Mit Deezer, Qobus, Spotify und Tidal erlauben aber nur vier der acht Anbieter den vollen Zugriff auf alle Umzugskategorien. Apple verhindert die Übertragung von Lieblingskünstlern, Amazon, Napster und YouTube sperren sich darüber hinaus auch gegen Alben.

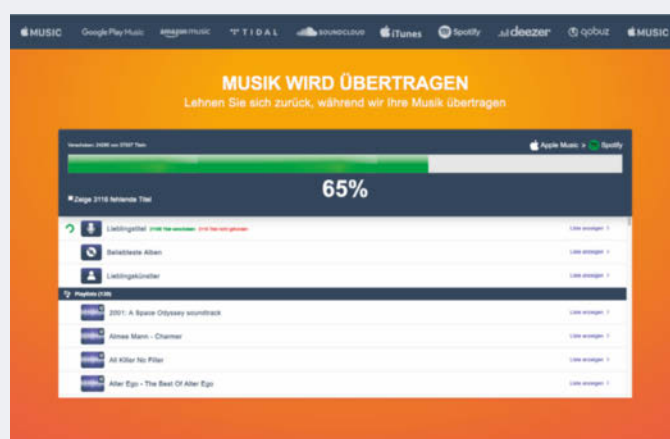
YouTube ist besonders zickig: Künstlereinträge umfassen jede Band, von der man auch nur einen Song geliekt hat. Das bläst nicht nur die Künstlerliste extrem auf, sondern verstopft auch die YouTube-Liste mit abonnierten Kanälen, zu der jeder Künstler automatisch hinzugefügt wird. Bei der Übertragung von Playlisten erlaubt YouTube wiederum nur zehn neue Einträge pro Tag. In der Praxis machen die Umzugshelfer bei YouTube daher mehr kaputt als dass sie helfen.

Soundiiz und TMM unterscheiden sich ansonsten in Details. So kann Soundiiz von Amazon Angaben nur lesen, TMM hingegen auch schreiben. TMM nervt jedoch, weil er in jeder kopierten Playlist eine Eigenwerbung in der Beschreibung hinterlässt. Soundiiz verzichtet darauf im Bezahlabo und erlaubt es, mehrere Auf-

träge – die bei 40.000 Titeln schon mal ein paar Stunden dauern – als Batch-Job hintereinander abzuarbeiten. Bei TMM lassen sich mehrere Tabs mit Übertragungsjobs im Browser öffnen. Hier kam es zuweilen zu Übertragungsproblemen, wenn wir den Rechner zwischendurch abschalteten.

Die englischen Datenschutzerklärungen beider Umzugsanbieter genügen übrigens nicht den Anforderungen der DSGVO. Da die Musikpsychologie durchaus Methoden kennt, anhand von Musikvorlieben etwa soziale und politische Präferenzen zu ermitteln, hätte eine Auswertung der Playlisten und Hörgewohnheiten das Potenzial, psychologische Profile von Hörern zu erstellen. Dies ist eine grundsätzliche Gefahr, die ebenso die Datensammlungen aller Streamingdienste betrifft.

**Onlinedienste wie Soundiiz und TuneMyMusic (Bild) erleichtern den Umzug mit Playlisten und Lieblingskünstlern enorm.**



räumlichen Staffelfung bemerkbar. Besonders deutlich traten die Unterschiede beim Stück „Montero“ von Lil Nas X zutage, eines der wenigen, das die Dienste in allen Formaten streamen – inklusive Atmos und 360RA.

### Codec-Artefakte

Die wenigsten Artefakte beim Streamen mit verlustbehafteten Codecs hörten wir bei Deezer und Qobuz, deren Klangqualität bei MP3 mit 320 kbit/s kaum noch vom Lossless-Format zu unterscheiden war – hier können Sie sich das Hochschalten auf Lossless sparen.

Immer noch gut waren die Ergebnisse von Tidal und YouTube, bei denen wir nur leichte Artefakte im Seitenkanal ausmachten. Auf ähnlichem Niveau spielte Napster, obwohl der Pegel bei manchen Stücken im Bassbereich unter 200 Hz etwas abfiel. Spotify produzierte im Seitenkanal bei 320 kbit/s zwar keine Artefakte, dafür aber leichte Rauschfahnen bei Klatschgeräuschen, was die Dynamik etwas verschlechterte.

Viel dumpfer klangen die Seitenkanäle bei Apple Music im AAC-Format, das lediglich mit 256 kBit/s gestreamt wird. Weit abgeschlagen landete Amazon auf dem letzten Platz, dessen verlustbehafteter Codec in den Seitenkanälen extreme Artefakte und Ausfälle produzierte, sodass das Stereopanorama teilweise komplett zusammenbrach. Das Unlimited-Abo (ohne HD) ist daher zwar gut genug zum Streamen auf einem Alexa-Lautsprecher in Mono, sobald Sie aber über Kopfhörer oder auf Stereoanlagen Musik hören, sollten Sie unbedingt zum Lossless-Format im HD-Abo wechseln.

### 3D-Formatkrieg

Verfügbar sind 3D-Songs bei den Anbietern Amazon, Apple, Deezer und Tidal. Es ist jedoch schwierig, einen Überblick zu bekommen. So bewerben alle Dienste zwar Playlists und Alben mit „3D“, oft sind aber nur einzelne Stücke eines Albums oder einer Playlist tatsächlich in 3D abrufbar. Der Rest läuft in normalem Stereo.

Songs in 360RA werden derzeit nur aus dem Katalog von Sony Music produziert. Die beiden anderen Major Label Universal und Warner verwenden Dolby Atmos. Dieser Formatkrieg führt dazu, dass man etwa „Space Oddity“ von David Bowie nur in 360RA und „Come Together“ von den Beatles nur in Dolby Atmos streamen kann.

Um die Verwirrung perfekt zu machen, existieren bei 360RA drei verschie-

dene Streaming-Level, die sich in ihrer Bitrate (640 kbit/s, 1024 kbit/s und 1536 kbit/s) sowie der Anzahl der im Raum platzierbaren 3D-Objekte (10, 16 und 24) unterscheiden. Tidal unterstützt derzeit lediglich Level 1 mit bis zu 10 Objekten, Amazon und Deezer bis Level 3 mit 24 Objekten. Klangliche Unterschiede konnten wir zwischen den einzelnen 360RA-Leveln nicht ausmachen, dafür klang die bisher verfügbare Kopfhörerwiedergabe allgemein zu schlecht.

### Ausgabechaos

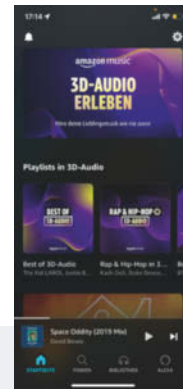
Bei den Diensten hängt es vom 3D-Format ab, auf welche Ausgabegeräte diese gestreamt werden. Apple nutzt Dolby Atmos und kann das Format von einem iPhone oder Atmos-fähigen Android-Smartphone auf Kopfhörer streamen. Zur Ansteuerung eines Homepods oder Dolby-Atmos-Receivers mit Lautsprechern benötigt man ein Apple TV 4K.

Amazon bietet sowohl Atmos als auch 360RA für Kopfhörer und den Smart Speaker Echo Studio an. Beim Wechsel zwischen 3D- und Stereo-Songs fielen uns auf dem Echo Studio zum Teil große Sprünge in der Lautheit und Basswiedergabe auf – trotz eingeschalteter Lautheitsanpassung. Atmos-Songs aus dem „3-D Katalog“ von Kraftwerk brachen zunächst regelmäßig ab; nach einem Update der iOS-App auf Version 10.17.0 war die Atmos-Version des Albums aus dem Streamingangebot von Amazon verschwunden.

Bei Tidal fanden wir vor knapp zwei Jahren noch zahlreiche Aufnahmen vom Jazz-Label Blue Note. Beim erneuten Aufruf waren nun etliche Stücke nicht mehr verfügbar, laut Dienst, weil das Label die Rechte zum Streamen zurückgezogen hatte. Den Rest streamt Tidal in Atmos über Apple TV und Fire TV sowie auf Atmos-fähige Android-Smartphones, AV-Receiver und Soundbars. Die iOS-App von Tidal gibt Songs nur in 360RA an Kopfhörer aus.

Letzteres gilt auch für Deezer, das für 360RA eine mobile App namens „360“ anbietet. Auch hier konnten wir zahlreiche Alben wie „Ten“ von Pearl Jam oder „Alicia“ von Alicia Keys nur in Stereo streamen. Lediglich Songs, die bei der Wiedergabe im Cover unten links ein 360RA-Symbol einblenden, waren tatsächlich in 3D.

Laut Sony sollen bislang 7000 Songs in 360RA produziert worden sein. Sie sind aber noch nicht bei allen Streaming-Anbietern verfügbar. Die von Sony beworbenen 360RA-Songs von Pink Floyd fanden



### Amazon Music Unlimited HD

Das HD-Abo von Amazon Music bietet gegenüber dem normalen Unlimited-Abo zum selben Preis Musik auch in Lossless und knapp zehn Prozent der Stücke in Hi-Res sowie einige Songs in 360RA und Atmos an.

Die Klangqualität der Lossless-Stücke im HD-Abo ist wesentlich besser als die der komprimierten Streams in „Standard“-Qualität. Bei letzteren brach das Stereopanorama unserer Testsongs extrem stark ein.

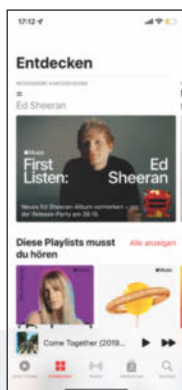
Die 3D-Wiedergabe ist bislang nur per Kopfhörer und Echo Studio sowie 360RA-Systeme von Sony möglich. Atmos-Stücke wirkten voluminöser und lauter als 360RA-Titel – vor allem mit Kopfhörern klangen letztere dünn und blechern.

Amazon bietet beim Kauf von CDs und Vinyl oft auch MP3-Downloads als Zugabe an, die man in den Apps gemeinsam mit dem Streamingangebot abspielen kann. Darüber hinaus lassen sich außer Songtexten auch Hintergrundinfos und – soweit vorhanden – Videos einblenden.

Die redaktionellen und KI-gestützten Playlists sind nicht besonders differenziert. Offenbar unterteilt Amazon Musikstile nur in grobe Richtungen (Schlager, Pop, Rock usw.) und bietet dem Hörer dann populäre Tracks sowie zufällig ausgewählte Stücke aus der gleichen Schublade an. Bei uns bestanden die Vorschläge aus Künstlern, die entweder bereits in unserer Bibliothek waren, oder sie lagen weit daneben.

👆 Käufe und Streaming in einer App  
 🟢 Lossless und 3D ohne Aufpreis  
 🔴 schlechte „Standard“-Klangqualität  
**Preis: 10 Euro/Monat**





## Apple Music

Apple Music ist zwar primär auf Apple-Geräte zugeschnitten, Apps dafür gibt es aber auch unter Android und Windows. Da die Klangqualität des AAC-Streams bei 256 kbit/s nicht immer ideal ist, kann ein ohne Aufpreis mögliches Streamen im verlustfreien ALAC-Format den Klang durchaus verbessern. Beim Anschluss von Bluetooth-Kopfhörern bringt die ALAC-Wiedergabe jedoch nichts, da diese von Apple-Zuspielern nur Daten im AAC-Format empfangen. Zudem kann die Music-App ALAC-Songs bei der Wiedergabe nicht ganz lückenlos verbinden.

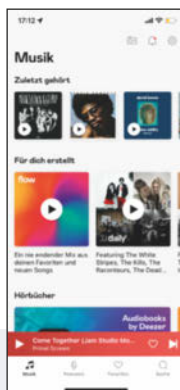
Die Lautheitsanpassung ist etwas übereifrig, was bei Konzeptalben wie „The Dark Side of the Moon“ zu ungewollten Lautheitssprüngen führte. Auf die Atmos-Einbindung gehen wir im Haupttext ein.

Apple bindet neben iTunes-Käufen für 25 Euro pro Jahr bis zu 100.000 Songs von der eigenen Festplatte in die iCloud ein, von wo aus sie – falls verfügbar – lossless gestreamt werden.

Die Music-App lässt sich nur umständlich bedienen. Likes für Songs lassen sich etwa erst nach Öffnen eines Menüs vergeben.

Bei Musikvorschlägen konzentriert sich Apple auf menschliche Kuratoren und Podcasts mit Stars und Sternchen. Diese decken vor allem US-amerikanischen Mainstream-Pop und -Rap ab. An automatischen Vorschlägen generiert Apple nur vier Abspielisten, die im Test kreuz und quer durch alle Genres sprangen – keine große Hilfe.

- 🟢 Lossless und Atmos ohne Aufpreis
  - 🟢 Einbindung eigener Musik
  - 🔴 unübersichtliche App
- Preis: 10 Euro/Monat



## Deezer

Der französische Anbieter Deezer bietet auf Mobilgeräten unterschiedliche Apps für Musik, Hörbücher und 3D-Sound im Format Sony 360RA an. Bei den Hörbüchern und -spielen ist die Unterteilung durchaus sinnvoll, um einen besseren Überblick zu behalten. Die 360-App für 3D-Sound bereitete im Test jedoch Probleme: Sie streamt viele Songs und Alben nicht in 360RA, sondern nur in Stereo.

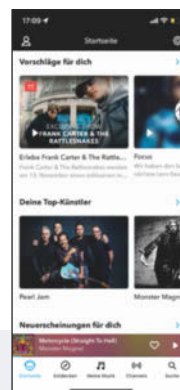
360RA-Streaming setzt zudem ein um 5 Euro teureres Hi-Fi-Abo voraus, mit dem auch Lossless-Streaming möglich ist. Da die Klangqualität der sonst in MP3 mit 320 kbit/s kodierten Songs zu den besten im Testfeld gehörte, lohnt sich die Mehrausgabe kaum.

Die Desktop-Apps von Deezer erlauben – gut versteckt unter „Favoriten/Mehr/Meine MP3s“ – bis zu 2000 eigene MP3-Songs von der Festplatte in die Cloud hochzuladen, sodass man sie auch unterwegs aufs Smartphone streamen kann.

Die Kuratoren von Deezer machen keine so ausgefallenen Vorschläge wie etwa bei Tidal und orientieren sich (wie Amazon und Apple) eher an Chart-tauglichen Genres. Zudem serviert ein Algorithmus passende Songs zum eigenen Musikgeschmack auf neun nach Genres unterteilten Playlists, die bei uns gut abgestimmt waren und viele Treffer landeten.

Während der Testphase Anfang Oktober hatten wir wiederholt mit Verbindungsproblemen zu kämpfen, vor allem bei der 360-App.

- 🟢 hohe Klangqualität, eigene MP3s
  - 🟢 Extra-App für Hörbücher
  - 🔴 wiederholt Verbindungsprobleme
- Preis: 10 bis 15 Euro/Monat



## Napster

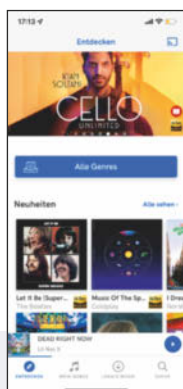
Napster hinkt bei der Musikauswahl etwas hinterher und bietet offiziell nur über 60 Millionen statt 70 bis 90 Millionen Songs an. Auch bei Sonderfunktionen ist der Dienst sparsam. Auf Desktoprechnern lässt sich nur vom Browser aus streamen. Lossless, Hi-Res und 3D sind ebenso wenig im Angebot wie Podcasts und Videos. Immerhin gibt es neben Musik auch Hörbücher.

Napsters Vorschlagsystem generiert lediglich eine Favoritenliste automatisch, die wild zwischen Genres springt und schlecht durchhörbar ist – zumal Napster auch keine Lautheitsunterschiede ausgleicht. Menschliche Kuratoren scheint Napster kaum einzusetzen, abseits von Vorschlägen zu den „beliebtesten Songs“ fanden wir nur eine Handvoll genrespezifischer Playlisten.

Die Abspielqualität in AAC mit 320 kbit/s ist zwar ähnlich gut wie bei YouTube, manche Testsongs waren aber im Bassbereich etwas leiser – als ob die Stücke aus einer anderen Quelle stammen würden.

Neben seinem Streamingdienst für Endkunden bewirbt Napster auch Angebote für „Hotel-, Restaurant- und Cafékettchen“, die wegen umfangreicher Höranalysen passend auf die Gäste abgestimmte Musik abspielen sollen. Aus der Datenschutzerklärung geht nicht genau hervor, was mit den erhobenen Daten geschieht. Darüber hinaus findet man Napster in Kombiangeboten mit Firmenbranding, die manchen Produkten beiliegen.

- 🔴 Bassabsenkungen im Klang
  - 🔴 schwaches Vorschlagsystem
  - 🔴 keine Lautheitsanpassung & Videos
- Preis: 10 Euro/Monat



## Qobuz

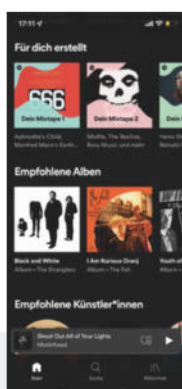
Qobuz aus Frankreich bietet neben Streaming-Flatrates auch DRM-freie digitale Käufe an, die sich fortan streamen und herunterladen lassen. So erhält man wie bei Amazon und Apple auch Zugriff auf Scheiben, die Label und Künstler nicht für Flatrates freigeben.

Der Dienst rückt die Alben in den Mittelpunkt – Podcasts, Hörbücher und Videos sucht man vergeblich. Da Qobuz eine Suche nach Komponisten gestattet, finden sich auch Klassikhörer zu recht. Viele Alben tauchen jedoch mehrfach von verschiedenen Labels auf. Extrem war der Fund von 30 Versionen von „Sketches of Spain“ von Miles Davis. Detaillierte Suchfilter wie „Liste mir alle CBS-Alben zwischen 1963 und 1967 auf“ sind leider nicht möglich. Nach bestimmten Aufnahmen sucht man wie nach einer Nadel im Heuhaufen.

Streams und Käufe liegen stets lossless oder Hi-Res vor. Die Digitaldateien konvertiert Qobuz zusätzlich in MP3 mit 320 kbit/s. Die Lautheit der Songs passt Qobuz nicht an, sodass es in Playlisten zu Lautheitssprüngen kommt.

Qobuz beschäftigt nach eigenen Angaben ein Team von etwa 30 Redakteuren und Autoren, die Playlisten kuratieren und kenntnisreiche deutsche Musikartikel schreiben. Kernthemen sind Klassik, Jazz, audiophile Aufnahmen sowie Klassik-Rock. Automatische Vorschläge, die sich am Geschmack des Kunden orientieren, gibt es nur auf einer einzigen Playlist, die wöchentlich wechselt.

- ↑ viel Klassik, Jazz & Rock in Hi-Res
  - ↑ sehr gute Klangqualität
  - ↓ unübersichtliche Suche
- Preis: 15 Euro/Monat



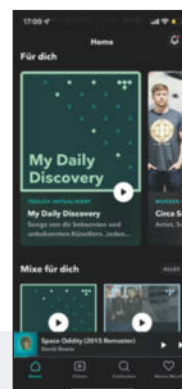
## Spotify

Kein Hi-Res, kein 3D, keine Videos, keine Songtexte – trotzdem ist Spotify mit offiziell 165 Millionen zahlenden Abonnenten einsamer Marktführer bei den Streamingdiensten. Ein Geheimnis des Erfolgs liegt in den flott bedienbaren Apps, die auf einer riesigen Zahl von Systemen verfügbar sind. Zudem erlaubt Spotify ein sehr ausgefeiltes Teilen von Playlists mit Künstlern und in der Community.

Der Konkurrenz voraus ist Spotify bei den automatisierten Vorschlagslisten. Der Dienst analysiert verschiedene Genrevorlieben und bot uns insgesamt 34 automatisch generierte Playlisten an, die sich um verschiedene Untergenres, bestimmte Jahre oder ein Künstlerumfeld konzentrierten. So gute Vorschläge wie Spotify machte uns sonst kein anderer Anbieter.

Lossless-Streaming wurde Anfang des Jahres angekündigt, ist aber noch immer nicht verfügbar. Allzu stark schmerzt das nicht, denn der von Spotify eingesetzte OGG-Vorbis-Codec liefert bei 320 kbit/s gute Qualität. In den Stereoseiten unserer Testsongs waren keine Artefakte, sondern leichte Rauschfahnen zu hören, die die Dynamik im Stereopanorama etwas reduzieren. Als einziger Dienst bietet Spotify drei Lautstärkeeinstellungen an. Die normale Stufe bei etwa -14 LUFS bietet einen guten Kompromiss. Die lauteste Stufe bei rund -11 LUFS kann hingegen die Dynamik leiser Songs verringern.

- ↑ Vorschläge und Community
  - ↑ flotte Apps mit hoher Verbreitung
  - ↓ keine Videos, Texte und 3D-Sound
- Preis: 10 Euro/Monat



## Tidal

Tidal ist so etwas wie der Arte-Sender unter den Streamingdiensten. Es dominieren keine Charts die Vorschlagsysteme, sondern viele Geheimtipps weitgehend unbekannter, aber talentierter Künstler. Detaillierte Infos zu den Plattenproduktionen laden zum Stöbern ein.

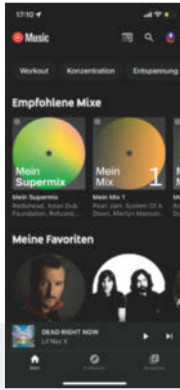
Neben den kuratierten Vorschlägen hält Tidal auch neun automatische Playlisten bereit, die Vorlieben des Hörers nach bestimmten Genres zusammenfassen. Wer neue Musik seiner eigenen Geschmacksrichtung abseits ausgetretener Pfade sucht, wird klasse bedient.

Die AAC-Kompression mit 320 kbit/s produzierte ähnlich wie YouTube nur wenige Artefakte in den Seitenkanälen mit guter Klangqualität. Wenn es noch besser klingen soll, zahlt man bei Tidal 20 statt 10 Euro pro Monat, um lossless und im Spezialformat MQA zu streamen [2]. MQA ist aber nur in Verbindung mit speziellen Digital-Analog-Wandlern mit MQA-Unterstützung zu empfehlen. Auf herkömmlichen Abspielgeräten wurden bei unseren Testsongs im MQA-Modus die Höhen ab etwa 14 kHz abgeschnitten – da wechselt man besser in den verlustfreien Hi-Fi-Modus. In der iOS-App 2.34.0 funktionierte die Lautheitsanpassung der Songs beim AAC-Streaming und 360RA nicht.

Im teureren HD-Abo sind auch 3D-Aufnahmen in Atmos und 360RA integriert.

- ↑ sehr gute Kuratoren und Playlisten
  - ↑ viele Künstlerinfos
  - ↓ unübersichtliches 3D-Angebot
- Preis: 10 bis 20 Euro/Monat





## YouTube Music

YouTube hat sein Musikangebot weitgehend in seine Videoplattform integriert. Auf Desktoprechnern streamt man aus dem Browser, für Smartphones existieren separate Apps für YouTube Music.

Die YouTube-Integration hat Vor- und Nachteile: So findet man von Musikern nicht nur den offiziellen Streamingkatalog, sondern auch zahllose Uploads von Usern – egal ob sie die dazu nötigen Rechte besitzen oder nicht. Die User-Uploads schwanken stark in ihrer Qualität und können nach einiger Zeit wieder verschwinden.

Eine automatische Lautheitsanpassung lässt sich nicht aktivieren und auch das lückenlose Aneinanderreihen von Songs gelangen App und Web-Player nicht.

Umzugsdiensten wie Soundiiz und TuneMyMusic schiebt YouTube einen Riegel vor und erlaubt maximal zehn neue Playlists pro Tag. Für gelikte Künstler legt YouTube Kanal-Abos an und wirft diese mit anderen Kanälen in einen Topf, wodurch die Übersicht verloren geht.

Aus den Vorlieben generiert YouTube ein Dutzend automatische Playlists, die ähnlich gut wie bei Deezer und Tidal nach Genres aufgeteilt sind. Die kuratierten Vorschläge decken viele Genres ab und beziehen ähnlich wie bei Deezer, Napster, Qobuz und Spotify auch Playlists anderer Nutzer ein, die sich einfach öffentlich teilen lassen.

- 👤 Einbindung von User-Content
  - 👤 Neuvorschläge und Videos
  - 👤 Durcheinander mit Kanal-Abos
- Preis: 10 Euro/Monat

wir nur bei Amazon und Deezer. Bei Atmos dürfte die Menge etwas größer, aber in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Dolby nannte keine exakten Zahlen, gab jedoch an, dass „praktisch alle großen neuen Releases“ auch in Atmos gemischt würden.

## 3D über Lautsprecher

Selbst professionelle Audioproduzenten verlieren bei diesem Tohuwabohu leicht den Überblick. Daher ein kleiner Exkurs zum Tonmeister Harald Gericke, der uns die Produktionsabläufe erläuterte. Gericke ist Chef von Platin Media Productions und produziert seit vielen Jahren 3D-Alben und -Konzertmitschnitte für große Musiklabel. Sein Standard-Setup, das er für eine 3D-Musikproduktion verwendet, besteht aus 7.1.4-Lautsprechern: Sieben Lautsprecher auf Ohrhöhe des Zuhörers, ein Subwoofer für tieffrequente Effekte sowie vier Höhenlautsprecher.

Wer zu Hause Atmos-Musik auf ähnlichen Setups beispielsweise von Tidal oder Apple Music über ein Apple TV hört, kann in der Tat beeindruckenden Rundumklang erleben. Das gilt nicht nur für mit Effekten vollgestopfte Pop- und Elektronik-Musik – auch Aufnahmen von Jazz-Ensembles profitieren von der stark verbesserten Räumlichkeit und Atmosphäre.

Allerdings besitzen nur wenige Zuhörer ein solch aufwendiges Setup wie Gericke. Durch die 3D-Objekte lässt sich aber die Position der Klangquellen auf abgespeckten Konfigurationen und Soundbars umrechnen. Auf Amazons Echo Studio klang das bei einigen Stücken, etwa vom Yello-Album „Point“, voluminöser als auf einem Apple Homepod. Bei anderen Songs, wie „What's up“ von den 4 Non Blondes, drängte das Echo Studio Sängerinnen jedoch zu sehr in den Hintergrund.

Bei Amazon Music bricht beim Streamen in komprimiertem „Standard Audio“ das Stereopanorama gegenüber Lossless (blau: Mittenkanal, gelb: Seitenkanal) ab 3 kHz extrem ein (hier am Beispiel „Montero“ von Lil Nas X).



## 3D per Kopfhörer

Besonders schwierig ist die 3D-Umsetzung für Stereokopfhörer, weil hier die 3D-Objekte in einem virtuellen Raum mit Hilfe von HRTFs (Head Related Transfer Function) binaural gerendert werden müssen. HRTFs unterscheiden sich jedoch individuell bei jedem Menschen, weil sie von der Form der Ohren, des Kopfes und der Schultern abhängen. Deshalb müsste man HRTFs am Trommelfell messen, was bei Unterhaltungselektronik aber nicht möglich ist. Die Hersteller behelfen sich mit gemittelten HRTFs für Durchschnittsmenschen.

Apple, Dolby und Sony setzen verschiedene binaurale Renderer mit unterschiedlichen HRTFs und Klangeigenschaften ein. Die Unterschiede zwischen Dolby und Sony treten besonders bei Amazon hervor. Während die Kopfhörersimulation von Dolby dort Atmos-Songs bei ähnlicher Lautstärke voller und voluminöser als die Stereo-Versionen wirken lässt, klingt Sonys 360RA-Wiedergabe deutlich leiser, mit blechern Höhen und schwachen Bässen. Die gleichen Probleme hatte die Kopfhörerbildung von 360RA-Songs bei Deezer und Tidal.

Sony versucht, das HRTF-Problem mit seiner App „360 Spatial Sound Personalizer“ zu lösen. Sie fotografiert die Ohren des Zuhörers und wählt anhand der Bilder der Ohrmuscheln neue HRTFs aus. Tidal und Deezer klingen sie bei der Wiedergabe von 360RA-Titeln über die Sony-App ein. Doch die App-Optimierung veränderte den schlechten 3D-Klangeindruck nur unwesentlich.

Apple nutzt für Atmos einen eigenen Renderer für Kopfhörer, dessen Sound dem von Dolby ähnelt. Die Im-Kopf-Ortung verringert sich durch das Head-Tracking, das mit AirPods der dritten Generation, AirPods Pro und Max möglich ist. Sie simulieren ein 5.1-Lautsprecher-Setup, das bei Kopfdrehungen im Raum stehen



**Die Automatik von Tidal hob die Lautstärke des 360RA-Songs „Montero“ von Lil Nas X um 4 dB an. Wie unten bei angepassten Pegel zu sehen ist, wurden dadurch Pegelspitzen abgeschnitten, was die Dynamik zerstört.**

zu bleiben scheint. Wen das stört, kann das Head-Tracking ebenso wie die 3D-Wiedergabe ab iOS 15.1 mit langem Druck auf den Lautstärkeregler im iOS-Kontrollzentrum abschalten.

Die unterschiedlichen Kopfhörer-Renderers erschweren die 3D-Klanganpassung für Musikproduzenten wie Gericke: „Bei Dolby und Sony kann ich den Kopfhörerklang direkt während der Mischung prüfen. Wie die Wiedergabe bei Apple klingt, kann ich bislang nur im Nachhinein über eine

komplizierte Prozedur checken.“ Das gilt auch für das neue Logic Pro X 10.7, dessen binauraler Renderer von Dolby stammt.

### Lautheitsanpassung

Ein bislang ungelöstes Problem ist die korrekte Anpassung der Lautstärke der Songs. Solange nur wenige Songs in 360RA und Atmos existieren, wird man sie unweigerlich im Wechsel mit Stereotiteln in Playlists wiedergeben. Stereo-Popsongs werden in der Regel aber sehr laut abgemischt.

Für Audio-CDs liegt der Zielpegel vieler Produktionen bei –9,0 LUFS (Loudness Units Full Scale) und höher. Streamingdienste können dies ausgleichen, damit etwa ältere Stücke genauso laut klingen wie neue Produktionen. Die Anpassungsebene schwanken je nach Dienst zwischen –14,0 LUFS und –16,5 LUFS. Der Zielpegel für Dolby-Atmos-Produktionen liegt jedoch bei –18,0 LUFS – also mehr als 9 Dezibel (dB) leiser als bei vielen aktuellen CD-Produktionen und 2 bis 4 dB leiser als die angepassten Pegel der Streamingdienste.

Solange ein Stück lauter als der Durchschnittspegel der Streamingdienste ist, lässt sich die Lautstärke einfach runterdrehen. Ist der Durchschnittspegel niedriger, dann können einzelne Ausschläge (etwa Paukenschläge und Explosionen) bis zur Grenze von 0 dBFS (Dezibel Full Scale) reichen. Hebt man die niedrigen 3D-Durchschnittspegel dann an, muss man die Ausschläge zwangsweise kappen, denn mehr als 0 dBFS sind in der digitalen Welt nicht möglich.

## Musikstreamingdienste

	Amazon Music Unlimited HD	Apple Music	Deezer	Napster	Qobuz
Betreiber	Amazon, USA	Apple, USA	Deezer S.A., Frankreich	Napster Group PLC, UK	Xandrie SA, Frankreich
Windows / macOS / Linux / Web	✓ / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / – / ✓	– / – / – / ✓	✓ / ✓ / – / ✓
iOS / AppleTV / watchOS / Carplay	✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓ / ✓	✓ / – / ✓ / ✓	✓ / – / – / ✓
Android / A.Auto / FireTV / Alexa	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / – / –
Repertoire (laut Hersteller)	über 75 Millionen Songs	über 90 Millionen Songs	über 73 Millionen Songs	60 Millionen Songs	über 70 Millionen Songs
verlusthafte Codecs	MP3 (bis 320 kbit/s)	AAC (64/256 kbit/s)	MP3 (64/128/320 kbit/s)	AAC (64/192/320 kbit/s)	MP3 (320 kbit/s)
Lossless 16 Bit	44,1 kHz, 850 kbit/s	ALAC (bis 48 kHz)	FLAC (1411 kbit/s)	–	FLAC, WMA, ALAC, AIFF, Wav
Hi-Res 24 Bit	bis 192 kHz, 3730 kbit/s	ALAC (bis 192 kHz)	–	–	FLAC (bis 192 kHz)
Dolby-Atmos-Ausgabe	Echo Studio / Android, iOS (Kopfhörer)	Apple TV / Android, iOS (Kopfhörer)	–	–	–
Sony-360RA-Ausgabe	Echo Studio / Sony-Speaker / Andr., iOS	–	Android, iOS (Kopfhörer)	–	–
Bandbreitenautomatik	✓	–	–	–	–
Songtexte / Videos	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / –	– / –	– / –
Hörbücher / Podcasts	– / ✓	– / ✓	✓ (extra App) / ✓	✓ / –	– / –
eigene Musik einbinden	Amazon-Käufe	✓ (bis 100.000 Songs)	✓ (bis 2000 Songs)	–	Qobuz-Käufe
algorithmische Playlists	1 Liste, 16 Songs	4 Listen, je 25 Songs	9 Listen, je bis zu 50 Songs	1 Liste, 25 Songs	1 Liste, 30 Songs
Community-Playlisten	–	–	✓	✓	✓
Lautstärkeanpassung	✓ (nicht bei Atmos/360RA)	✓ (Fehler bei Alben)	✓ (nicht bei 360RA)	–	–
lückenlose Wiedergabe	✓	✓ (nicht bei ALAC)	✓	–	✓
Offline-Modus	✓	✓	✓	✓	✓
Umzug Titel / Alben / Künstler / Playlists	✓ / – / – / ✓ (kein Export per Soundiiz)	✓ / ✓ / – / ✓ (TMM bereits integriert)	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / – / – / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
werbefinanzierte Version	✓ (nur Radiosender und Playlisten)	–	✓ (bis 128 kbit/s)	–	–
kostenlose Probezeit	3 Monate	3 Monate	3 Monate	30 Tage	1 Monat
<b>Bewertung</b>					
Lossy-Codec / Lossless	⊖⊖ / ⊕⊕	○ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / –	⊕⊕ / ⊕⊕
3D: Atmos / 360RA	○ / ⊖⊖	⊕ / –	– / ⊖⊖	– / –	– / –
Vorschlagsystem	⊖	○	⊕	⊖⊖	⊖
Bedienung	○	⊖	⊕	⊖	⊖
Monatspreise	10 €, Prime-Kunden: 8 €	10 €, Voice-Abo: 5 €	10 €, HiFi: 15 €	10 €, nur Desktop: 8 €	15 €
Familie (6 Personen)	15 €	15 €	15 €, HiFi: 20 €	–	25 €

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



Die Lautheitsanpassung von Tidal kam bei 360RA-Songs jedoch komplett durcheinander und hob etwa „Montero“ von -14,2 LUFS auf -10,2 LUFS an – obwohl dies gar nicht nötig gewesen wäre. Laute Ausschläge wurden gekappt, worunter die Dynamik litt. Beim AAC-Streaming passte die iOS-App 2.34.0 die Lautheit hingegen gar nicht an. Der Anbieter versprach, die Fehler in einem Update zu beheben.

## Kuratierung und Extras

In den Einzelbesprechungen gehen wir auf die unterschiedlichen Konzepte der Anbieter bei der Kuratierung und den Neuanschlägen ein. Die mit Abstand meisten automatisch erstellten Playlists, die sich individuell am Musikgeschmack der Hörer orientieren, findet man bei Spotify. Dürftig sind hingegen die Individualisierungen von Amazon, Napster und Qobuz, die jeweils nur eine einzige Liste generieren.

Außer Songs bieten Amazon, Apple, Tidal und YouTube auch Musikvideos und zuweilen auch Live-Mitschnitte an – das Angebot ist hier recht ähnlich. Hörbücher

und -Spiele findet man wiederum bei Deezer, Napster, Spotify und Tidal. Besonders praktisch ist hier Deezer, die eine eigene App für Hörbücher anbieten, sodass Buch- und Musiklisten nicht durcheinander geraten. Die App merkt sich etwa den jeweiligen Lesefortschritt, selbst wenn Sie mehrere Hörbücher wechseln.

Wer außer dem Streamingangebot auch gekaufte Alben einbinden will, kann bei Apple und Deezer Songs von der eigenen Festplatte hochladen. Amazon und Qobuz binden ihre jeweiligen Käufe in die Streaming-Apps mit ein.

Bei der Wiedergabe von nahtlosen Konzept- und Live-Alben patzten drei Anbieter: Bei Napster und YouTube waren stets kurze Lücken zwischen den Songs zu hören. Apple schaffte die lückenlose Wiedergabe nur beim AAC-Streaming und hob ungewollt die Lautheit leiserer Stücke an, wenn die Lautstärkeanpassung aktiv war.

## Klangbewertung

3D-Musik klingt klasse ... wenn Sie ein großes Lautsprecher-Setup mit dem richtigen

Zuspieler besitzen, der gewünschte Song mit Sorgfalt in 3D gemischt wurde und Sie ihn bei den Diensten überhaupt finden. Die Streaminganbieter machen es Musik-Fans aber extrem schwer: Die Auswahl an 3D-Songs ist nicht nur mickrig; die Stücke sind auch kaum zu finden, oftmals falsch ausgezeichnet und stolpern über falsche Lautheitsanpassungen – vom Formatzank zwischen Dolby und Sony ganz zu schweigen.

Klangliche Unterschiede zwischen beiden Formaten treten vor allem bei der Wiedergabe über Kopfhörer hervor: Im Vergleich zu den Stereo-Versionen klangen 360RA-Songs dünn und blechern, Atmos-Stücke hingegen meist voller und wuchtiger.

Vom Lossless-Streaming profitieren in erster Linie Kunden von Apple und vor allem Amazon, dessen komprimierte Formate klangliche Defizite aufwiesen. Bei Spotify und YouTube ist die Klangqualität hingegen gut genug, sodass wir das fehlende Lossless-Streaming kaum vermissen. Ähnliches gilt für Tidal und vor allem Deezer, bei denen sich die Aufpreise der Lossless-Abos aufgrund der guten komprimierten Streamingqualität wenig lohnen.

## Fazit

Bei der Entscheidung für den besten Streaming-Dienst sollten Sie abseits der Klangbewertung im vorigen Abschnitt auf die Verfügbarkeit der Apps für Ihren Gerätepark, eine flotte Bedienung sowie Vorschläge neuer Musik achten. Marktführer Spotify hat in diesen Punkten gegenüber der Konkurrenz die Nase vorn: Die Apps sind auf vielen Plattformen verfügbar, funktionieren weitgehend fehlerfrei und erlauben einen Playlist-Tausch mit Künstlern und einer großen Community.

Wer Musik abseits ausgetretener Pfade sucht, findet bei Tidal tolle Anregungen. Sind Sie als Klassik- oder Jazz-Fan auf der Jagd nach bestimmten Aufnahmen einzelner Label, werden Sie mitunter bei Qobuz fündig – wenn Sie lange genug suchen. Hören Sie außer Musik auch gerne Geschichten, ist Deezer mit seiner separaten Hörbuch-App eine gute Wahl, zumindest wenn die Anmeldung nicht klemmt.

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

## Literatur

- [1] Hartmut Gieselmann, Musik im Reißwolf, Wie Streaming-Dienste den Klang verändern, c't 7/2019, S. 64
- [2] Hartmut Gieselmann, Magisches Rauschgift, Was man jenseits von CD-Qualität hören kann – und was nicht, c't 7/2019, S. 70

Spotify	Tidal	YouTube Music
Spotify AB, Schweden	Aspiro AB, Norwegen / Square Inc, USA	Google, USA
✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / – / ✓ (Web nur AAC)	– / – / – / ✓
✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓ / –
über 70 Millionen Songs	über 80 Millionen Songs	keine Angabe
OGG Vorbis (24/96/160/320 kbit/s), Web (AAC bis 256 kbit/s)	AAC (96/320 kbit/s)	AAC (48/128/256 kbit/s)
–	FLAC (1411 kbit/s)	–
–	MQA (bis 9216 kbit/s)	–
–	Apple TV / Fire TV / Android (Kopfhörer)	–
–	Android, iOS (Kopfhörer)	–
✓	✓	–
– / –	✓ / ✓	✓ / ✓
✓ / ✓	✓ / ✓	– / –
–	–	–
34 Listen, je bis zu 100 Songs	9 Listen, je 40 Songs	12 Listen, je bis zu 100 Songs
✓	–	✓
✓ (3 Modi)	✓ (nicht bei AAC, Fehler bei 360RA)	–
✓	✓	–
✓	✓	✓
✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / – / – / 10 pro Tag
✓ (bis 128 kbit/s)	–	✓ (bis 128 kbit/s)
3 Monate	90 Tage	30 Tage
⊕ / –	⊕ / ⊕⊕	⊕ / –
– / –	○ / ⊕⊕	– / –
⊕⊕	⊕⊕	⊕
⊕⊕	○	⊖
10 €	10 €, HiFi: 20 €	10 €, YouTube Premium: 12 €
15 €	15 €, HiFi: 25 €	15 €

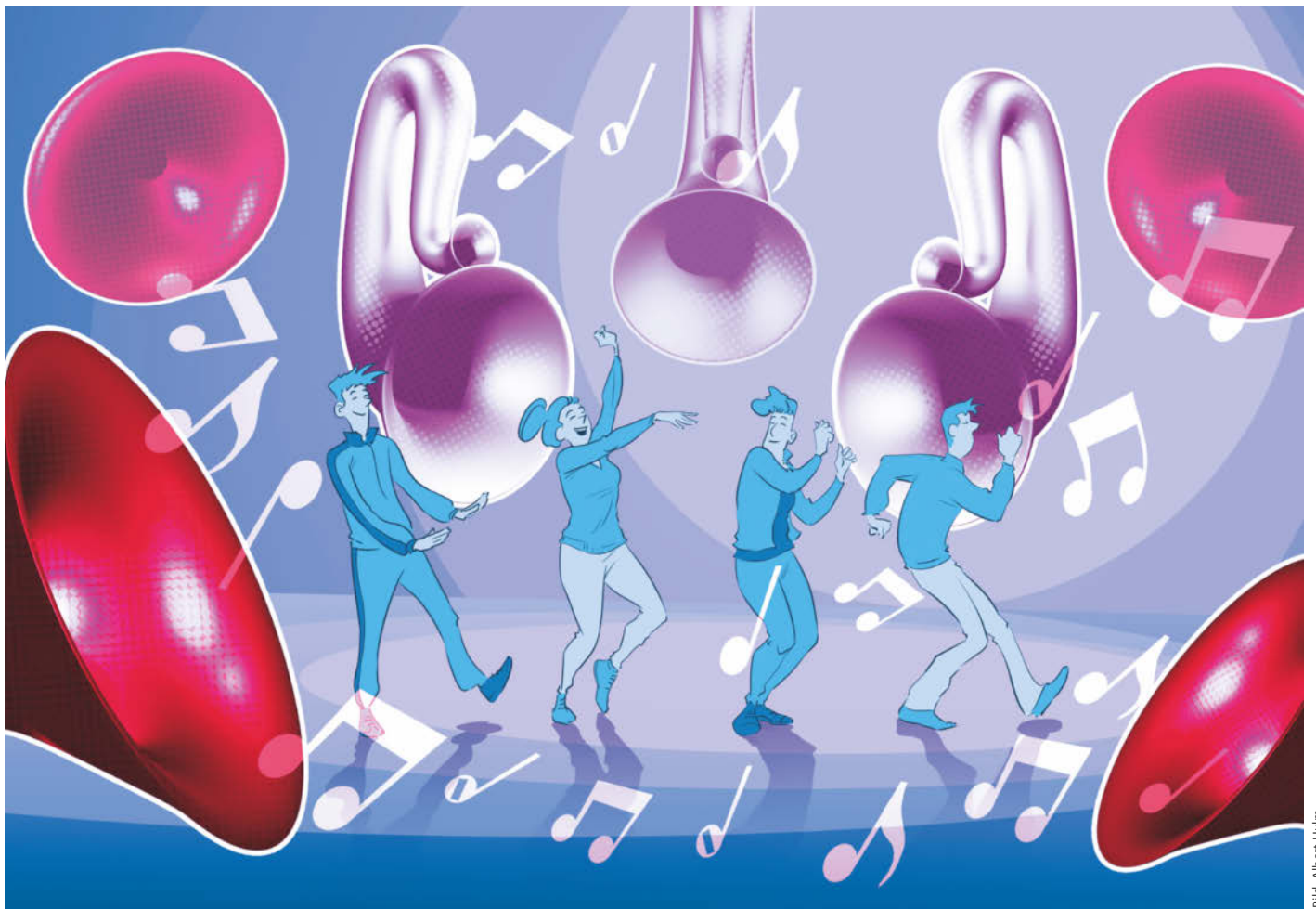


Bild: Albert Huin

# Klang-Collagisten

## Vier 3D-Lautsprecher für Dolby Atmos und 360 Reality Audio

**Musikstreamingdienste sind erwachsen geworden. War bisher die unkomprimierte „CD-Qualität“ das Maß aller Dinge, steht nun der Aufbruch in neue Klangwelten auf dem Plan. Mit kompakten 3D-Lautsprechern lassen sie sich besonders bequem erschließen.**

Von Sven Hansen

Nachdem Spotify mit seiner Musik-Flat in komprimierter Qualität die Hörgewohnheiten der weltweiten Kundschaft auf den Kopf gestellt hat, versuchen andere Anbieter, dem klanglichen Einerlei des Branchenprimus etwas entgegenzusetzen: höhere Audioqualität und 3D-Musikformate.

Um in den Genuss der neuen klanglichen Vielfalt zu kommen, braucht man geeignete Abspielgeräte. Neben dem privaten Konsum über Kopfhörer spielen Aktivlautsprecher hierbei eine entscheidende Rolle, da sie in vielen Haushalten als Radioersatz oder in Kombination mit einem Sprachassistenten einen festen Platz haben.

Vier vernetzte Aktivlautsprecher mit 3D-Funktion stehen im Fokus dieses Artikels. Trotz kompakter Bauweise spielen sie 3D-Musik in den gängigen Formaten

Dolby Atmos oder Sonys 360 Reality Audio (360RA) ab.

Aus Amazons Echo-Serie gab es anfangs nur auf die Sprachassistentin Alexa zugeschnittene „Sammelbüchsen“ mit minderer Soundqualität. Mit dem 3D-fähigen Echo Studio will Amazon auch Kunden mit klanglich höheren Ansprüchen gefallen.

In die gleiche Kerbe schlägt Sony mit den SRS-RA3000. Die Japaner haben das Thema 3D-Musik mit dem hauseigenen Format 360RA nach vorne gebracht. Sony Music liefert als Label entsprechende Inhalte, der RA3000 ist das dazu passende Abspielgerät, das ein besonders räumliches Musikvergnügen verspricht.

Mit im Test sind auch zwei Mini-Soundbars. Eigentlich sollen sie unter dem TV ihr Dasein fristen und Filme mit ordentlichem Kinosound untermalen. Opulenter 3D-Sound liegt den Geräten im Blut, doch vor



allem die kompakte Bauart machen sie auch als Solo-Abspieler für 3D-Musik interessant. Von Denon kommt die Sound Bar 550, die zum vernetzten Musiksystem Heos gehört. Mit dabei ist auch die Soundbar Sonos Beam, die mit der zweiten Generation nun Dolby Atmos versteht. Einen ausführlichen Test zur Beam, der über den Aspekt der 3D-Musik hinausgeht, finden Sie auf Seite 91.

## Wo spielt die Musik

Der Amazon Echo Studio kann sich auf den hauseigenen Musikdienst als Quelle stützen. 3D-Musik bekommt man allerdings nur mit einem Abo für Amazon Music Unlimited HD. Der Dienst hat dieser Version sowohl Titel in Dolby Atmos als auch in Sonys 360 Reality Audio im Angebot.

Sony klinkt seinen SRS-RA3000 hingegen in Googles Chromecast-System ein. Der Lautsprecher gibt sich im WLAN als Abspielstation zu erkennen und lässt sich über die Apps von Amazon Music, Tidal, Deezer und Nugs.net mit 3D-Musik in Sonys 360RA-Format beschicken. Ein Gutschein für ein Probeabo bei einem der Dienste liegt dem Lautsprecher bei.

Bei den Soundbars führt derzeit kein direkter Weg zur 3D-Musik. Obwohl sie per WLAN im Netz hängen, muss man die Musik bei beiden Kandidaten via eARC vom HDMI-Anschluss eines TV-Gerätes abzwacken. Die Denon Soundbar kann Atmos-Ton über ihren zusätzlichen HDMI-Eingang auch direkt von einem HDMI-Stick entgegennehmen. Unsere auf einem Smart TV mit Google TV installierte App des Streaminganbieters Tidal streamt Musik in Dolby Atmos auf die Soundbars. Mittelfristig soll auch das direkte Abspielen ohne TV möglich sein, Sonos etwa will Amazon Music HD inklusive 3D-Inhalten im Herbst in die Sonos-App integrieren. Damit entfiel beim 3D-Genuss die Notwendigkeit eines TV-Gerätes.

## Einrichtung

Alle Testkandidaten müssen mit dem heimischen Netz verbunden sein, bevor man sie konfigurieren kann. Bei den Einrichtungsmechanismen hat sich einiges getan. Auf der für Android und iOS kostenlosen App des jeweiligen Herstellers führt ein Assistent Schritt für Schritt durch die Prozedur. Sonos nutzt inzwischen NFC zur Einrichtung, Denons Soundbar versetzt man mit einem Druck auf den Connect-Knopf in den Einstellungsmodus. Die Alexa-App erkennt Amazons Echo Studio automatisch, wenn man Bluetooth aktiviert hat.



Bild: Amazon

**Das Lautsprecher-Setup macht deutlich, warum man von Amazons Echo Studio keinen „rundum 3D-Klang“ erwarten kann. Mit dem nach vorne gerichteten Höhenlautsprecher ist das System klar auf eine Hörposition ausgerichtet.**

Lediglich der SRS-RA3000 geht einen Sonderweg. Zur Einrichtung benötigt man zunächst die „Google Home“-App. Hat man den Lautsprecher im WLAN angemeldet, kann man ihn anschließend mit dem ebenfalls für iOS und Android erhältlichen Sony Music Center aufrufen und konfigurieren.

Alle Lautsprecher bieten Einstellungsmöglichkeiten für den Klang. Sonos liefert die Beam mit aktiviertem Loudness-Effekt aus. Bei Amazon stehen zwar alle Regler auf „null“, der Lautsprecher liefert aber für manchen Geschmack zu viel Wumms, wenn man ihn frisch aus dem Karton gepulst hat – das gilt vor allem für Songs im 3D-Format. Zwar lässt sich der Bassanteil in der Alexa-App über einen dreibandigen Equalizer korrigieren, die Unterschiede im Basspegel zwischen Stereo- und 3D-Versionen einzelner Songs gleicht der EQ aber nicht aus.

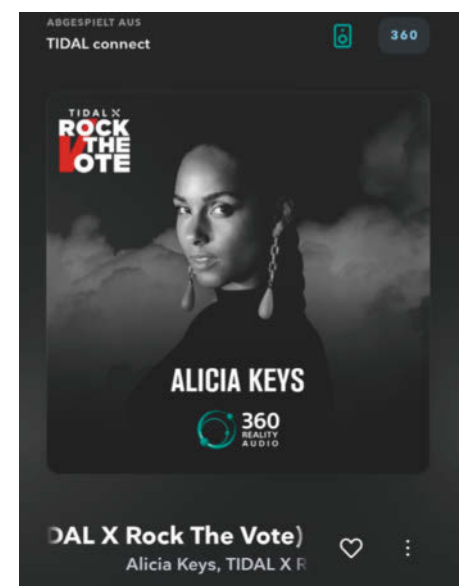
Die Speaker von Amazon und Sony messen sich automatisch ein, sobald man sie in Betrieb nimmt. Dabei sollen sie sich an die Gegebenheiten des jeweiligen Raumes anpassen. Trotz einiger Umstellversuche fiel die jeweilige Anpassung im Test eher moderat aus. Anders bei der Sonos Beam: Der Einmessvorgang führte zu einer deutlich verschobenen Klangcharakteristik, die sich auch im Labor messen ließ. Schlucken Vorhänge auf einer Seite massiv die Höhen, versucht das Gerät die Asymmetrie im Raum durch Anpassungen im Signalweg auszugleichen. Einziger Nachteil: Das Einmessen funktioniert bei

der Beam nicht automatisch über ein integriertes Mikrofon. Stattdessen braucht man ein iOS-Gerät, mit dem man den Raum zu Fuß einmisst, während die Mini-Soundbar Testtöne von sich gibt.

Will man 3D-Musik abspielen, muss man recht unterschiedliche Wege beschreiten. Echo-Lautsprecher bedient man eigentlich meist per Sprache, allerdings fällt die gezielte Auswahl von 3D-Titeln über Alexa noch schwer. Mit der Amazon-Music-App geht das besser. Allerdings fehlt der App die Fähigkeit, von einer 3D- auf eine Stereoversion zu wechseln, falls einem der räumliche Mix nicht gefällt.

Sonys SRS-RA3000 gibt sich im lokalen Netz als Streamingsenke zu erkennen, man spielt ihn also über die App des gewünschten Streamingdienstes direkt an. Man kann das als Vorteil sehen, da man sich nicht mit einer zusätzlichen App befassen muss. Hat man mehrere Dienste am Start, wäre eine zentrale Anlaufstelle in der Sony-App dennoch hilfreich. Als einziges Testgerät zeigt der Speaker den Empfang von Material in 360 Reality Audio auch visuell durch eine farbige LED an, bei den anderen Kandidaten finden sich solche Infos bestenfalls in der App.

Hinter beiden Mini-Soundbars stehen die jeweiligen Apps Sonos und Heos, die Inhalte von unterschiedlichen Streamingdiensten vereinen. Momentan ist in Sachen 3D allerdings nichts zu holen. Die Tidal-App auf dem TV-Gerät ist immerhin gut gemacht, das Blättern in der Cover-



**Die Tidal-App streamt 360RA-Musik über Tidal Connect auf den Sony RA3000.**



Die Denon Sound Bar 550 bietet mit Abstand die meisten Anschlussmöglichkeiten.

Ansicht macht auf dem großen TV mehr Spaß als am Smartphone.

Abseits von 3D-Musik gibt es bei den Kandidaten unterschiedliche Möglichkeiten, Musik zuzuführen. Bis auf die Sonos Beam haben alle einen analogen Eingang, um beliebige Soundquellen über einen Klinkenstecker anzustöpseln, und können Musik über Bluetooth abspielen. Sonos, Denon und Amazon lassen sich digital per SPDIF mit Musik beschicken. Einige Geräte unterstützen alternative Streamingprotokolle wie Spotify Connect, DLNA oder AirPlay (siehe Tabelle).

Insgesamt ist Denons Sound Bar 550 am anschlussfreudigsten. Man kann an der Geräterückseite sogar noch einen USB-Stick mit einer Musiksammlung parken, um ihn abzuspielen und im lokalen Netz für andere Heos-Player verfügbar zu machen.

## Upgrade

Die Geräte von Denon und Sonos lassen sich am einfachsten durch zusätzliche Netzwerklautsprecher erweitern. Sie sind jeweils Teil eines ganzen Musikverteilsystems, sodass sich die Beam mit anderen Sonos-Produkten und die Soundbar 550 mit Speakern aus Denons Heos-Familie ergänzen lassen. Beide Mini-Soundbars kann man zu kompletten 5.1.2-Systemen erweitern, ohne dass man lästige Lautsprecherkabel verlegen müsste. In die „dritte Dimension“ dringt man mit Hardware-Erweiterungen allerdings nicht vor – die Effektkanäle für die Decke lassen sich nicht per Funk an zusätzliche Lautsprecher abtreten.

Auch bei Amazon kann man unterschiedliche Echo-Geräte kombinieren und beispielsweise zwei Echo Studio als Stereosystem aufstellen. Zusammen mit einem Fire TV Cube kann man die Geräte als Heimkino-Setup nutzen und etwa durch den Echo Sub zusätzlich im Bass verstärken.

Am wenigsten Möglichkeiten bietet der Sony SRS-RA3000. Durch die Anlehnung

an Google Home beziehungsweise Chromecast gibt er auf Wunsch immerhin mit anderen kompatiblen Geräten zeitgleich Musik wieder – das funktioniert auch mit Geräten von anderen Anbietern. Ein Aufteilen auf mehrere Speaker zum Aufbau eines Mehrkanalsystems ist indes nicht vorgesehen.

## Klangliches

Bei der Wiedergabe von 3D-Musik ging es uns weniger um möglichst neutralen Klang, vielmehr stand der erwünschte 3D-Effekt im Vordergrund. Da bislang nur wenige ausgewählte Musikstücke im 3D-Format vorliegen, nahmen wir uns die Kandidaten aber auch in einem klassischen Hörtest mit unkomprimierter Musik in Stereo vor.

Generell sollte man beachten, dass es auch beim Anhören von 3D-Musik auf die richtige Hörposition ankommt. Die Hersteller suggerieren mit ihrer Werbung oft ein 360°-Erlebnis im ganzen Raum. Dieses Versprechen konnte keiner der Lautsprecher erfüllen. Ein Blick auf die Anordnung der einzelnen Treiber macht deutlich, warum das so ist.

Die Mini-Soundbars richten ihre Treiber auf das Publikum vor dem TV, wobei die Beam auch nach rechts und links abstrahlt, um Effektkanäle seitlich über Bande spielen zu können. Doch auch die vermeintlich rundum strahlenden Klangtonnen von Amazon und Sony haben eine eindeutige Spielrichtung. Beim Studio strahlt ein Hochtöner nach vorne, zwei Mittel-Hochtöner zu den Seiten. Am kompliziertesten schaut das Innenleben des RA3000 aus: Der nach oben gerichtete Tief-Mitteltöner strahlt gegen einen Sound-Diffusor, der den Klang rundum ablenkt. Die für den 3D-Effekt entscheidenden Höhentreiber sitzen hingegen im Gerätefuß und strahlen über zerlöchernte Sound-Pipes nach vorne ab.

Beim 3D-Hörtest spielen die Soundbars ihre Kino-Gene voll aus. Testhörern



## Amazon Echo Studio

Der Echo Studio ist nicht gerade der hübscheste Netzwerklautsprecher von Amazon. Er steckt in einem dunklen Stoffkleid und schaut recht wuchtig aus. Zwei Studios lassen sich über die Alexa-App als Stereosystem betreiben.

Als Sprachassistent erledigt der dicke Echo alle Aufgaben der kleineren Geschwister. Er hat sogar einen ZigBee-Hub eingebaut, sodass er entsprechende Leuchtmittel von Innr oder Philips Hue direkt per Funk steuert. Auf diese Weise macht sich der Studio auch im Smart Home nützlich.

Der 3D-Eindruck ist für die Gerätegröße überraschend gut. Auch bei der einfachen Stereowiedergabe muss sich der Studio nicht verstecken. In der Grundeinstellung liefert er etwas zu viel Bass – vor allem bei 3D-Songs. Dies lässt sich über die Equalizer-Einstellungen in der Alexa-App leicht korrigieren.

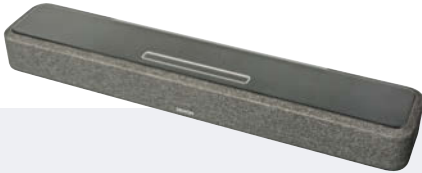
- 👆 Smart-Home-Funktionen
- 👆 guter 3D-Effekt bei kompakter Bauart
- 👆 günstig

Preis: 200 Euro



empfohlen sei die Musik von Billie Eilish. Zusammen mit ihrem Bruder fügt sie die Art von Sound-Collagen zusammen, die sich bestens für das 3D-Format eignen. Ihr Song „Bury a Friend“ ließ über Denons 550er den Testraum zum Leben





## Denon Sound Bar 550

Die Sound Bar 550 von Denon wird auf dem Sideboard kaum als Soundbar auffallen. Sie ist mit dunklem Textilgewebe in etwas unruhiger Jeans-Optik bespannt. Das in der oberen Kunststofffläche eingearbeitete Touchbedienfeld wirkt etwas billig.

Der Klangbalken bietet mit Abstand die meisten Anschlüsse. Zwei HDMI-Buchsen, separate optische und analoge Eingänge, Bluetooth, WLAN, Ethernet und ein USB-A-Port zum direkten Abspielen einer Musiksammlung lassen keine Wünsche offen.

Fürs Heimkino konstruiert, spielt die Sound Bar 550 im 3D-Musikbetrieb ihre Stärken aus und stellte im Hörtest die größte virtuelle Klangbühne in den Raum. Mit der IR-Fernbedienung mit drei Stationstasten lassen sich die Lieblingsradiostationen auch ohne Sprachbefehl aufrufen.

- ↑ raumfüllender 3D-Effekt
- ↑ viele Anschlussmöglichkeiten
- ↓ keine 3D-Musik via Streaming

Preis: 550 Euro



## Sonos Beam Gen2

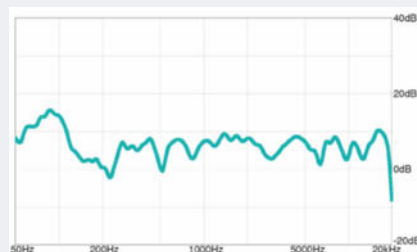
Die Mini-Soundbar von Sonos gibt es in den Farben Schwarz und Weiß. Das strenge Industriedesign passt sich ins moderne Wohnumfeld bestens ein. Mit fein durchsiebten Lautsprechergrittern und dem unsichtbar integrierten Touchbedienfeld schaut die weiße Beam edel aus.

Die Mini-Soundbar lässt sich als Sprachassistent nutzen und kann als einziges Gerät im Test Alexa oder Google Home integrieren. Ansonsten ist die Sonos-App die zentrale Anlaufstelle. Mit ihr lassen sich beliebige Streamingabos verknüpfen. Das direkte Streamen von 3D-Inhalten ist für Ende des Jahres angekündigt.

Dank der Trueplay-Einmessung passt sich die Soundbar auch an widrige Abspielumgebungen bestens an und lieferte bei Stereomusik den besten Sound im Test. Die 3D-Performance ist ebenfalls hörensenswert.

- ↑ breiter 3D-Effekt
- ↑ dualer Sprachassistent
- ↓ 3D-Musik nur über TV

Preis: 500 Euro



## Sony SRS-RA3000

Den SRS-RA3000 gibt es in dezenterem Grau oder in der gewagteren Kombination aus brauner Stoffbespannung und bronzenen Lautsprechergrittern aus Metall. Das Design gefällt, die Verarbeitung ist makellos – so soll es sein.

Wer den vollen Funktionsumfang nutzen möchte, muss mit Google Home und Sonys Music Center zwei Apps am Start haben. Die detaillierten Einstellungen zur Soundjustage oder zum Energiesparen findet man nur in der Sony-App.

Der 3D-Eindruck ist enttäuschend, selbst wenn man sich ordentlich vor dem Gerät platziert und die Ohren spitzt. Bei einfacher Stereomusik schlägt sich der RA3000 wacker, solange man ihn nicht aufdreht. Steht der Wunsch nach 3D-Sound im Vordergrund, sollte man den RA3000 überspringen und sein Glück beim großen Bruder RA5000 versuchen.

- ↑ solide Verarbeitung
- ↓ kaum wahrnehmbare Räumlichkeit
- ↓ Klangeinbruch bei hoher Lautstärke

Preis: 300 Euro

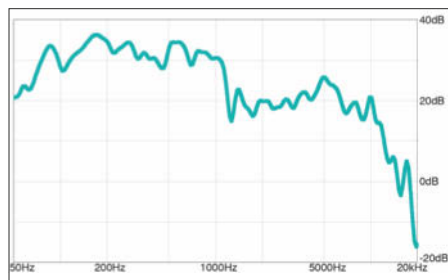


erwachen. Die Atmos-Version spielte zwar nicht bis über die Köpfe der Zuhörer, verteilte aber einzelne Soundeffekte und Geräusche wie auf einer großen Leinwand über die gesamte Breite und Höhe des Raumes. Ähnlich breit spielte

nur die Sonos Beam auf. Der Echo Studio schaffte es immerhin noch, die Musik deutlich hörbar in einem Radius von 1,5 Meter um den Speaker zu verteilen. Gerne hätten wir die Atmos-Testsongs auf dem RA3000 genossen, dieser spielt

jedoch ausschließlich 3D-Musik mit Sonys 360RA.

Da der Echo Studio beide Formate wiedergibt, ließ er sich im A/B-Test mit dem RA3000 vergleichen. Dabei überzeugte Sonys 3D-Lautsprecher in keiner



**Größte Schwäche des Sony SRS-RA3000:** Bei voller Lautstärke bricht die Bass- und Höhenwiedergabe ein.

Musikdisziplin. Ob Klassik, Jazz, Pop oder Elektronik: Der dreidimensionale Eindruck blieb fast komplett aus. David Bowies „Space Oddity“ klang kurios, da sich eigentlich begleitende Soundelemente beim RA3000 in der 3D-Version unschön nach vorne drängten und Bowie im entstehenden Klangwust fast unterging.

Der SRS-RA3000 leistet sich zudem eine eklatante Schwäche – selbst bei der Stereowiedergabe. Dreht man ihn auf, brechen Bässe wie Höhen komplett ein und der Edellautsprecher plärrt nur noch unschön vor sich hin. Bei der einfachen Stereowiedergabe stach die Sonos Beam hervor. Ihren Klang kann man spätestens nach einer Trueplay-Justage als annähernd neutral bezeichnen. Wer viel Musik mit hohem Anteil an natürlichen Instrumenten hört, weiß das zu schätzen.



Die Sony-Ingenieure treiben viel Aufwand für die Verteilung der Höhen. Sie werden aus dem Geräteboden über perforierte Sound-Pipes aus dem Gerät geführt.

## Fazit

Ob 3D-Musik mehr als nur ein Modegag ist, wird sich erst zeigen müssen. Wie viel Spaß man in den neuen Klangräumen haben kann, hängt vor allem von dem Menschen am Mischpult ab. Stecken Künstler ihre volle Kreativität in den Mix, bekommt man recht erstaunliche Klingeindrücke ins Wohnzimmer geliefert.

Um Sonys Einstiegslautsprecher sollte man lieber einen Bogen machen, wenn man 3D-Musik hören möchte. Von einem 3D-Sound-Pionier darf man mehr erwarten. Amazons Echo Studio liefert als günstig-

stes Gerät im Test einen überraschend guten 3D-Eindruck und viele Zusatzfunktionen. Wer ihn zu den wiederkehrenden Amazon-Aktionstagen ergattert, kann beim Kauf kaum etwas falsch machen.

Die Soundbars von Denon und Sonos schafften es im Test, das Maximum aus den dreidimensionalen Abmischungen herauszukitzeln, wobei die Denon 550 die Nase knapp vorne hat. Beiden fehlt es an der 3D-Integration in die Streaming-Apps, um den derzeit obligatorischen Fernseher als Abspieler überflüssig zu machen. (sha@ct.de) **ct**

## 3D-Lautsprecher

Modell	Echo Studio	Sound Bar 550	Beam Gen2	SRS-RA3000
Hersteller	Amazon	Denon	Sonos	Sony
<b>Hardware</b>				
Firmware	5805753988	1.583.530	13.3.1	1.12
Treiber	1 Hochtöner 25 mm, 3 Mitteltöner 51 mm, 1 Tieftöner 133 mm	2 Hochtöner 19 mm, 4 Fullrange 55 mm	1 Hochtöner, 4 Tief-Mitteltöner	2 Hochtönerlautsprecher-einheiten, 1 Breitbandlautsprecher
USB	✓ (Micro-USB für Zubehör)	✓ (USB-A für Medien)	–	–
Aux-In	3,5 mm Klinke	3,5 mm Klinke	–	3,5 mm Klinke
SPDIF	✓	✓	✓ (über HDMI-Adapter)	–
HDMI out / in	– / –	✓ (eARC) / ✓	✓ (eARC) / –	– / –
<b>Funktionen</b>				
Sprachassistent	Alexa	Alexa	Alexa, Google Home	– (nur indirekt via Google Assistant und Alexa)
Einmessung	automatisch	–	manuell (Trueplay)	automatisch
App	Alexa	Heos	Sonos	Sony Music Center, Google Home
Fernbedienung	–	IR	–	–
<b>Konnektivität</b>				
WLAN / LAN	Wi-Fi 5 (2,4 GHz / 5 GHz) / – (nur über Adapter)	Wi-Fi 5 (2,4 GHz / 5 GHz) / ✓	Wi-Fi 5 (2,4 GHz / 5 GHz) / –	Wi-Fi 4 (2,4 GHz / 5 GHz) / –
Bluetooth (Protokoll)	✓ (Bidirektional A2DP, AVRCP)	✓ (A2DP, AVRCP)	–	✓ (A2DP, AVRCP)
Codec	SBC	SBC	–	SBC, AAC
Chromecast / Airplay	– / –	– / ✓	– / ✓	✓ / ✓
Spotify Connect / UPnP-AV (DLNA)	✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / –
kombinierbar zu Stereo- / 5.1-System	✓ / –	– / ✓	– / ✓	– / –
<b>Sound-Formate</b>				
SD (komprimiert)	MP3, AAC, Opus, Ogg Vorbis	MP3, AAC, WMA	MP3, AAC, WMA, M4A, Ogg Vorbis	bis 320 kBit/s (nur Streaming)
HD (verlustfrei)	FLAC	FLAC, WAV, ALAC	FLAC, ALAC, AIFF, WAV	bis 8 Bit / 44 kHz (nur Streaming)
Higres-Formate	bis 24 Bit / 192 kHz (nur Streaming)	24 Bit / 192 kHz (FLAC, WAV, ALAC), DSD 2,8 / 5,6 MHz	24 Bit / 192 kHz (FLAC, ALAC)	–
3D-Musikformate	Dolby Atmos, 360 Reality Audio	Dolby Atmos	Dolby Atmos	360 Reality Audio
<b>Messungen</b>				
Abmessung	17,5 cm × 20,5 cm × 17,5 cm	7,5 cm × 65 cm × 12 cm	65 cm × 7 cm × 10 cm	24,5 cm × 14,5 cm × 15 cm
Standby-Verbrauch	5,6 W	3,1 W	4,8 W	1,1 W
<b>Bewertung</b>				
Bedienung	⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊖
Klang 3D / 2D	○ / ○	⊕⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊖⊖ / ⊖
Konnektivität	○	⊕⊕	⊕	○
Preis	200 €	650 €	500 €	300 €
✓ vorhanden — nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht				



# 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**



# Tiefschwarzer Künstler

## LGs erster 4K-Monitor mit OLED-Display

**Der 32-Zoll-Monitor LG 32EP950 nutzt ein farb- und kontraststarkes OLED-Display. Er wendet sich an Kreative, die HDR-Inhalte in 4K bearbeiten möchten.**

Von Benjamin Kraft

**O**LED-Anzeigen erzielen mit ihren selbstleuchtenden und einzeln ansteuer- und abschaltbaren Pixeln ein tiefes Schwarz und enorm hohe Kontraste. Man kennt sie von Fernsehern, auch in Notebooks hält diese Displaytechnik vermehrt Einzug und nun auch auf dem Desktop. LGs erster OLED-Monitor heißt mit vollem Namen UltraFine Display OLED Pro 32EP950-B und richtet sich an professionelle Anwender.

Er ist der zweite Anlauf nach dem hierzulande nie erhältlichen 4K-OLED UP3017Q von Dell, diesmal etwas größer und HDR-erprobt. Der LG-Monitor bringt

zwei DisplayPorts der aktuellen Generation 1.4 mit, einen HDMI-2.0-Port und eine USB-C-Buchse, die DisplayPort-Signale überträgt, bis zu 90 Watt Leistung liefert und auch den USB-3.0-Hub mit seinen drei Ports anbindet. Alternativ lässt sich der Hub auch über ein konventionelles USB-Kabel anschließen.

Der Bildschirm lässt sich an sehr stabilen Metallständer in der Höhe verstellen, neigen und im Hochformat nutzen und so gut an die Sitzposition des Nutzers anpassen. Zur Seite drehen kann man den Monitor auf dem sichelförmigen Fuß nicht. Unschön: Die Mechanik, an der das Display in den Ständer eingeklinkt wird, hat Spiel. Zieht man das Steuerkreuz des Bildmenüs unter dem Displayrahmen nach vorn und lässt dann los, klappt auch das Display mit einem Klacken zurück. Schiebt man die Anzeige mit Druck gegen den unteren Rahmen hoch, knistert und knackt es im Gehäuse. Das passt überhaupt nicht zum Gerätepreis von 3250 Euro. Gleiches gilt für das Design: Schlicht mag in einem kreativen Umfeld gewünscht sein, um Ablenkungen zu vermeiden, doch dieser 3000-Euro-Monitor sieht eher aus wie ein Budget-Modell.

Der 32EP950 erfüllt die HDR-Standards HDR10 und VESA DisplayHDR 400 und enthält HDR-Presets für die Farbräume DCI-P3 und BT.2100. Laut Hersteller unterstützt er mittels externem Messgerät die Kalibrierung in Hardware, deren Ergebnis in einem dafür vorgesehenen Bildmenü gespeichert wird. Mit welchen Kalibriergeräten das funktioniert, verschweigt LG und lieferte uns auch auf Nachfrage keine Antwort. Der Support-Bereich auf der Produktseite im Netz enthielt bis zum Redaktionsschluss nichts: kein Handbuch, keine Kalibriersoftware, keine Kompatibilitätsliste, keine Treiber für Windows oder macOS. Auch das Tool OnScreen Control, um den Bildschirm in Zonen für Programmfenster zu unterteilen, und die KVM-Software Dual Controller konnten wir nirgends finden, obwohl sie zum Lieferumfang gehören sollen. Es liegt zwar eine CD im Karton, diese enthält aber nur PDFs mit Produktwarnungen in verschiedenen Sprachen und den Acrobat Reader. Auf Anfrage riet LG uns, die Tools von den Download-Seiten anderer Displays zu besorgen, etwa dem LG 35WN75C-B.

### Bildqualitäten

Beim Bild gerät nicht nur das ungeschulte Auge schnell ins Schwärmen: Das Schwarz



ist, wie bei einem OLED zu erwarten, abgrundtief, der In-Bild-Kontrast demzufolge enorm, die Farben sehr satt, die Ausleuchtung vorbildlich gleichmäßig: Die Abweichung von der Bildmitte liegt bei 5 Prozent, die Abweichung vom Mittelwert bei nur 3 Prozent – das schaffen nur wenige Monitore. Farbverläufe gelingen dem 10-Bit-Panel stufen- und streifenfrei. Per Monitor-menü wechselt man das Farb-Preiset, um zwischen den weiten Farbräumen DCI-P3 und AdobeRGB für die professionelle Bildbearbeitung umzuschalten oder auf den auf Webseiten gebräuchlichen sRGB zu begrenzen. Laut unseren Messungen wird der jeweils gewählte Farbraum exakt abgebildet.

Auch für den Gammawert und die Farbtemperatur gibt es Einstellmöglichkeiten. Die Farbabstimmung dürfen Anwender aus sechs statt drei Grundfarben mischen. Der Leuchtdichteregelbereich reicht ohne HDR-Modus von 20 bis 260 cd/m<sup>2</sup>, in den beiden HDR-Modi bis 575 cd/m<sup>2</sup>, wenngleich nicht auf voller Displayfläche, sondern bei 10 Prozent Weißanteil. Werte für schirmfüllendes Weiß sieht der VESA-Standard DisplayHDR 400 aber auch gar nicht vor.

Perfekt sind das Display und seine Elektronik nicht. Die Blickwinkel sind ausreichend groß, doch bei seitlichem Blick aufs Display erhält Weiß ab etwa 45 Grad einen zunehmenden Blaustich. Und obwohl das Display per se mattiert ist, reflektiert es die Umgebung stärker, als man es beispielsweise von matten IPS-Panels ge-

wohnt ist – vor allem bei schwarzem Bildschirminhalt sieht man sich und das unmittelbare Umfeld diffus und angedeutet gespiegelt im Monitor.

Prinzipiell lässt sich die Interpolation abstellen, sodass kleinere Auflösungen auf dem Display in Originalgröße unverzerrt, aber mit schwarzem Rand dargestellt werden. Allerdings klappte das in unseren Versuchen selten wie gewünscht: 1920 × 1080 zog die Monitorelektronik beispielsweise stets auf die volle Fläche, 1280 × 720 zeigte das Display korrekt 1:1 mit breitem schwarzem Rahmen, zumindest wenn das Bild von Windows oder Linux zugespielt wurde. Am Mac angeschlossen nahm jede gewählte Auflösung stets die volle Bildfläche ein.

Probleme bereitete dem Bildschirm ein Testbild aus der von der VESA entwickelten Windows-App „DisplayHDR Test“, die im Microsoft-Store von Windows 10 zum kostenlosen Download bereitsteht. Es besteht aus konzentrischen, abwechselnd schwarzen und weißen Kreisen, doch manchmal bildeten sich entlang der Horizontal-, Vertikal- und Diagonalachsen ovale Moirémuster (siehe Bild S. 80). Zunächst traten sie nur in einem der HDR-Presets auf, später aber auch, wenn HDR weder in Windows noch per Bildmenü aktiviert war.

### Hell macht durstig

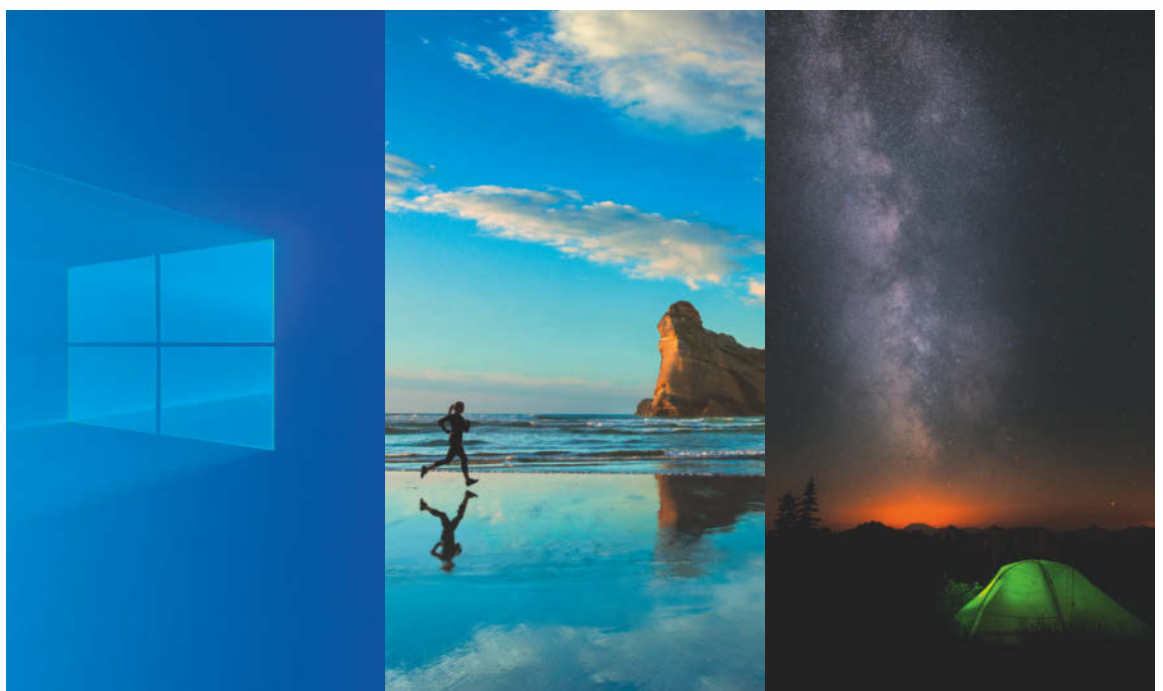
Die Leistungsaufnahme hängt bei OLED-Monitoren maßgeblich vom Bildschirm-

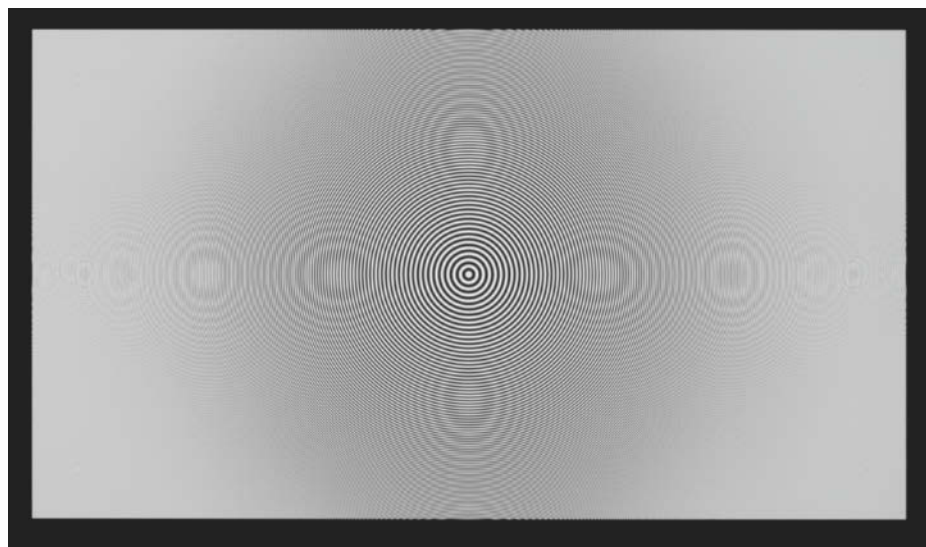


**Der USB-C-Port im OLED-Monitor überträgt Videodaten und lädt angeschlossene Mobilgeräte mit bis zu 90 Watt.**

inhalt ab. Das ist beim konventionellen LCD-Monitor mit LED-Backlight anders, da diese auf ganzer Fläche leuchten und dunkle Bereiche nur vom Flüssigkristall abdunkelt werden. Die selbstleuchtenden Pixel des OLEDs strahlen hingegen nur dort, wo sie gebraucht werden und auch nur so hell wie nötig. Deshalb wirkt sich bereits die Anzahl der (hellen) Fenster und das Desktophintergrundbild auf den Energiebedarf des OLEDs aus.

**Die Leistungsaufnahme beim OLED-Display hängt vom Bildinhalt ab: Bei 120 cd/m<sup>2</sup> maßen wir mit dem blauen Standard-Desktopbild von Windows 10 etwa 32 Watt, die Strandjoggerin brachte es auf 29 Watt. Nächtliches Campen war mit 18 Watt am sparsamsten.**





Bei diesem Testbild aus der Windows-App „DisplayTest HDR“ mit konzentrischen schwarzen und weißen Kreisen zeigte LGs OLED-Display unerwünschte Moirémuster.

Wir haben die Leistungsaufnahme wie üblich bei einer als ergonomisch geltenden Leuchtdichte von 120 cd/m<sup>2</sup> gemessen, dabei aber verschiedene mitgelieferte Windows-Hintergrundbilder und Bildinhalte eingestellt. Mit dem standardmäßigen blauen Hintergrundbild von Windows 10 maßen wir 32 Watt. Stellten wir das Motiv mit der Joggerin am Strand ein, waren es nur 29 Watt und mit dem grünen Zelt unter dem Sternenhimmel reduzierte sich die Leistungsaufnahme auf 18 Watt. Außerdem loteten wir noch die Extreme aus, indem wir ein schirmfüllendes Schwarz oder Weiß anzeigen ließen. Ergebnis: 16 respektive 48 Watt.

Im HDR-Modus mit voller Helligkeit stieg die Leistungsaufnahme beim blauen Standardhintergrund, der Strandjoggerin und dem vollflächigen Weiß auf bis zu 83 Watt, was offenbar das Maximum darstellt. Für das Zelt unterm Sternenhimmel brauchte das OLED hingegen nur 20 Watt.

Aus Neugier ermittelten wir auch noch die mittleren Schaltzeiten für das Panel. Eigentlich spielen die keine Rolle, denn LG beschränkt die Bildwiederholfrequenz des DTP-Monitors auf 60 Hertz. Für die schaltet das Display locker flott genug; es hätte noch Reserven für 100 Hertz.

Bei der Messung stellten wir fest, dass das OLED offenbar auch per Pulsweitenmodulation geregelt wird. Die Helligkeitsstufen kommen demnach nicht nur dadurch zustande, dass die Pixel stärker oder schwächer leuchten. Zusätzlich werden sie

länger oder kürzer angeschaltet, was das menschliche Auge aufgrund seiner Trägheit als unterschiedliche Helligkeiten wahrnimmt. Damit ist der 32EP950 theoretisch nicht flimmerfrei, doch im Praxistest bemerkten wir davon nicht.

### Kein Brand

Organische Leuchtschichten haben eine begrenzte Lebensdauer, die sich umso schneller verkürzt, je heller sie leuchten müssen. Bei frühen Produktgenerationen gab es daher große Sorge um Einbrenneffekte, wie man sie von Plasma-TVs und frühen LC-Displays kennt: Zeigt das Display lange unverändert dasselbe Bild, bleiben Konturen als Geisterbilder zurück.

Prinzipiell besteht die Einbrenngefahr immer noch, etwa bei der Taskleiste von Windows oder dem Apple-Menü bei Macs. Jedoch versucht LG, dem Einbrennen mit einigen Funktionen entgegenzuwirken. So ist ab Werk die „Umschaltfunktion“ aktiviert. Das Panel besitzt nicht nur die für 4K-Auflösung benötigten 3840 × 2160 Pixel, sondern 3856 × 2176. Darin verschiebt seine Elektronik das Bild alle fünf Minuten unmerklich um ein Pixel nach links, rechts, oben oder unten. Die Umschaltfunktion ist ab Werk aktiviert. Mit ihr entstehen keine scharfen Geisterkonturen, falls sich die helle Windows-Leiste im Laufe der Zeit doch ein wenig einbrennt.

Außerdem dimmt die Displayelektronik den Bildschirm, wenn sich länger nichts darauf bewegt, und schaltet es nach

einiger Zeit schwarz. Das klappt sogar dann, wenn der Monitor am Notebook angeschlossen ist und man nur an dessen Display arbeitet. Kaum zieht der Cursor aber wieder auf der externen Anzeige seine Kreise, wacht diese blitzschnell wieder auf.

### Fazit

LG ist mit dem UltraFine Display OLED Pro 32EP950 ein Monitor gelungen, der über weite Strecken begeistert. Ein OLED dieser Größe gab es für den Desktop bislang nicht, selbst Konkurrenten mit Mini-LED-Backlight sind noch rar und mindestens ebenso teurer. Schade, dass LG das Display in ein so mittelmäßiges Gehäuse steckt und obendrein vergisst, wichtige Software mitzuliefern oder wenigstens zum Download bereitzustellen.

An Ausstattung, Farbdarstellung, Einstellungsmöglichkeiten und erst recht dem Kontrast gibt es dagegen nichts auszusetzen. Für die Video- und Bildbearbeitung ist der ultrahochoflösende Pro 32EP950 deshalb eine sehr gute Wahl, vor allem, wenn es um HDR-Inhalte geht.

(bkr@ct.de) **ct**

## UltraFine Display OLED Pro 32EP950-B

4K-Monitor mit OLED-Display und erweitertem Farbraum	
Hersteller, URL	LG, lg.de
Displaydiagonale / Auflösung (Pixel/dichte)	31,5" (80 cm) / 3840 × 2160 (139,9 dpi)
Paneltyp / Seitenverhältnis / maximale Bildwiederholfrequenz	OLED / 16:9 / 60 Hz
Bildpresets / HDR-Standards	Anwender, BT.2020, BT.709, P3-D65, HDR P3-D65 (PQ), HDR BT.2100 PQ, AdobeRGB, sRGB, Kalibrierung / HDR10, DisplayHDR 400
Farbtemperatur / Gamma	5000 K, 5500 K, 6000 K, 6500 K, 7000 K, 7500K, 8000K, 8500 K, 9000 K, 9300 K, 10000 K / 1,8, 2,0, 2,2, 2,4, 2,6, PQ
Anschlüsse	HDMI 2.0, 2 × DisplayPort 1.4, USB-C (inkl. DisplayPort 1.4, USB-PD 90 W), USB-Hub (3 Ports), Kopfhörerbuchse
Lieferumfang	Kabel: HDMI, DisplayPort, USB-C, USB, USB-A-C-Adapter, Netz (plus Verlängerungskabel); externes Netzteil; Kurzanleitung
Maße (B × H × T) / Gewicht	72,5 cm × 50,5–62 cm × 24 cm / 5,3 kg
Leistungsaufn. Soft-off / Standby / Betrieb <sup>1</sup> / max. Hell.	0,3 W / 0,8 W / 31,5 W / 46,87 (82,67 <sup>2</sup> ) W
Leuchtdichteregulierungsbereich	20 ... 260 (575 <sup>2</sup> ) cd/m <sup>2</sup>
Kontrast	nicht messbar
Preis / Garantie	3250 € / 24 Monate (send-in)
<sup>1</sup> bei 120 cd/m <sup>2</sup> , Standard-Windows-Hintergrundbild	
<sup>2</sup> in HDR-Presets	



# Das Magazin von Fotografen für Fotografen



## Porträtfotograf und c't Fotografie-Autor

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

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

Tilo Gockel, Fotopraxis.net

© Tilo Gockel

## 2 x c't Fotografie testen

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

**c't Fotografie**

**Wald  
erleben**  
Fantastische Motive  
zwischen Licht  
und Schatten

**ZUSATZMATERIAL**  
Bilder & Texte  
Wald und Sonne 192  
• **Vollversion**  
Komplett-Paket  
• **E-Book & Video**  
• **Roboter-Aktoren**  
• **Portraitlicht** • **TopShots** • **Kalender**



+



Jetzt bestellen:

[www.ct-foto.de/miniabo](http://www.ct-foto.de/miniabo)



## Folgsame Lichtschlange

**Die Videoleuchte Streamer von GLP lässt sich per App am PC und im Browser einstellen oder am externen USB-Netzteil betreiben. So viel Flexibilität hat ihren Preis.**

Im Inneren des pulverbeschichteten Aluminiumgehäuses hat Hersteller German Light Products LED-Gruppen aus kaltweißen, warmweißen und gelb leuchtenden Dioden verbaut. Deren Mischverhältnis und Lichtstrom kann in der zugehörigen App festgelegt werden.

Die App für Windows und macOS ist simpel gehalten, alle Funktionen sind aus dem Hauptmenü schnell erreichbar. Das Alleinstellungsmerkmal des Streamers liegt in der Möglichkeit, Farbtemperatur und Lichtstärke sowohl in der App einzustellen als auch über das Internet fernzusteuern – etwa wenn Producer und Protagonist nicht im selben Raum sitzen. Dazu muss die Lampe mit dem PC verbunden und per App die Fernsteuerung initiiert worden sein – die nötige ID findet sich in der Desktop-App unter „Streamer fernsteuern“. Jede Lampe besitzt eine achtstellige ID, die letzten vier Ziffern lassen sich ändern.

Die Leuchte benötigt am USB-Port des PC bis zu 1,4 Ampere. Stellt die USB-Buchse weniger Strom zur Verfügung, als die Lampe in einem Preset benötigt, schaltet sie sich aus – beispielsweise an USB-2.0-Ports bei Auswahl des Preset 4, in dem sämtliche LEDs leuchten. Wurde die Leuchte per „Gerät suchen“ von der App identifiziert, übernimmt sie die Helligkeitseinstellungen und Mischverhältnisse unverzüglich.

Alternativ funktioniert die Leuchte ganz ohne App am externen USB-Netzteil. Dazu hat GLP vier Presets definiert, vier

weitere Modi lassen sich im Speicher ablegen. In den vier Presets strahlen die drei LED-Verbünde jeweils mit 100 Prozent ihrer Leuchtkraft. Die Helligkeit der acht Voreinstellungen lässt sich über zwei Taster am Gerät anpassen.

Leider finden sich nur prozentuale Angaben zu Lichtstrom und Farbtemperatur, wir haben deshalb nachgemessen: Der kaltweiße LED-Verbund leuchtet mit 100 Lux bei einer Farbtemperatur von 6040 Kelvin. Ebenso hell leuchten die warmweißen LEDs bei 2860 Kelvin; die gelben LEDs erreichen 26 Lux. Alle zusammen strahlen mit 226 Lux bei dann 3500 Kelvin. Die Farbtemperatur lässt sich zwischen etwa 2000 und 6040 Kelvin variieren, bei sehr warmem Licht sinkt die Leuchtstärke allerdings deutlich unter 100 Lux. Positiv: Der Lichtstrom lässt sich in 255 Stufen fein einstellen und die Farbtemperatur hängt nur vom Mischverhältnis ab und nicht vom eingestellten Lichtstrom. Das ist bei vielen günstigen Leuchten anders.

Das mitgelieferte Zubehör ist umfangreich und hochwertig, der Preis von 130 Euro ist im Vergleich zu anderen einstellbaren Leuchten aber happig, zumal diese meist heller strahlen. So bietet etwa Raleno aktuell Leuchten mit Display und Akku ab 50 Euro. Für die Streamer spricht die App-Einstellung, die Fernsteuerung und die gute Farbstabilität. (uk@ct.de)

## Streamer Deluxe Control Kit

Videoleuchte mit App-Steuerung	
Hersteller, URL	German Light Products, streamer.rocks/de
Lichtstrom / Farbtemperatur	bis zu 226 Lux / 2000-6400 K
Abmessungen	15 cm × 3,1 cm × 3,2 cm / 181 g
Lieferumfang	Lampe, Tischstativ, Saugnapf, Schwanenhals (30 cm), USB-C-Kabel, USB-A-Adapter, Softbag, Tasche
Preis	130 €



## Kleiner Herausforderer

**Asrocks kompakte Spielergrafikkarte Radeon RX 6600 XT Challenger ITX liefert effizient genug 3D-Power für Full HD mit höchsten Details.**

Asrock dampft Platine und Kühler auf Mini-ITX-Format ein, sodass eine optisch schlichte, knapp 18 Zentimeter lange Dual-Slot-Karte mit 100-Millimeter-Lüfter herauskommt. Zwei HDMI-2.1-Buchsen und zwei DisplayPorts der Generation 1.4 bespielen bis zu vier 4K-Displays (3840 × 2160) mit 120 Hz oder ein 8K-Display (7680 × 4320) mit 60 Hz.

Bei Full HD erzielt die kurze Karte in Shadow of the Tomb Raider im Preset Ultrahoch ohne RTX-Effekte 85 fps, im 3DMark Time Spy Extreme 10.007 Punkte. Unter Volllast bleibt sie mit 0,7 sone bis auf ein sehr leises Knistern geräuscharm und schweigt im Leerlauf mit stehenden Lüftern. Dann genehmigt sie sich mit bis zu drei angeschlossenen Displays nur etwa 5 Watt, bei vieren 22 Watt. Unter Last maßen wir 160 Watt mit Spitzen bis 230 Watt. Asrocks Radeon RX 6600 XT Challenger ITX ist eine moderne, effiziente, kleine und leise Karte zum Spielen in Full-HD-Auflösung, ihr Preis aber völlig überzogen. (bkr@ct.de)

## Asrock Radeon RX 6600 XT Challenger ITX

Spielergrafikkarte für Full HD	
Hersteller, URL	Asrock, asrock.com
GPU / Grafikspeicher	Navi 23 XT / 8 GByte GDDR6
Shader / TMUs / ROPs	2048 / 128 / 64
Anschlüsse	2 × HDMI 2.1, 2 × DisplayPort 1.4a, 1 × PCIe 8-Pol
Abmessungen	179 mm × 124 mm × 40 mm
Preis lt. Hersteller / Garantie	679 € / 24 Monate



better**Code**()

# PHP 2021

Die Heise-Konferenz zu PHP

25. November 2021 – Online

Die neue PHP-Version 8.1 steht vor der Tür. Ein guter Anlass, um die eigenen Anwendungen genau unter die Lupe zu nehmen und zukunftssicher zu machen.

- ⊙ Die neuen Features von PHP 8.1
- ⊙ Die Vorteile und Stolperfallen von Concurrent PHP
- ⊙ Testing mit dem neuen PHPUnit 10
- ⊙ Microservice-Architekturen mit PHP

Jetzt  
Tickets zum  
**Frühbucher-  
Rabatt**  
sichern!

Kooperationspartner:



Veranstalter:



@ heise Developer



dpunkt.verlag

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

# Flott geflippt

## Falt-Smartphone Samsung Galaxy Z Flip3 5G mit neuem Außendisplay

**Das Galaxy Z Flip3 passt zusammengeklappt in jede Tasche, geöffnet wird es zum ausgewachsenen und ziemlich schnellen Smartphone. Tolles Design, das im Test aber auch Nachteile offenbart.**

Von Steffen Herget

**K**lipp, klapp, klipp, klapp – das Auf- und Zuklappen des Galaxy Z Flip3 5G hat etwas Meditatives. Der Faltmechanismus, der das Handy in der Mitte halbiert und das flexible Display innen versteckt, wirkt stabil, das satte Klacken beim Schließen des Flip3 erinnert an alte Klapphandys aus den Neunzigern. Mit der Zusage, Scharnier und

Display des Falt-Smartphones überstünden das Auf- und Zuklappen mindestens 200.000-mal, versucht Samsung der Kundschaft die Angst vor der noch immer neuen und als fragil geltenden Gerätekategorie zu nehmen. Selbst bei den Samsung-Fans, die ihr Flip3 im Durchschnitt jeden Tag hundertmal aufklappen, wären das noch fast fünfzehn Jahre – so lange werden Android-Smartphones nur selten benutzt. Das Falt-Smartphone ist außerdem gegen Süßwasser geschützt und verträgt halbstündiges Untertauchen in anderthalb Metern Tiefe. Gefährlich können Staub und Schmutzpartikel werden, die am Display eindringen und Schäden verursachen.

Zusammengeklappt ist das Flip3 zwar dicker als ein normales Smartphone, aber so kompakt, dass es flott in jeder noch so kleinen Hosen- oder Jackentasche verschwindet. Offen ist es sieben Millimeter dünn, die Kamera steht nicht aus dem Gehäuse hervor. Anders als beim großen Ga-

laxy Z Fold3 (Test in c't 20/2021, S. 81) muss man das Flip3 nahezu immer aufklappen, wenn man es verwenden möchte. Das Außendisplay ist zwar im Vergleich zum Vorgänger gewachsen, aber mit einer Diagonale von 1,9 Zoll immer noch winzig. Mehr als Uhrzeit ablesen, Benachrichtigungen checken, Musik steuern oder einen Blick auf die Wettervorhersage werfen ist damit nicht drin.

Der faltbare Hauptbildschirm ist hingegen üppige 6,7 Zoll groß, strahlend hell, kontraststark und punktet mit leuchtenden Farben. Die Falte, die sich quer durch die Mitte zieht, stört weder beim Schauen noch beim Drüberstreichen. Ein Problem ist eher das langgestreckte 22:9-Format, das mit vielen Inhalten nicht ganz zu füllen ist. Praktisch wiederum: Die komplette untere Bildschirmhälfte ist bequem mit dem Daumen zu erreichen. Samsungs Oberfläche One UI unterstützt das und legt die meisten Bedienelemente dorthin. Für den Powerbutton samt Fingerabdrucksensor und die Lautstärkewippe gilt das nicht, sie sitzen wegen des Scharniers weit oben, daran muss man sich erst gewöhnen.

### Integriertes Stativ und Mäusekino

Während beim Fold der fast quadratische Riesenbildschirm andere Anwendungen ermöglicht, ist das Flip im Großen und Ganzen ein normales Smartphone, das man zum Transport zusammenklappt. Ein paar Anwendungen lassen sich anders bedienen, wenn man das Gerät im 90-Grad-Winkel aufklappt. Die Kamera beispielsweise verwendet dann nur die obere Displayhälfte als Sucher, unten sind die Bedienelemente zu finden. So kann man das Smartphone bequem auf dem Tisch abstellen, wenn man ein Foto mit langer Belichtungszeit aufnehmen will – die untere Hälfte des Smartphones dient dann als Stativ. YouTube verhält sich ähnlich und zeigt Videos nur oben als Mäusekino an – und damit viel zu klein. Das Flip3 wird mit Android 11 geliefert, dürfte aber zu den Smartphones gehören, die relativ schnell ein Upgrade auf Android 12 bekommen. Samsung verspricht, das Flip3 vier Jahre lang mit Updates und Sicherheitspatches zu versorgen.

Bei der Performance geht Samsung kein Risiko ein, Qualcomms Snapdragon 888 ist der High-End-Chip der Wahl für die meisten Top-Smartphones des Jahres. Genug RAM und nicht erweiterbarer Speicherplatz sind ebenfalls vorhanden. In

**Das Frontdisplay des Flip3 ist deutlich größer als beim Vorgänger und damit auch nützlicher. Aufklappen muss man das Smartphone trotzdem fast immer.**





Benchmarks sowie der alltäglichen Performance liefert das Flip3 eine sehr gute Leistung, bei hoher Beanspruchung über längere Zeit drosselt der 888 aufgrund der entstehenden Wärme die Leistung jedoch messbar. Unangenehm heiß wird das Flip3 außen aber nicht. Das Falt-Smartphone funkt in 5G-Netzen im Frequenzbereich unter 6 GHz.

### Schlapper Akku, einfache Kamera

Die flache Bauform des Flip3 erfordert zusammen mit dem Platz, den das Scharnier benötigt, Kompromisse an anderer Stelle. Die betreffen vor allem den Akku und die Kamera. Mit 3300 mAh ist der Akku nicht nur auf dem Papier ziemlich schwach für ein Smartphone mit schnellem Prozessor und großem Display, die Laufzeiten fielen im Test tatsächlich unterdurchschnittlich aus. Mit einem 20-Watt-Ladegerät ist der Akku in anderthalb Stunden komplett geladen, alternativ unterstützt das Flip3 induktives Laden mit dem Qi-Standard. In dem flachen Karton steckt zwar ein USB-C-Kabel, aber kein Netzteil.

Das Platzproblem sorgt auch dafür, dass in dem Falt-Smartphone keine so ausgefeilten Kameras stecken wie in anderen Modellen der Tausend-Euro-Klasse. Ausladende Sensoren oder besonders große Optiken sucht man hier vergeblich. Die zwei 12-Megapixel-Kameras an der Rückseite – Hauptkamera und Ultraweitwinkel – machen in den meisten Situationen ordentliche bis schöne Fotos mit strahlenden Farben, ohne hinsichtlich Bilddynamik oder Detailwiedergabe besonders herauszuragen. Die Frontkamera zählt zu den besseren auf dem Markt, sie knipst nicht nur schöne Selfies, sondern setzt die Person vor dem Flip3 auch bei Videocalls gut ins Bild.

### Fazit

Das kleine Galaxy Z Flip3 ist ein feines Stück Technik. Auch wenn Smartphones in altbekannter Bauweise für den Preis beim Akku und bei der Kamera meist mehr zu bieten haben: Smartphone zusammenklappen und in die kleinste Tasche stecken, das hat was. Mit dem Wasserschutz ist das neue Flip besser gegen den rauen Alltag geschützt. (sht@ct.de) **ct**

## Samsung Galaxy Z Flip3 5G

Android-Smartphone	
Betriebssystem / Patchlevel	Android 11 / August 2021
Updates lt. Hersteller bis	August 2025
Prozessor / Grafik	Qualcomm Snapdragon 888 / Adreno 660
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher	8 GByte / 128 GByte (101 GByte) / –
5G: DSS / Band 1 / 28 / 77 / 78 / 260 / 261 / SAR-Wert <sup>1</sup>	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / – / 0,858 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Ortung	Wi-Fi 6 (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
SIM / Dual / eSIM	Nano-SIM / ✓ / ✓
Fingerabdrucksensor / Kopfhöreranschl. / USB-Anschluss / OTG / DP	✓ (im Einschalter) / – / USB-C 3.2 / ✓ / ✓
Akku / drahtlos ladbar	3300 mAh / ✓
Abmessungen offen (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	16 cm × 7,2 cm × 0,7 cm / 183 g / IPX8
Abmessungen geschlossen (H × B × T)	86,4 cm × 7,2 cm × 1,7 cm
Innendisplay	
Größe / Technik / Bildwiederholrate	6,7 Zoll / OLED / max. 120 Hz
Auflösung (Punktdichte) / Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung	2640 × 1080 Pixel (425 dpi) / 1,74 ... 930 cd/m² / 97,8 %
Außendisplay	
Größe / Technik / Auflösung	1,9 Zoll / OLED / 512 × 260 Pixel
Kameras	
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/1,8 / ✓
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/2,2 / –
Frontkamera Auflösung / Blende	10 MP / f/2,4
Lauf- und Ladezeiten	
Ladezeit 50 % / 100 %	0,6 h / 1,5 h
Laufzeiten lokales Video2/ 4K-Video / 3D-Spiel / Stream	11,5 h / 8 h / 9,7 h / 13,5 h
Benchmarks	
Coremark Single / Multi	22786 / 99476
Geekbench V4 Single, Multi / V5 Single, Multi	2874, 11888 / 870, 3467
3DMark Wild Life / Wild Life Extreme	5849 / 1309
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	55, 51 / 72, 87 / 105, 125
Preis	1049 € (128 GByte) / 1099 € (256 GByte)
<sup>1</sup> Herstellerangaben <sup>2</sup> gemessen bei 200 cd/m²	✓ vorhanden    – nicht vorhanden

# Große Veränderungen beginnen mit kleiner Technik

Fortschritt entsteht nicht immer durch revolutionäre Großprojekte. So kann zum Beispiel in Zukunft die Überwachung von Feinstaubbelastung und Emissionswerten in Städten und Ballungszentren vollständig autonom erfolgen. Und das ist nur der Anfang: Dank hoher Übertragungreichweiten bei sehr niedrigem Energieverbrauch eignet sich LoRa-Sensorik ideal für viele weitere innovative IoT-Projekte. Sie möchten mehr über **LoRa & LoRaWAN** erfahren oder planen bereits ein Projekt? Wir sind gerne für Sie da! Kontaktieren Sie uns einfach unter [thomas-krenn.com/anfragen](https://thomas-krenn.com/anfragen)

# THOMAS KRENN®

E-Book “LoRa & LoRaWAN“  
Jetzt kostenlos downloaden!  
[thomas-krenn.com/lorawan](https://thomas-krenn.com/lorawan)



# Günstiger Entertainer

## Android-Tablet Nokia T20 mit drei Jahren Updateversorgung

**Wer ein Tablet mit unberührtem Android, 10-Zoll-Display und Updateversprechen für 240 Euro sucht, hatte bislang wenig Auswahl. Das Nokia T20 erfüllt diese Anforderungen. Im Test spielt es seine Qualitäten als Entertainment-Gerät aus – und macht das Laden zur Geduldsprobe.**

Von Robin Brand

Mit schmalen Rändern und verwindungssteifem Aluminiumgehäuse hinterlässt das Nokia T20 einen wertigen Eindruck. Das 8,5 Millimeter dünne Gerät liegt mit seinem klassenüblichen Kampfgewicht von 470 Gramm auch nach längerem Lesen oder Filmeschauen nicht zu schwer in der Hand.

Dass es dennoch nicht als E-Book-Reader taugt, liegt am verwendeten IPS-Panel.

Dieses erreicht nicht die Kontrastwerte eines OLEDs und ist auf Dauer deutlich ermüdender als ein E-Ink-Display. Fürs Filmeschauen oder Lesen von Magazinen haben wir das Tablet aber gerne verwendet, was auch an der der Größe angemessenen Auflösung von 2000 × 1200 Pixeln liegt. Die Farben stellt das Display kräftig, aber nicht überdreht dar. Die Helligkeitsautomatik könnte nach unserem Geschmack etwas selbstbewusster zu Werke gehen. In heller Umgebung mussten wir immer mal wieder manuell nach oben pegeln. Mit fast 400 cd/m<sup>2</sup> erreicht das Tablet zwar auf dem Papier eine ordentliche maximale Helligkeit. Für die pralle Sonne ist das aber dennoch zu wenig, da das Display dafür zu stark spiegelt.

Eine Überraschung steckt im Innern des Tablets – ein SoC des hierzulande kaum bekannten chinesischen Chipentwicklers Unisoc. Der Chip namens T610 rechnet etwa auf dem Niveau eines MediaTek Helio G88, der zum Beispiel im 150-Euro-Smartphone Redmi 10 zum Ein-

satz kommt. Damit bewegt sich das T20 auch auf Augenhöhe des mittlerweile ähnlich günstigen Samsung-Tablets Tab S6 Lite. Da Nokia ein schlankes Android fast ohne Spielereien verwendet, lässt es sich dennoch einigermaßen flüssig bedienen. Weder Streaming-Apps wie YouTube, Netflix oder Dazn noch Zeitschriften-Anwendungen wie Readly stellten das Tablet vor Probleme.

Hält man aber mehrere Anwendungen im Hintergrund geöffnet oder spielt anspruchsvolle 3D-Spiele, hat die Hardware spürbar zu kämpfen. Von der in Österreich erhältlichen Variante mit nur 3 GByte Hauptspeicher raten wir ab, das hierzulande (und in Österreich ebenfalls) vertriebene 4-GByte-Modell hat zumindest etwas mehr Reserven. Hantierten wir mit größeren Videodateien, geriet aber auch dieses ins Stottern. Lokal gespeicherte 4K-Videos wurden spätestens dann zum Problem, wenn sie größer als 1 GByte waren. Unser 4K-Testfile zur Ermittlung der Akkulaufzeiten spielte das Tablet gar nicht ab, andere stockten sichtbar.

### Arbeitsverweigerer

Angesichts der wenig potenten Hardware ist es nur konsequent, dass Nokia auf einen Desktopmodus verzichtet, wie ihn zum Beispiel Samsung mit DeX anbietet. Eine Möglichkeit, Anwendungen auch in Fenstern darzustellen statt nur im Vollbild oder Split-Screen – Samsung-Tablets beherrschen das auch ohne DeX –, hätten wir uns aber dennoch gewünscht. Für den Produktiveinsatz fällt das Tablet somit nahezu komplett aus, obwohl es in dieser Hinsicht nicht gänzlich untalentiert ist: Bei Videotelefonaten zum Beispiel über Teams bescheinigten uns unsere Gegenüber eine ordentliche Qualität in Ton und Bild. Ein Digitizer für Stifteingabe ist nicht eingebaut, und eine Hülle mit Tastatur hat Nokia für das Tablet ebensowenig im Programm.

Mehr als ordentlich schlägt sich das Tablet auf dem Akkuprüfstand. Nehmen Hersteller in Produktankündigungen den Mund gerne voll, ist das hier nicht der Fall: Die versprochenen zehn Stunden im Videodauerlauf schaffte das T20 sowohl auf YouTube als auch beim Abspielen eines lokal gespeicherten 720p-Videos. Etwas schneller gingen die Lichter aus, wenn wir den Prozessor mit einem Spiel forderten. Quälend lang dauerte es allerdings, den Akku zu laden – fast fünf Stunden mit dem beiliegenden 10-Watt-Netzteil.



Das T20 ist mit und ohne LTE-Modul erhältlich. Der 64 GByte fassende Speicher lässt sich per microSD-Karte um maximal 512 GByte erweitern, die SD-Karte lässt sich auch als interner Speicher verwenden. Auf einen Fingerabdruckscanner hat Nokia verzichtet. Weil die Entsperrung über Gesichtserkennung immer mal wieder hakte, mussten wir häufiger als uns lieb war den PIN-Code eingeben.

Die Android-11-Bedienoberfläche lässt Nokia nahezu unverändert. Versionsschritte soll das T20 zwei Jahre lang mitgehen, also wird voraussichtlich nach dem Upgrade auf Android 13 Schluss sein. Monatliche Sicherheitspatches will Nokia drei Jahre lang liefern. Angesichts des Vorhabens der EU-Kommission, Hersteller zu verpflichten, Tablets künftig fünf Jahre lang mit Sicherheitsupdates zu bespielen, klingt das nach wenig. Es ist aber mehr, als andere Hersteller in der Preisklasse versprechen – so diese sich überhaupt zu kommenden Updates äußern.

Wer auf monatliche Sicherheitspatches und ein nahezu unverändertes Android verzichten kann, findet im Samsung Galaxy Tab S6 Lite eine Alternative. Diese ist mittlerweile ähnlich günstig zu haben wie das T20, kommt aber mit Stiftunterstützung, und der passende Stift liegt auch gleich bei. Hinsichtlich der Performance nehmen sich die Geräte wenig. Sicherheitsupdates erhält das Tab S6 Lite derzeit quartalsweise – und wird vermutlich früher als das T20 gar keine mehr erhalten.

## Fazit

Als Tablet für die Schule oder zum Arbeiten taugt das T20 kaum. Wer allerdings ein Tablet zum Surfen, Lesen und Filmeschauen sucht, das in der passenden Schutzhülle auch mal zum Daddeln an den Nachwuchs weitergereicht werden kann, findet im T20 das passende Gerät. (rbr@ct.de) **ct**

## Nokia T20

Android-Tablet	
Betriebssystem / Security Level	Android 11 / August 2021
Updates lt. Hersteller bis min.	Android 13 / Okt. 2024
Ausstattung	
Prozessor / Kerne × Takt / GPU	Unisoc T610 / 4 × 1,8 GHz, 4 × 1,8 GHz / Mali-G52 MP2
RAM / Flash-Speicher / Kartenslot	4 GByte / 64 GByte (52 GByte) / ✓ (MicroSD)
5G / LTE / SIMs / SAR-Wert <sup>2</sup>	– / Cat. 4 / Nano-SIM (SD separat) / 0,31 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standortbestimmung	Wi-Fi 5 (2) / 5.0 / – / – / GPS
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	2.0, OTG, kein DP / ✓
Akku / Ladezeit / Drahtlosladen / wechselbar	8200 mAh / 4,8 h mit mitgeliefertem Netzteil / – / –
Abmessungen / Gewicht / Schutzart	24,76 cm × 15,75 cm × 0,8 cm / 470 g / IP52
Display	
Größe / Technik	10,3 Zoll (226 mm × 132 mm) / IPS
Auflösung (Punktdichte) / Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung	2000 × 1200 Pixel (225 dpi) / 4,02 ... 373 cd/m <sup>2</sup> / 79,9%
Kamera	
Hauptkamera Auflösung / Blende	8 MP (3264 × 2448) / f/2 –
Frontkamera Auflösung / Blende	5 MP (2592 × 1944) / f/2 –
Messungen, Laufzeiten, Benchmarks	
Laufzeiten bei 200 cd/m <sup>2</sup> Helligkeit	10,7 h lokales Video / 7,9 h 3D-Spiel / 10 h Videostream
Coremark Single / Multi / 3DMark Sling Shot Extreme	9123 / 47563 / 1102
Geekbench V4 Single, Multi / V5 Single, Multi	1574, 4821 / 347, 1231
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	6 fps, 7 fps / 18 fps, 20 fps / 11 fps, 12 fps
Preis	240 € (Wi-Fi), 280 € (LTE) €
✓ vorhanden – nicht vorhanden	



124 Seiten · 16,95 €  
ISBN 978-3-86490-869-9



254 Seiten · 24,90 €  
ISBN 978-3-86490-778-4



176 Seiten · 22,90 €  
ISBN 978-3-86490-830-9



244 Seiten · 24,90 €  
ISBN 978-3-86490-863-7

Einfach vorlesen lassen!



266 Seiten · 24,90 €  
ISBN 978-3-86490-737-1



126 Seiten · 19,95 €  
ISBN 978-3-86490-495-0

Hörbuch: 19,99 €

Hörbuch: 19,99 €

# Verteidigen Sie Ihre Privatsphäre!



Heft + PDF  
mit 29 % Rabatt

- E-Mails und Telefone absichern
- Welche Messenger verschlüsseln wirksam
- Welche Angriffe bedrohen Ihre Privatsphäre on- und offline
- Passwörter für alle Systeme sicher verwalten
- Für Abonnenten portofrei
- Auch im Set mit Reiner SCT Authenticator zum Sonderpreis

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

shop.heise.de/ct-datenschuetzen

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



## Auto-Update

**Das Smartphone zum Freisprechen oder Musik streamen per Bluetooth mit dem Autoradio zu koppeln ist eine feine Sache. Hat das Auto zu altes oder gar kein Bluetooth, hilft ein Einbaudapter.**

Der Hersteller Vocomo hat sich auf Bluetooth-Nachrüstlösungen für Autos spezialisiert, vorkonfektionierte Adapter-Kits, die man per Plug and Play zwischen das bestehende Autoradio und den dazu passenden Systemstecker einschleift. Im Angebot sind Adapter für Modelle von BMW, Mercedes, der Volkswagen-Gruppe und anderen.

Die Kits mit aktuellen Chips von Qualcomm unterstützen Bluetooth 5.0 und außer dem SBC-Codec auch aptX und AAC. Gleichzeitig verstehen sie sich auf das Handsfree-Protokoll (HFP), man kann sie also nach der Installation des mitgelieferten Mikrofons auch als Freisprecheinrichtung nutzen. Vocomo liefert die Kits alternativ als reine Audioversion aus, falls man die vorhandene Freisprecheinrichtung im Fahrzeug weiter nutzen möchte.

Wir testeten das Nachrüst-Kit „kX-2 PSA V1“ für Peugeot/Citroën. Das Adapterkabel führt alle nicht benötigten Anschlüsse einfach durch und klinkt die Kommunikationsbox – je nach Fahrzeug – am Aux-In oder dem Eingang für ein externes Telefon ein. Bei manchen Radios kann es nötig sein, diese Eingänge zunächst freizuschalten. Wo möglich, übernimmt die Bluetooth-Box diese Aufgabe automatisch, indem sie entsprechende Freisprech-Codes über das Bussystem des Fahrzeugs ans Radio schickt.

Prinzipiell ist die Installation auch vom Laien zu erledigen, da man weder löten noch etwas verdrahten muss. Jedoch geht es im Radioschacht oft eng zu. Spätestens, wenn man ein Freisprechmikrofon verdeckt verlegen will, ist ein Einbauprofi gefragt. Keinesfalls sollte man das

Radio nach dem elektrischen Verbinden mit Gewalt in die alte Position bringen.

Nach dem Einbau und Einschalten des Radios steht die Bluetooth-Verbindung sofort zur Verfügung. Im Test ließen sich unterschiedliche Smartphones problemlos mit A2DP (Audio) und HFP koppeln. Das Modul unterstützt die parallele Verbindung von zwei Smartphones. Die Quelle wählt man am Radio zunächst manuell: Man muss bei eingehenden oder ausgehenden Anrufen also auf die richtige Audioquelle umschalten.

Lässt sich beim Radio die Quelle über das Bussystem des Fahrzeugs umschalten, wählt das kX-2-Modul sie automatisch. Um die Funktion zu aktivieren, muss man die Quelltaste am Radio oder die entsprechenden Medientasten am Lenkrad länger als zehn Sekunden drücken.

Über die Lenkradtasten des Fahrzeugs steuert man auch die Musikwiedergabe, man kann also von Titel zu Titel springen oder die Wiedergabe pausieren. Auch bei der Telefonie ließen sich die Tasten im Fahrzeug nutzen. Ein Firmware-Update kann man indes nicht in die Box einspielen, hierfür müsste man sie ausbauen und zum Hersteller schicken.

Im Test arbeitete das Modul zuverlässig ohne Aussetzer und lieferte dank aptX einen sauberen Klang. Die Freisprecheinrichtung konnte mit Werkslösung im Testauto (Baujahr 2013) klanglich locker mithalten. Das Bluetooth-Update per Nachrüstbox im Plug-and-Play-Verfahren sorgte für guten Sound beim Musikhören und stabiles Freisprechen (sha@ct.de)

## Vocomo kX-2 PSA V1

Bluetooth Nachrüst-Kit	
Hersteller, URL	Vocomo, vocomo.de
Kommunikation	Bluetooth 5.0, CAN-Bus
Lieferumfang	Kabelsatz mit Bluetooth-Box, Freisprechmikrofon
Protokolle	A2DP, HFP, AVRCP
Preis	200 €





## WLAN für Android Auto

**Das ist ja so lästig, das Handy jedesmal umständlich mit dem Armaturenbrett zu verkabeln, nur weil man mit Android Auto navigieren möchte. Ein schwarzes Kästchen aus dem Crowdfunding-Projekt AAWireless bereitet diesem Mangel ein Ende.**

Selbst in Automodellen, die Musik und Telefonate per Bluetooth vom Handy übernehmen, funktioniert Googles Beifahrer-App Android Auto nur mit einer sperrigen USB-Kabelverbindung. Android Auto per WLAN bieten nur wenige Fahrzeuge aus dem Modelljahr 2021 im Zusammenspiel mit Android 11. Denselben Drahtloskomfort erreichen Sie auch in anderen Fahrzeugen mit dem Adapter AA-Wireless und einem Smartphone ab Android 9. Er verbindet sich per USB mit dem Auto und per WLAN mit dem Handy. Dabei nutzt er die Bluetooth-Schnittstelle, um den Aufbau einer WLAN-Verbindung zu veranlassen. Die Entwickler dieses Indiegogo-Projekts haben auf [www.cpeb.it](http://www.cpeb.it) eine Liste mit mittlerweile rund 6000 Kombinationen aus Fahrzeugtyp und Headunit zusammengestellt, bei denen man nur ihren Adapter an eine USB-Buchse anschließen muss, um Android Auto vom Smartphone aufs Autodisplay projizieren.

Angenommen, Sie benutzen Android Auto schon mit USB-Verbindung, dann schließen Sie statt Handy den Adapter ans Auto an und richten ihn über die kostenlose Companion-App ein. Fortan bootet

der Adapter bei jedem Anlassen des Autos, verbindet dessen Elektronik binnen 30 bis 40 Sekunden mit dem Smartphone und startet Android Auto. Bei einem 2020-er Toyota Corolla und einem Google Pixel 3 mit Android 11 gelang uns die Einrichtung erst, nachdem wir alle Bluetooth-Paarungen des Handys gelöscht hatten. Nach der Adapter-Installation konnten wir diese Kopplungen ohne Folgeprobleme wieder einrichten.

Abgesehen von der Wartezeit beim Adapter-Boot verhält sich das System genauso wie mit einer Kabelanbindung. Navigation, Musikwiedergabe und andere Android-Auto-verträgliche Apps lassen sich vom Display des Armaturenbretts aus, per Knopfdruck und Spracherkennung des Corolla oder alternativ über die Spracherkennung des Handys steuern. Bei einigen Ampelkreuzungen in Hannover brach die Funkanbindung von Android Auto im Test reproduzierbar für einige Sekunden ab; anscheinend wirkt sich dort eine elektromagnetische Unverträglichkeit aus, die wir nicht weiter klären konnten. Nach dem Passieren der jeweiligen Kreuzung baute sich die Verbindung aber stets wieder auf.

Der Adapter beseitigt einen schmerzlichen Schönheitsfehler im Zusammenspiel zwischen Auto und Android. Kein Wunder, dass bereits mehr als 40.000 vorausbezahlte Bestellungen vorliegen.

Das Geschäftsmodell über die Crowdfunding-Plattform Indiegogo verlangt Vertrauen nicht nur auf den versprochenen Liefertermin, sondern auch darauf, dass man überhaupt etwas für sein Geld bekommt. Unser Testgerät (bestellt und bezahlt im September 2020) war angekündigt für Dezember 2020 und wurde im April 2021 ausgeliefert. Bislang haben die Entwickler mehr als 50 Fortschrittsmeldungen gepostet. Demnach waren bis zum Redaktionsschluss dieses Beitrags die ersten 16.000 Geräte fertiggestellt. Besteller, denen die Wartezeit zu lang wird, sollen ihr Geld auf Wunsch zurück-erhalten. (hps@ct.de)

### AAWireless

#### WLAN-Adapter für Android Auto

Entwickler	Emil Borcony-Szedressy, Chiel Prins
Bezugsquelle	Indiegogo, <a href="http://www.indiegogo.com/projects/aawireless">www.indiegogo.com/projects/aawireless</a>
Systemanf.	Android 9, Android Auto, kompatibles Infotainmentsystem
Abmessungen	49 mm × 49 mm × 12 mm
Preis	85 US-Dollar im Voraus inkl. Zustellung

## Ihr Erste-Hilfe-Set:

**Das Notfall-System für den Ernstfall**



**Heft + PDF mit 29 % Rabatt**

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](http://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

# Luftschloss

## Gaming-Headset Epos H6Pro mit abnehmbarem Mikrofonbügel

Das Gaming-Headset Epos H6Pro bietet im Test eine gute Mikroqualität fürs Streamen und die Videoschalt und satten Sound fürs Musikhören.

Von Robin Brand



Das Epos H6Pro ist ein offenes, kabelgebundenes Over-Ear-Gaming-Headset mit abnehmbarem Mikrofonbügel, der sich einzeln nachkaufen lässt. Als offenes Headset trägt es sich schön luftig. Bei Videoanrufen oder während Livestreams hört man sich selbst und ist nicht abgeschottet von der eigenen Stimme. Der Vorteil: Spezielle Software oder ein gesondertes Mikro, das die eigene Stimme auf die Ohren gibt, ist somit nicht notwendig. Der Nachteil: Speziell, wenn man laute Musik hört, bekommt die Umgebung etwas davon mit.

Epos positioniert das H6Pro als Gaming-Headset, doch das kann man getrost ignorieren. Wer sich an den auffälligen Kunststoffapplikationen – wahlweise in Gold und Grün – nicht stört, findet in dem Headset auch einen würdigen Begleiter fürs Homeoffice. Im lauten Großraumbüro ist es eher fehl am Platz, da es die Umgebungsgläusche ungehindert ans Ohr lässt. Unter den austauschbaren, stoffbezogenen Ohrpolstern (78 × 35 mm innen) haben durchschnittlich große Ohren genügend Platz. Der weiche Memory-Schaum der Ohrpolster drückt auch auf größeren Köpfen nicht allzu sehr, sodass auch langes Tragen nicht schmerzt. Wer nur Musik hört oder bei Konferenzen ein separates Mikrofon benutzt, kann den magnetisch an den Kopfhörer andockenden Mikroarm abnehmen. Ein passendes Abdeckplättchen für den Anschluss liegt bei. Während Konferenzschaltungen kann man sich selbst stummschalten, indem man den Mikroarm nach oben klappt.

Die eigene Stimme überträgt das Epos-Headset voll und klar an das Gegenüber, für Videoschalten ist die Qualität absolut ausreichend. Für Podcasts gilt das

weniger, da das Mikro Poppgeräusche bei zu geringem Sprechabstand nur ungenügend filtert. Das bidirektionale Mikrofon dämmt Hintergrundgeräusche einigermaßen herunter, Tastaturklappern im Hintergrund bekommen Zuhörer aber dennoch mit.

### Grüße an Sennheiser

Klanglich verbergen die Epos-Kopfhörer ihre Sennheiser-Wurzeln nicht: Anfang 2020 hatte sich Sennheiser von seiner Gaming-Sparte getrennt und an das neu gegründete Audiounternehmen Epos übertragen. Im direkten Vergleich mit dem Sennheiser HD600 dickt der Epos-Kopfhörer den Bass- und unteren Mittenbereich etwas ein, ohne dumpf zu klingen.

Dem Kopfhörer liegen ein Miniklinkenkabel und ein PC-Kabel mit zwei 3,5-mm-Klinkenanschlüssen bei – drahtlos kann man ihn nicht benutzen. Sucht man einen ähnlich klingenden Kopfhörer mit etwas mehr Privatsphäre, ist der geschlossene Zwilling des H6Pro, der unter gleichem Namen firmiert, eine Alternative. Man kann die Geräte am Nachsatz

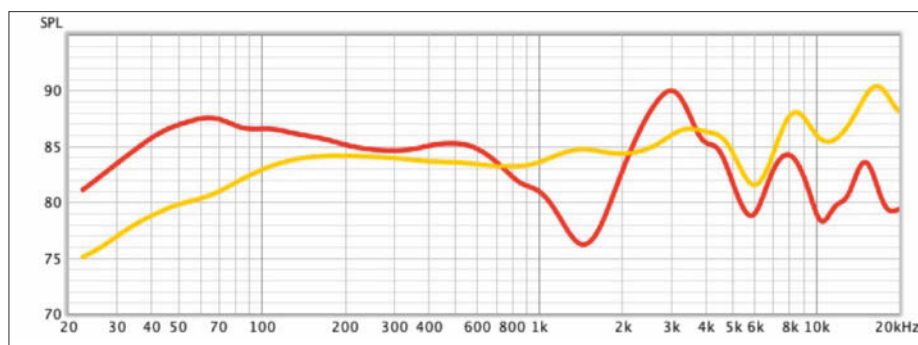
open beziehungsweise closed version erkennen. Der Teufel Cage ist eine ebenfalls geschlossene Alternative (c't 14/2021, S. 80). Um sich mit diesem die eigene Stimme aufs Ohr zu legen, braucht man die zugehörige Software, die es nur für Windows gibt.

### Fazit

Das Epos H6Pro erfüllt seinen Zweck als Gaming-Headset: Es trägt sich angenehm, die Qualität des Mikrofons überzeugt und der volle Klang gefällt. Für laute Büroumgebungen ist das offene Headset weniger geeignet, für Einzelkämpfer im Homeoffice umso mehr. (rbr@ct.de) **ct**

## Epos H6Pro

Gaming-Headset	
Hersteller, URL	Epos, <a href="https://eposaudio.com/de">eposaudio.com/de</a>
Anbindung	3,5-mm-Klinke
Gewicht	309 g (288 g ohne Mikrofonbügel)
Lieferumfang	Headset, Mikrofonbügel, 3,5-mm-Klinkenkabel, PC-Kabel
Garantie	2 Jahre
Preis	180 €



Im Vergleich mit dem relativ neutral abgestimmten Sennheiser HD600 (gelb) klingt der Epos H6Pro (rot) etwas wärmer.



# Balken-Update

## Sonos Beam Gen2 mit Dolby Atmos



**Sonos' Mini-Soundbar Beam kombiniert Sprachassistenten, Musikstreaming und TV-Erlebnis in einem Gerät. In der zweiten Generation bringt sie mehr Soundformate mit.**

Von Sven Hansen

Die Beam „Gen2“ unterscheidet sich auf den ersten Blick kaum von ihrem Vorgänger. Mit 65 Zentimeter Breite und 10 Zentimeter Tiefe ist sie für eine Soundbar recht kompakt. Auf den zweiten Blick zeigt sich ein Unterschied zum Vorgängermodell: Die alte Beam steckt in einem mit Stoff bespanntem Gehäuse, die Gen2 passt sich der übrigen Sonos-Range an und ist mit fein zersiebttem Kunststoff umhüllt. Großer Vorteil: Ohne Textilkleid ist das Gerät deutlich unempfindlicher und leichter zu reinigen.

Die Anschlüsse sind gleich geblieben. Die Beam kommt mit einem Ethernet-Port, lässt sich per WLAN ins Netz hängen und kann Sound über den eARC-Anschluss von einem TV-Gerät via HDMI annehmen. Ein Adapter von HDMI auf Toslink liegt bei, die Beam lässt sich so auch mit älteren TV-Geräten oder einem Heimkinoverstärker verbinden.

### Atmos und (bald) DTS

Das Modell unterstützt nun Dolby Atmos und dürfte so auch das Interesse von Gamern wecken, die eine kompakte Soundbar gut unterm Monitor auf dem Schreibtisch parken können. Sie stehen dabei aber wegen der HDMI-Einspeisung via eARC vor demselben Problem wie Heimcineasten mit Beamer: Wie zwackt man das Atmos-Signal von der HDMI-Quelle ab? Abhilfe schafft die auf Seite 90 vorgestellte HDMI-Extraktor-Box, die Bild- und Tonsignal splittet und über eARC ausliefern kann. Mit ihr lässt sich der Atmos-Ton einer Spielkonsole oder eines Streaming-

Sticks an die Soundbar schicken, während das Bildsignal einen anderen Weg nimmt.

Die Beam Gen2 richtet man über die Sonos-App ein. Statt den Connect-Knopf auf der Rückseite zu drücken, genügt nun das Auflegen des Smartphones auf der Oberseite. An welcher Stelle genau, ist im Einrichtungsassistenten schlecht zu erkennen. Eine Markierung des NFC-Sensors auf dem Gehäuse wurde wohl aus Designgründen verworfen, bei der Einrichtung hätte ein Klebesticker geholfen.

Wie ihr Vorgänger kann die neue Beam Befehle ans TV per HDMI-CEC versenden und IR-Kommandos einer Fernbedienung durchleiten. Über die Sonos-App lassen sich die Sprachassistenten von Google oder Amazon verknüpfen.

Das Lautsprecher-Setup bleibt unverändert: Fünf Digitalverstärker treiben vier elliptische Tief-Mitteltöner und einen zentral platzierten Hochtöner an. Das eigentliche Hardware-Update steckt im leistungsfähigeren Prozessor. Die mit 1,4 GHz getaktete Quad-Core-CPU (A-53) soll nach Aussagen von Sonos eine um etwa 40 Prozent höhere Rechenleistung bringen. Die ist nötig, um komplexe Audioformate wie Dolby Atmos zu dekodieren.

Die Beam Gen2 nutzt psychoakustische Verfahren, um die bei diesem Format vorhandenen Informationen für die Höhenlautsprecher zum Klingen zu bringen. Bei den Audioformaten steht ebenfalls Atmos im Vordergrund (siehe S. 70). Immerhin angekündigt: Das lang ersehnte Update für DTS-5.1-Ton. Damit bleibt die Soundbar auch bei DTS-Spuren von Blu-rays nicht mehr stumm.

### Klangliches

Vor dem Musikgenuss steht der Einmessvorgang via Trueplay. Man benötigt nach wie vor ein iOS-Gerät, um die Soundabgabe der Beam zu optimieren. Der Aufwand lohnt sich immer dann, wenn der Aufstellungsort von der Idealvorstellung eines Schuhkartons mit zentraler Abhörposition abweicht. Trueplay hilft, Reflexionen auszugleichen oder hält ein sich klanglich aufschwingendes Sideboard im Zaum.

Die Beam Gen2 gibt sich im anschließenden Hörtest genauso souverän wie ihr Vorgänger. Bei der Musikwiedergabe liefert sie satte Bässe, knackige, klare Höhen und eine ordentliche Stereobühne. Mit Streaming-Lautsprechern im gleichen Preissegment hält sie locker mit. Auch das Heimkino-Erlebnis mit 5.1-Sound kann sich hören lassen. Die Beam schafft es, die Effektkanäle hörbar nach hinten zu verlagern.

Gespannt lauschen wir im Atmos-Test – und sind leicht enttäuscht. Klangeindrücke wandern zwar deutlich wahrnehmbar über den Fernseher, allerdings nicht wirklich über die Köpfe der Zuschauer hinweg. Sehr deutlich wird dies bei Test-Sequenzen wie dem „Atmos-Hubschrauber“ der bei entsprechender Lautsprecherbestückung an der Decke kreist. Verglichen mit der doppelt so teuren Sonos Arc muss sich die Beam geschlagen geben.

### Fazit

Wer schon eine Beam hat, braucht die alte nicht zu entsorgen. Will man fetten Heimkino-Sound, sollte man eher auf die Sonos Arc sparen. Dennoch wird die Beam Gen2 ihr Publikum finden, denn innerhalb der Sonos-Welt bietet sie das Einstiegspaket mit dem besten Preis/Leistungsverhältnis. Die freie Wahl des Sprachassistenten, eine breite Unterstützung von Streamingdiensten und -formaten und vor allem der ordentliche Klang machen sie zum idealen Musikspieler für die Wohnküche. Unter dem Fernseher geparkt, bekommt man ein ordentliches Sound-Update zum meist recht mauen Flach-TV-Klang. (sha@ct.de) **ct**

## Sonos Beam (Gen2)

Kompakt-Soundbar	
Hersteller, URL	Sonos, <a href="https://sonos.com/de-de">sonos.com/de-de</a>
Anschlüsse	Ethernet (100 Mbit/s), HDMI (eARC)
Sound-Formate	Stereo PCM, Dolby Digital (Plus), Dolby True HD, Dolby Atmos, Multichannel PCM
Konnektivität	Wi-Fi 5 (2,4 GHz / 5 GHz)
Abmessungen	65 cm × 7 cm × 10 cm
Standby	4,8 Watt
Preis	500 €



## Gipfelstürmer

**HDMI-Streaming-Sticks bringen schnell Videostreamingdienste auf Fernseher, die diese von Haus aus nicht unterstützen. Leider sind viele Modelle im Vergleich zu Settop-Boxen aber eher lahm. Nicht so der Fire TV Stick 4K Max.**

Schon der Zusatz „Max“ macht deutlich, wo Amazons neuer Fire TV Stick 4K in der Hierarchie der Reihe steht: ganz oben, mit laut Hersteller 40 Prozent Leistungsabstand zum bisherigen, weiterhin verfügbaren Topmodell. Möglich machen dies ein Quad-Core-Prozessor mit 1,8 statt 1,7 Gigahertz, eine GPU mit 750 statt 650 Megahertz und mehr Arbeitsspeicher (2 statt 1,5 GByte). So lässt sich schneller zwischen Apps wechseln als beim Fire TV Stick 4K, der in diesem Punkt einen mäßigen Eindruck hinterlassen hatte (c't 26/2018, S. 44).

Der Neuling ist zudem Amazons erster Stick mit Wi-Fi 6, was aber erst ein Vorteil wird, wenn Streams parallel an mehrere Wi-Fi-6-Geräte gehen. Sofort hilfreich ist die neue Fernbedienung, die Amazon nun auch dem Fire TV Stick 4K (ohne Max) beilegt: Über vier Tasten lassen sich Amazon Video, Amazon Music,

Netflix und Disney+ direkt aufrufen. Auch die neue Fernbedienung sendet nach Druck auf eine dedizierte Taste Sprachbefehle an die im Stick integrierte Alexa. Der Listenpreis des Max liegt mit 65 Euro weit über dem aktuellen Preis des 4K-Grundmodells (35 Euro), dennoch muss man den Ethernet-Adapter bei Bedarf weiterhin für 15 Euro hinzukaufen.

Bei der Formatunterstützung hat sich wenig getan: Der Neuling gibt wie der Vorgänger Videos bis zur ultrahohen Auflösung 2160p60 wieder, auch mit erhöhtem Kontrast in den Formaten HDR10, HLG, Dolby Vision sowie HDR10+. Die Ausgabe von Dolby Atmos sollte schon beim Fire TV Stick 4K kein Problem sein, funktioniert aber nie unter Netflix. Viele Heimcineasten verschmähen daher das Modell bis heute.

Damit war auch klar, was wir beim Max sofort ausprobieren würden. Und tatsächlich gibt er Netflix-Inhalte in 4K/Dolby Vision mit Dolby Atmos aus, ebenso entsprechende Videos bei Amazon Video. Dann jedoch folgte die böse Überraschung: Bei Disney+ ist 5.1-Ton das Maximum. Dabei beherrscht Amazons Fire TV Cube die 3D-Sound-Ausgabe bei Netflix und Disney+ problemlos. Apple TV+ und iTunes bieten über Fire TVs generell kein Dolby Atmos an.

Ein Schritt vor, ein Schritt zurück: Blöd ist nicht nur, dass Amazon weiterhin Player herausbringt, die trotz anderer Aussage nicht alle verfügbaren Formate bei allen Streamingdiensten unterstützen. Richtig schräg wird es dadurch, dass sich mit verschiedenen Fire-TV-Modellen ohne ersichtlichen Grund Dienste unterschiedlich gut nutzen lassen. Wer auf Dolby Atmos bei Disney+ verzichten kann, bekommt mit dem Fire TV Stick 4K Max allerdings einen Streaming-Stick, der sich flott bedienen lässt. (nij@ct.de)



## Sound-Extraktor

**Wer seine Atmos-Soundbar mit eARC-HDMI bespielen muss, braucht einen geeigneten Fernseher – oder doch nicht?**

Der „VAXO4101 HDMI eARC Pass Switch 4x1“ von FeinTech ist mit fünf HDMI-Ports ausgestattet. An einem schließt man Display oder Beamer an, am anderen etwa eine Soundbar, die eine Tonspur – etwa Dolby Atmos oder DTS:X – via HDMI-eARC empfangen kann. An die verbleibenden drei HDMI-Eingänge lassen sich Quellen wie eine Spielekonsole oder Streaming-Sticks anschließen.

Der aktiven Quelle meldet die Box beim HDMI-Handshake nun die Audiofähigkeiten der angeschlossenen Soundbar und die Videofähigkeiten des Displays. Startet man die Wiedergabe, trennt sie Video- von Audiospur der Quelle und sendet sie separat an Anzeigegerät und Soundbar. Über einen Taster kann man zwischen den drei Quellen direkt am Switch umschalten. FeinTech legt eine schicke IR-Fernbedienung bei, sodass man auch vom Sofa aus umschalten kann.

Im Test klappte die automatische Erkennung mit unterschiedlichen Streaming-Sticks ohne Probleme. Dolby Atmos-Ton mit Höheninformationen landete per eARC auf unserer Soundbar, ein FullHD-Videosignal auf dem Beamer. Der VAXO4101 ist mit einem Preis von 150 Euro nicht günstig, in manch einem Heimkino- oder Gaming-Setup allerdings alternativlos. (sha@ct.de)

## Fire TV Stick 4K Max

HDMI-Streaming-Stick	
Hersteller, URL	Amazon, amazon.de
Anschlüsse	HDMI, Bluetooth 5.0 und LE, Micro-USB (Strom / Ethernet-Adapter)
WLAN	Wi-Fi 6
Lieferumfang	5,25-Volt-Netzteil, Micro-USB-Kabel, HDMI-Verlängerung, Fernbedienung (inkl. Batterien)
Abmessungen, Gewicht	99 mm × 30 mm × 14 mm, 48,4 g
Preis	65 € (Streaming-Stick) / 15 € (Ethernet-Adapter)

## VAXO4101 HDMI eARC Pass Switch 4x1

HDMI-Audio-Extractor	
Hersteller, URL	FeinTech, feintech.eu
Lieferumfang	HDMI-Switch, Fernbedienung, Netzteil
Anschlüsse	1 × HDMI out (Video), 1 × HDMI eARC (Audio) 3 × HDMI in, USB (für Updates)
Standby	0,9 Watt
Preis	160 €





# Zapping-Stick

## Streaming-Stick fürs Internetfernsehen mit Waipu.tv überzeugt im Test

**Wer den Internet-TV-Dienst Waipu.tv nutzen möchte, kann jetzt einen Streaming-Stick hinzubuchen. Der soll mit extrem kurzen Umschaltzeiten ein optimales Fernseherlebnis bringen.**

Von Nico Jurrán

Die Live-TV-Plattform „Waipu.tv“ funktioniert mit jedem Breitband-Internetanschluss, verspricht im Unterschied zu Diensten wie Zattoo aber die Verlässlichkeit und Qualität eines Kabelanschlusses. Mit dem Konzept konnte Betreiber Exaring in Deutschland bislang über 640.000 Haushalte gewinnen. Manchen Interessenten störte allerdings, dass sich das Angebot nur an bestimmten Geräten nutzen ließ – wie Fire TVs, Apple TVs, Smart-TVs von LG und Samsung sowie mit Fernsehern mit Google TV (Android TV).

Nun bietet der Dienst seinen ersten eigenen Player an: Den Waipu.tv 4K Stick, der tatsächlich ein kleines Kästchen mit

kurzem HDMI-Kabel ist. Laut Exaring wurde er fürs Live-TV-Streaming optimiert – was zunächst bedeutet, dass sich Sender dank Zifferntasten auf der Fernbedienung direkt über ihre Kanalnummern anwählen lassen. Vor allem aber kann man mit dem Stick schnell zwischen den TV-Kanälen umschalten: Der Wechsel dauerte im Test oft gerade mal eine Sekunde. Der 20-Uhr-Gong der Tagesschau ertönte im Test bei Waipu.tv im Schnitt aber rund 23 Sekunden später als beim digitalen Kabel-TV-Anschluss von Vodafone, der seinerseits der Wirklichkeit um rund 10 Sekunden nachhängt.

Abgerundet wird das Konzept von einer Kanalübersicht mit aktuellen Kurzinfos sowie einer elektronischen Programmzeitschrift, wie man sie von besseren Digital-TV-Receivern kennt. Über die Bedienoberfläche lassen sich auch TV-Aufnahmen initiieren und abrufen, die bei Waipu.tv in der Cloud liegen.

### Das volle Programm

Vorinstalliert sind unter anderem Amazon Prime Video und die Mediatheken von ARD und ZDF. Für Netflix und YouTube gibt es obendrein Direktwahltasten auf der Fernbedienung. Als Betriebssystem nutzt der Stick Android TV 11, weshalb sich wei-

tere Apps aus dem Google Play Store nachinstallieren lassen – darunter Apple TV, DAZN, Joyn, TV Now und Peloton. Beim Versuch, die App für Disney+ aufzuspielen, erhielten wir jedoch die Meldung, dass unser Gerät nicht kompatibel sei.

Fernsehsender in UHD-Auflösung hat Waipu.tv aktuell nicht im Sortiment, Dienste wie Amazon Video und Netflix lassen sich aber in 4K schauen – sogar mit HDR-Bild im Format HDR10 und mit Dolby-Atmos-Ton. Da ist der Waipu.tv-Stick der Sky-Q-Box (c't 23/2021, S. 122) weit voraus: Sie liefert bislang durchgängig bestenfalls HD-Auflösung und 5.1-Ton.

Die Verbindung über WLAN klappte im Test einwandfrei, alternativ geht das mit einem USB-Adapter auch via Ethernet, der nicht mitgeliefert wird. Um Waipu.tv zu nutzen, benötigt man mindestens einen 16-MBit/s-Internetzugang.

Der Stick ist aktuell im Bundle mit dem „Perfect Plus“-Abo verfügbar, das rund 170 Sender enthält, darunter neben Free-TV Sendern in HD sowie ein Pay-TV-Paket mit über 45 Kanälen und die „Waiputhek“ mit über 20.000 Filmen und Serien auf Abruf. Das Paket kostet mit Stick im ersten Jahr 12,99 Euro monatlich, im zweiten Jahr wird ein Aufpreis von monatlich drei Euro für den Player fällig. Nach einem Jahr können Kunden monatlich kündigen. Der Stick soll später auch für einmalig rund 60 Euro zu kaufen sein.

Während ein herkömmlicher DVB-Receiver meist um die 20 Watt benötigt, begnügt sich der Stick mit knapp 2,5 Watt. Im Standby reichen ihm rund 0,5 Watt.

### Fazit

Exarings Konzept, Live-Fernsehen mit dem Waipu.tv 4K Stick wie ein DVB-Receiver auf den Bildschirm zu bringen, geht mit seinen Zifferntasten und der elektronischen Programmzeitschrift tatsächlich voll auf. Wegen der äußerst kurzen Umschaltzeiten stellt sich sogar ein „Zapping-Gefühl“ wie aus den Tagen des analogen TV-Empfangs ein. (nij@ct.de) **ct**

### Waipu.tv 4K Stick

Streaming-Player	
Hersteller, URL	Exaring, waipu.tv
Anschlüsse	HDMI, USB-C (Strom / Ethernet-Adapter)
WLAN	Wi-Fi 5 (mit WPA/WPA2)
Lieferumfang	5-Volt-USB-Netzteil, Fernbedienung (inkl. 2 AAA-Batterien)
Preis	60 € oder im Bundle mit „Perfect Plus“-Abo



# GPS-Bonbon

## Standort-Tracker „Area“ im Langzeittest

**Der „Area“ ist der dritte GNSS-Tracker des Start-ups Prothelis und ein echtes Leichtgewicht. Er soll zuverlässige Ortung mit 30 Tagen Akkulaufzeit bieten. Wir haben ihn über vier Monate getestet.**

Von Andrijan Möcker

Mit einem GNSS-Tracker (Global Navigation Satellite System) – umgangssprachlich auch GPS-Tracker genannt – verfolgen Sie aus der Ferne, was Ihnen lieb und teuer ist. Tracker nutzen dazu die Positionsermittlung via Satelliten (GPS, Galileo etc.) und liefern die so gewonnenen Positionsdaten über Mobilfunknetze an den Eigentümer aus; beispielsweise per App oder SMS. Sie enthalten also eine Ortsbestimmungs- sowie eine Meldekomponente.

Das sechs Jahre alte deutsche Start-up-Unternehmen Prothelis entwickelt Hard-

und Software für Tracker in Eigenregie. Die neueste Schöpfung heißt Area, kostet 69 Euro, wiegt nur 38 Gramm und soll mit einer Akkuladung bis zu 30 Tage überstehen. Wie bei den Vorgängern Greta und meintal ist eine SIM zur Nutzung von 2G-Netzen in 32 Ländern fest installiert; die Mobilfunkkosten sind im Tarif des Dienstes enthalten. Die

**Redakteurshund Nico trug den Area rund vier Monate am Halsband. Der 38 Gramm schwere Tracker hinderte den 27 Kilogramm schweren Elo nicht daran, durch den Harz und die österreichischen Alpen zu sprinten.**

nur im Voraus zahlbaren Tarife bedingen eine Registrierung beim Hersteller und reichen von einem Monat (4,99 Euro monatlich) bis zu zwei Jahren Laufzeit (3,79 Euro monatlich). Sie verlängern sich kundenfreundlich nicht automatisch.

### Fix eingerichtet

Zum Tracker legt der Hersteller ein Micro-USB-Ladekabel, eine Gummimanschette zur Gürtelmontage, Micro-USB-Stopfen (Wasser- und Staubschutz) sowie eine Schnellstartanleitung bei. Letztere verlangt in 15 Sprachen, die App für iOS und Android zu installieren.

Etwas verwunderlich: Statt die Geräteregistrierung in die App zu integrieren, hat Prothelis sie auf eine Website ausgelagert. Kein Drama, denn sie funktioniert im Mobilbrowser problemlos. Ein konkreter Hinweis, dass auch ein Webportal existiert, fehlt der Anleitung aber. Dass es existiert, erfährt man nur auf der Prothelis-Website über „Support / App“.

Nach Eingeben der Seriennummer fordert der Dialog zum Buchen und Bezahlen des Dienstes auf. Anschließend steckt man das Gerät zum Laden an, womit es aus dem Schlafmodus aufwacht und sich beim Prothelis-Server meldet. Wir hatten nach wenigen Minuten die erste Position auf dem Schirm und konnten den Tracker konfigurieren: Prothelis erlaubt acht Tracking-Intervalle zwischen 10 Sekunden und 24 Stunden sowie den Modus „Daten auf Abfrage“, wobei der Area dauerhaft Verbindung hält und auf Anforderung eine Position ermittelt. Das Menü weist darauf hin, dass neue Einstellungen stets übernommen werden, sobald der Tracker sich verbunden hat. Ge-



Bild: Heike Möcker



nauer gesagt: Steht das Intervall auf 24 Stunden, meldet sich der Area nur alle 24 Stunden. In der Zwischenzeit ist das GSM-Modul deaktiviert, sodass das Intervall nicht (aus der Ferne) verkürzt werden kann.

### Nass und trocken getestet

Web-Frontend und App sind leicht zu bedienen und übersichtlich gestaltet. Prothelis bietet alles, was man von einem Trackingdienst erwarten würde: Geofences – virtuelle Zäune beliebiger Geometrie auf der Karte – richtet man fix ein und Benachrichtigungen bei Übertretungen kamen zuverlässig auf unserem Smartphone an. Gleiches gilt für Geschwindigkeitsüberschreitungen bis 100 km/h sowie Temperaturen zwischen -20 und 60 °C, wofür der Tracker einen eigenen Sensor besitzt. Heimentwickler könnten etwas enttäuscht sein, dass Prothelis keine offene Anwendungsschnittstelle (API) zur Integration in eigene Anwendungen bietet – das wäre etwa für positionsgesteuerte Smart-Home-Logiken interessant. Vergangene Positionen


kann man lediglich per Web-Frontend als KML-, CSV- oder GPX-Datei exportieren.

Der Area ist laut Hersteller zwar ein Personen-Tracker, wir haben ihn jedoch am Redakteurshund Nico getestet. Die mitgelieferte Gummimanschette passte perfekt ans Halsband und hielt daran über vier Monate ohne Probleme. In dieser Zeit lief Nico durch den Harz sowie die österreichischen Alpen und nahm auch das ein oder andere Bad – inklusive Tracker, der das problemlos überstand. Positionen funkte das Gerät zuverlässig.

Wir konfigurierten das Intervall auf 30 Minuten, um einen Kompromiss zwischen guter Akkulaufzeit und schneller Intervalländerung beim Entlaufen des Tieres zu machen. Der 950 Milliampere-stunden fassende Akku hielt dabei jeweils sehr gute drei Wochen pro Akkuladung.

### Fazit

Der Prothelis Area ist ein tauglicher GNSS-Tracker für Mensch und Tier. Die Akkulaufzeit ist bei dieser Größe sehr gut

und zeigt, dass der Hersteller die Stromsparfunktionen der Hardware gut nutzt. Kritisch ist indes, dass das Gerät sich nur auf 2G-GSM-Netze stützt – NB-IoT, LTE-M oder Sigfox etwa fehlen. Auf Anfrage sagte Prothelis, dass man Nachfolgemodelle mit aktueller Netztechnik versehen werde. Insgesamt bietet Prothelis ein gutes Gesamtpaket, das besonders für Nutzer interessant ist, die alle Dienstleistungen unkompliziert aus einer Hand wollen.  
(amo@ct.de) 

## GNSS-Live-Tracker

Prothelis Area	
Hersteller, URL	Prothelis, prothelis.de
Akkukapazität, Ladeanschluss	950 mAh, Micro-USB
GNS-Systeme	Glionass, GPS
Mobilfunkanbindung	GSM
Maße, Gewicht	64 mm x 30 mm x 25 mm, 38 g
Gehäuseschutz	IP 67
laufende Kosten	4,99 bis 3,79 €/Monat (monatlich, 6/12/24 Mon. Laufzeit)
Preis	69 €

# ~~VPN~~ → ZTNA!

## Der smarte Zero-Trust Network Access für alle Bereiche!



**Cordaware  
bestzero®**

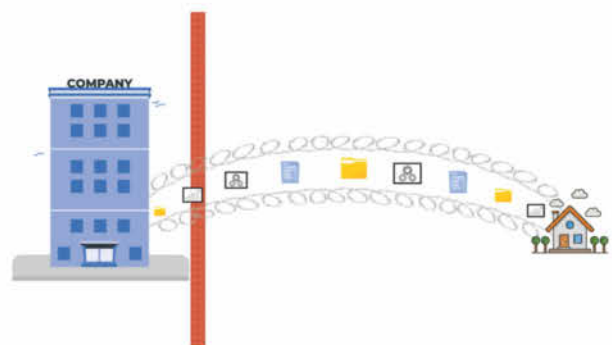
Testen Sie jetzt!



- ✓ Sichere Remote-Arbeit unabhängig vom eigenen Standort (Homeoffice / mobil)
- ✓ Zero-Firewall-Config - Keine offenen eingehenden Ports
- ✓ Unkomplizierte Bereitstellung interner Services für externe Benutzer

### Was Sie nicht benötigen!!

- ✗ Kostenintensive VPN Soft- und Hardware
- ✗ Hacking-anfälliges RDP durch offene Ports
- ✗ Keine aufwändige Firewall-Verwaltung



+ 49 (0) 8441 - 85 93 200

info@cordaware.com

www.cordaware.com



# Bio-Stick

## FIDO2-Stick YubiKey Bio mit Fingerabdrucksensor

**Ziemlich genau zwei Jahre nach der Ankündigung hat Yubico einen FIDO2-Stick mit Fingerabdrucksensor auf den Markt gebracht. Der gibt FIDO-Anmeldungen erst frei, wenn man sich per PIN oder Fingerdruck zu erkennen gibt. Entscheidend ist aber, was er nicht kann.**

Von Jan Mahn

**D**er YubiKey Bio ist fertig. Dass diese Meldung erst im Jahr 2021 erscheint, ist überraschend, der Öffentlichkeit gezeigt hatte Hardwaretoken-Hersteller Yubico ihn schon 2019 auf Microsofts Ignite-Konferenz. Die Arbeit an einem Fingerabdrucksensor hat das Unterneh-

men offenbar länger beschäftigt als ursprünglich geplant. Den neuen Stick gibt es in zwei Varianten, mit USB-A- oder USB-C-Stecker.

Äußerlich ist am YubiKey Bio nichts auszusetzen. Der Stick ist ein massives Stück Kunststoff, ohne Hohlraum und aus einem Guss, sodass ihm stumpfe Gewalt kaum etwas anhaben kann. Yubico schafft auch bei der USB-C-Variante das Kunststoffstück, den schmalen Stecker so mit dem Rest des Sticks zu verbinden, dass er auch bei rohen Kräften nicht im geringsten wackelt. Mit gängigen USB-Speichersicks, bei denen der Stecker oft nur von den Lötstellen gehalten wird, ist das Design nicht zu vergleichen, und einem Dauerbetrieb am Schlüsselbund steht nichts im Wege.

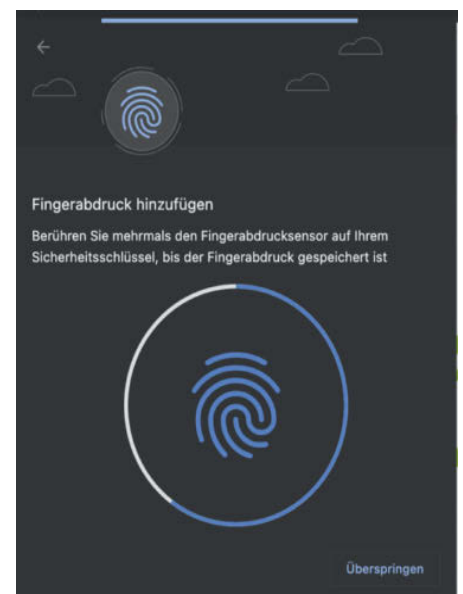
### Zusätzlicher Faktor

Aufgabe des Fingerabdrucksensors ist es, die Authentifizierung per U2F oder FIDO2,

sei es als zweiter oder als einziger Faktor, zu schützen. Parallel bleibt ein Zugriff per PIN immer möglich. Was in der FIDO-Terminologie PIN heißt, kann sehr lang sein: Bis zu 128 alphanumerische Zeichen sind erlaubt. Wer seine Accounts mit guten Kennwörtern, einem solchen Stick und Fingerabdrucksensor oder langer PIN sichert, hat eine sehr starke Authentifizierung.

Der verbaute Fingerabdrucksensor verrichtet seine Arbeit sehr zügig, eine kurze Berührung mit dem Finger reicht – vergleichbar mit dem Freischalten eines aktuellen Smartphones. Um auszuschließen, dass diese Geschwindigkeit auf Kosten der Genauigkeit geht, probierten wir im Test die gängigsten Angriffe gegen Fingerabdrucksensoren aus, auf die Sicherheitsforscher immer wieder hinweisen: Auf eine Kopie des Fingerabdrucks aus einer dünnen Schicht Holzleim, die man erst aufträgt, trocknen lässt und dann verkehrt herum aufdrückt, fiel der YubiKey genau so wenig herein wie auf einen Streifen Klebefilm mit anhaftendem Abdruck. Solche Angriffe sind ohnehin eher nichts für Gelegenheitsfinder.

In der Praxis haben Angreifer oder zufällige Finder eines verlorenen Sticks auch nicht viele Chancen, ihre Methoden auszuprobieren: Schon nach drei Fehlversuchen ist der Fingerabdrucksensor gesperrt



**Chrome kann unter macOS und Linux die Ersteinrichtung der PIN und eines Fingers betreuen. Für weitere Finger braucht man das kostenlose Programm Yubico Authenticator.**



und man muss die PIN eingeben. Die darf, weil man sie bestenfalls nur selten nutzt, durchaus kompliziert sein. Gibt der unberechtigte Finder auch die PIN achtmal falsch ein, kann man den Stick nur noch zurücksetzen. Er generiert dann ein neues Schlüsselpaar und man muss ihn neu bei den Diensten registrieren.

Zum Einrichten von PIN und Fingerabdruck kann man unter Windows die bordeigenen Werkzeuge in den System-einstellungen von Windows Hello nutzen. Unter macOS und Linux reicht ein Chrome-Browser, der beim ersten Registrierungsversuch die Einrichtung anbietet. Wer mehr als einen Finger anlernen will, braucht die kleine Desktop-App Yubico Authenticator, die es kostenlos für Windows, Linux und macOS gibt. Nach der Einrichtung brauchen Sie auf dem Computer, auf dem Sie sich mit FIDO2 anmelden wollen, keine zusätzliche Software. Die Unterstützung der Fingerabdruckfunktion in den Browsern ist in Ordnung – wenn auch noch nicht

perfekt. Auf dem Mac funktionierte die Fingerabdruckfunktion nur unter Chrome und Firefox. Safari fragte nach dem Antippen mit dem richtigen Finger immer nach der PIN. Firefox war nicht in der Lage, bei falschen Fingern auf PIN-Eingabe umzuschalten.

### Keine Extras

So praktisch der Sensor und die FIDO2-Anmeldung per Fingerdruck auch sind, so enttäuschend ist die weitere Ausstattung des YubiKey Bio: Obwohl schwarz und im selben Design wie seine Geschwister gehalten, gehört er nicht in die Reihe der YubiKeys aus der 5er-Reihe. Außer U2F und FIDO2 bringt er keine Funktionen mit. Die anderen schwarzen Sticks arbeiten zusätzlich noch als Smart-Card-Gerät, können OpenPGP-Schlüssel speichern und Einmalpasswörter (OTP) generieren. Letztere Funktion braucht man zum Beispiel, um eine Keepass-Datenbank mit dem Stick auf- und zuzuschließen. Auch eine NFC-Funktion, um den YubiKey kon-

taktlos an einem Mobiltelefon zu nutzen, fehlt dem Bio.

Der Fingerabdrucksensor als komfortabler Ersatz für eine lange PIN bringt durchaus einen Sicherheitsgewinn bei Verlust oder Diebstahl, den lässt sich Yubico aber gut bezahlen: Für den happigen Preis von 95 Euro ist die Ausstattung spärlich, gibt es doch den YubiKey 5C NFC mit kryptografischer Vollausrüstung schon für 53 Euro. Für denselben Preis gibt es bei Mitbewerbern schon FIDO2 mit biometrischer Sicherung – etwa den Trustkey G310. Wer gehofft hatte, auch seine Mails mit PGP per Fingerabdruck signieren zu können, muss darauf hoffen, dass Yubico den Sensor irgendwann in einen besser ausgestatteten Stick einbaut. (jam@ct.de) **ct**

### YubiKey Bio

FIDO2-Stick mit biometrischer Sicherung	
Hersteller, URL	Yubico, yubico.com/de/store
Authentifizierungsfunktionen	U2F, FIDO2
Preis	95,20 €



## ONLINE-WORKSHOP-PROGRAMM

### Web Accessibility Fundamentals

25. November, Referentin: Sandrina Pereira

Practical exercises, covering accessibility no-nos, and how to make them more inclusive using a mouse or a keyboard.

### Fortgeschrittene Typ-Level-Programmierung in TypeScript

2. Dezember, Referent: Peter Kröner

Wir beleuchten einige weniger bekannte Ecken von TypeScript und erforschen fortgeschrittene Features des Typsystems.

### Web-Performance 2022

26. November, Referent: Sven Wolfermann

Gelten die bekannten Web-Optimierungen auch 2022 noch? Dieser Workshop klärt alle Fragen zur Performanceoptimierung.

### 0 Framework-Overhead mit Solid.js

3. Dezember, Referent: Andreas Roth

Wir gehen gemeinsam die ersten Schritte mit Solid.js und lernen, wie sich das Framework von anderen abgrenzt.

Jetzt  
Ticket  
sichern

# Foto-Assistent

## Bildbearbeitung für Heimanwender: Adobe Photoshop Elements 2022

**Das Bedienkonzept von Photoshop Elements fußt auf Assistenten. Mit ihnen kann man Fotos entwickeln, retuschieren und montieren, animierte Bilder erstellen, Fotos in Kunstwerke wandeln und Diashows in verschiedenen Stilen erstellen.**

Von André Kramer

Photoshop Elements 2022 lockt Heimanwender, die wenig Erfahrung mit Bildbearbeitung haben, mit einer Vielzahl Assistenten auf Grundlage künstlicher Intelligenz. Der Startbildschirm gibt Zugriff auf die Bestandteile „Organizer“, „Photoshop Elements“ und die Videobearbeitung „Premiere Elements“, selbst wenn letztere nicht installiert ist.

Die Medienverwaltung Organizer ergänzt nach dem Import von Fotos oder Videos auf Grundlage des Bildinhalts

Stichwörter. Damit kann man nach Fotos suchen, die am Strand, in den Bergen oder in der Stadt entstanden sind. Außerdem helfen Gesichtserkennung, Geotagging und Sortierung nach Kalender beim Organisieren der Medien.

Die eigentliche Bildbearbeitung teilt sich in die Arbeitsbereiche „Schnell“, „Assistent“ und „Experte“. Im ersten bearbeitet man Grundeinstellungen in einer einfach gehaltenen Oberfläche. Hier hat sich seit Jahren wenig geändert und das sieht man den Ergebnissen auch an: Die Effekte wirken angesichts immer subtilerer Instagramfilter mittlerweile zu aufdringlich; die Korrekturen fallen oft destruktiv aus.

### Geführte Bearbeitung


Herzstück von Photoshop Elements ist der Assistentenbereich. Mit einfachen Schritt-für-Schritt-Anleitungen führt er durch Projekte für die Bildkorrektur, zur Porträtretusche, zum Erstellen von Rahmen, Schwarz-Weiß-Bildern und Effekten oder zur Montage von Gruppenbildern. Mit jeder Elements-Version kommen neue Assistenten hinzu. Es sind mittlerweile fast 60.

Neben einer Anleitung zur Porträtoptimierung gibt es nun auch eine für Tierfotos. So kann man den Kontrast im Fell verstärken oder Hundeleinen aus dem Bild retuschieren. Die bereits mehrere Jahre in Photoshop enthaltene Funktion „inhaltsbasierte Füllung“ nutzt Adobe im Assistenten „Fotohintergrund erweitern“, um homogene Flächen zu verlängern. Mit Bereichsreparatur- und Kopierstempeln korrigiert man leichte Fehler. Bei komplexen Hintergründen erzeugt die KI ein Kuddelmuddel aus duplizierten Artefakten. Diashows präsentiert das Programm in bewegten Rahmen und mit sich überlagernden Masken. So ruft es einzelne Fotos über ein 3x3-Raster auf und erzeugt sanfte Kamerafahrten.

Der Bereich „Experte“ präsentiert Bildbearbeitungswerkzeuge klassischer Machart mit Werkzeugen, Ebenen und Masken. Eine reduzierte Variante des Importdialogs Camera Raw bearbeitet Grundeinstellungen. Wer sich hier zu Hause fühlt, kann aber besser auf das Foto-Abo von Adobe (11,89 Euro monatlich) und damit auf Photoshop setzen, denn Photoshop Elements ist arg beschnitten: Es fehlen frei steuerbare Gradationskurven sowie die Farbmodi CMYK und Lab.

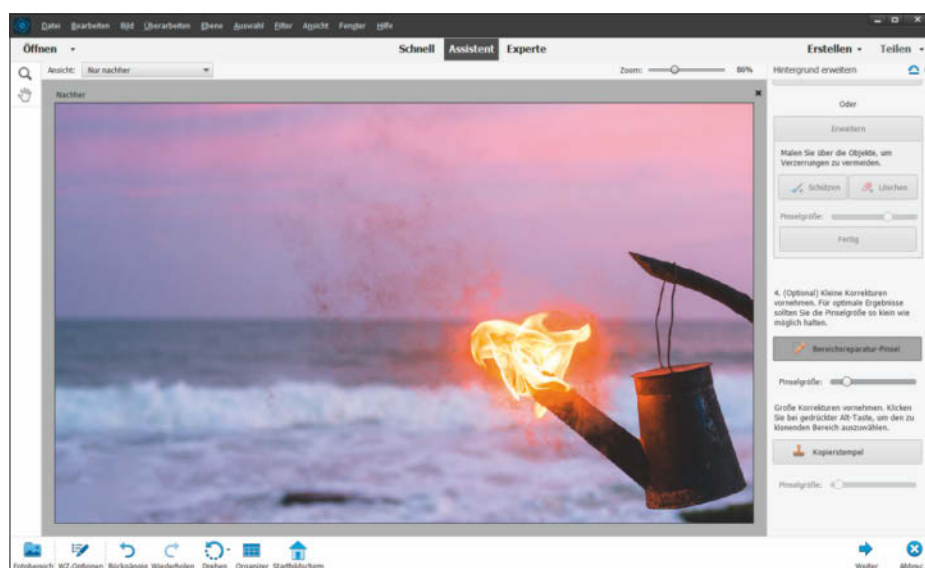
Die selbsttätige Motivauswahl über KI und die automatische Kolorierung von Schwarz-Weiß-Fotos erzielen respektable Ergebnisse. Hier kann man auch die fast schon altbackenen KI-Gemäldeeffekte der um 2016 populären Prisma-App anwenden. Ein Dialog für animierte Fotos überlagert Bilder mit Schneeflocken, Glitzer oder anderen Partikeln und exportiert das Projekt im MP4-Format. Ein anderer verkrümmt einkopierte Fotos, beispielsweise um das mitfotografierte Smartphone in der verspiegelten Sonnenbrille zu ersetzen.

### Fazit

Photoshop Elements ist nichts für Profis. Diese Bildbearbeitung ist im Hobbyzimmer zu Hause. In den letzten Jahren hat Adobe die Anwendung zwar nicht um weltbewegende Funktionen erweitert, aber immer neue Assistenten für frische Effekte ergänzt. (akr@ct.de) 

## Photoshop Elements 2022

Bildbearbeitung	
Hersteller, URL	Adobe, <a href="https://adobe.com/de">adobe.com/de</a>
Systemanf.	Windows 10, macOS 10.15 oder 11
Preis	98,77 € (Upgrade: 80,92 €)



Ein Assistent in Photoshop Elements 2022 erweitert Fotos mit homogenem Hintergrund, um sie in einem anderen Seitenverhältnis zu nutzen.



betterCode()

# .NET 6

Das Online-Event von Heise und [www.IT-Visions.de](http://www.IT-Visions.de)  
zum neuen LTS-Release

23. November 2021

Jetzt  
Tickets zum  
**Frühbucher-  
Rabatt**  
sichern!

Die betterCode .NET 6 gibt dir Antworten  
auf zentrale Herausforderungen:

- ✓ **Migration:** Wann und wie man auf .NET 6 umsteigen sollte
- ✓ Was ist **neu in .NET 6**?
- ✓ Neue Features von **ASP.NET Core 6** und **Blazor 6** kennen lernen
- ✓ Die wichtigsten **Sprachneuerungen in C# 10**
- ✓ Von Xamarin.Forms nach **.NET MAUI**: Wann ist der Einsatz von .NET MAUI im eigenen Projekt vorteilhaft?
- ✓ UI-Framework: Wie sich **WinUI 3** in deinen Anwendungen einsetzen lässt
- ✓ Ausblick auf .NET 7

 heise Developer



dpunkt.verlag

Workshop am 25. November: Umstieg von .NET Framework auf .NET 6

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



# Gute Karten

## Günstige Prepaid-Tarife fürs Smartphone

**Prepaid-Tarife bieten viel Leistung, sind preiswert und für jeden verfügbar. Das Vorkasseprinzip sorgt für Kostenkontrolle und ist eine gute Alternative zu einer langen Vertragsbindung. Mit zahlreichen Optionen lassen sich die Tarife jederzeit flexibel an den Bedarf anpassen.**

Von Urs Mansmann

**R**und ein Viertel aller Mobilfunknutzer in Deutschland haben eine Prepaid-SIM. Das ist eine erstaunlich niedrige Quote, denn Prepaid-Tarife sind günstig

und das Angebot vielfältig. Verträge mit langen Laufzeiten nützen dagegen vor allem den Anbietern, für den Kunden sind sie oft ein schlechtes Geschäft. Die bei der Einführung vor rund 20 Jahren noch sehr teuren Prepaid-Tarife sind inzwischen günstiger als aktuelle Laufzeitverträge, zumindest für Wenig- bis Normalnutzer.

Laufzeitverträge sind eigentlich nur noch für Vielnutzer mit einem verbrauchten Datenvolumen von 15 Gigabyte oder mehr im Monat interessant sowie für geschäftliche Nutzer, die eine Mobilfunkrechnung benötigen, die vom Finanzamt anerkannt wird. Das Problem: Die Prepaid-Anbieter quittieren zwar die Einzahlung, nicht aber den Verbrauch des Guthabens. Privatkunden mit geringem bis mittlerem Bedarf sind bei Prepaid dennoch gut aufgehoben.

Ein wichtiger Aspekt von Prepaid-Verträgen ist die Kostenkontrolle: Der Mobilfunkvertrag kann nur genutzt werden, solange genügend Guthaben auf dem Konto ist. Sobald das Konto leer ist, können Tarifoptionen nicht mehr gebucht werden. Läuft der Optionstarif aus, gelten die Standardpreise etwa für ein Telefonat oder ein Megabyte Daten. Aber man bleibt erreichbar. Das Schlimmste, was passieren kann, ist, dass das Restguthaben durch Internetnutzung zum Standardpreis aufgezehrt wird. Durch das so hart gedeckelte Kostenrisiko eignen sich solche Verträge auch für Jugendliche, Kinder und wenig technikaffine Senioren. Durch geschickte Wahl des Tarifs, beispielsweise mit kostenlosen netzinternen Gesprächen oder einem Freivolumen ins Festnetz, kann man auch sicherstellen, dass Kinder selbst



dann noch zu Hause anrufen können, wenn das Guthaben erschöpft und das Monatsvolumen aufgebraucht ist.

Erreichbar bleiben Sie mit einem Prepaid-Vertrag auf jeden Fall, auch wenn das Guthaben gerade einmal nicht für die monatliche Buchung eines Optionstarifs gereicht hat. Sogar Messenger funktionieren noch eingeschränkt, wenn das monatliche Volumen aufgebraucht ist. 16 bis 64 kbit/s reichen für Textnachrichten, auch wenn es eine Weile dauern kann, bis diese zugestellt werden. Je nach Anbieter wird die Karte aber möglicherweise deaktiviert, wenn man 2 bis 24 Monate lang keinen Optionstarif bucht und kein Guthaben auflädt.

Stellen Sie deshalb unbedingt sicher, dass Sie SMS vom Provider erhalten und lesen können, in denen er Buchungen und Tarifänderungen ankündigt. Haben Sie eine Prepaid-Karte länger nicht benutzt, sollten Sie zunächst prüfen, ob sie noch aktiv ist. Prepaid-Karten von O2 und Vodafone können nach Jahren noch aktiv sein, andere Provider hingegen deaktivieren die Karten nach eigenen Angaben womöglich schon nach zwei Monaten ohne Nutzung.

Aufladen lassen sich Prepaid-Karten auf mehreren Wegen. Der Kauf von Guthaben im Einzelhandel ist zwar unüblich geworden, funktioniert aber immer noch. Je nach Verkaufsstelle muss man entweder einen Code von einer Rubbelkarte oder dem Kassenbon abtippen. Lädt man am Geld- oder an sonstigen Serviceautomaten auf, muss man beim Kauf des Guthabens die Mobilfunknummer angeben.

Einfacher und komfortabler läuft die Zahlung bargeldlos mittels Kreditkarte, Bankeinzug oder PayPal per App oder online im Kundencenter. Das geht auch aus der Ferne, weil keine Eingaben am Handy erforderlich sind. Aufladen kann man die Prepaid-Karte des Kindes im Landschulheim oder der Mutter in der Seniorenresidenz also auch von zu Hause aus. Hat man Zahlungsdaten im Kunden-Account hinterlegt, kann man eine Aufladung auch am Handy per SMS oder Instant Messenger auslösen.

## Flexibel bleiben

Ein Prepaid-Vertrag lässt sich jederzeit an einen geänderten Bedarf anpassen. Brauchen Sie mal einige Wochen oder Monate mehr oder weniger Datenvolumen, können Sie die passende Tarifoption jederzeit zubuchen oder kündigen, üblicherweise

**Jugendliche können erst mit 16 Jahren einen Prepaid-Vertrag abschließen. Vorher müssen die Eltern einspringen.**

ohne Fristen. Nach der Kündigung oder Buchung eines neuen Tarifs läuft die aktuelle Option zum Ende des üblichen Vierwochenzeitraums aus.

Laufzeitverträge hingegen lassen sich nur in eine Richtung schnell anpassen: nach oben. Einen teureren Vertrag können Sie jederzeit schließen, für einen günstigeren müssen Sie hingegen warten, bis Ihr Vertrag ausgelaufen ist, und das kann bei den üblichen Laufzeiten von 12 und 24 Monaten lange dauern.

Aufpassen muss man beim Vertragsabschluss: Tchibo beispielsweise verkauft auch Verträge mit sehr kurzer Laufzeit. Auf den ersten Blick sehen diese wie Prepaid-Verträge aus, allerdings fehlt die Kostenkontrolle, die Rechnung kommt am Ende des Monats und wird abgebucht. Prepaid-Verträge bei Tchibo sind ausdrücklich als solche gekennzeichnet.

Ein häufig gehörtes Argument gegen einen Prepaid-Vertrag ist, dass man sich dann regelmäßig um das Aufladen von Guthaben kümmern müsse. Das nehmen einem die Provider über das automatische Aufladen gerne ab. Man gibt seine Bankverbindung an und der Provider bucht einen festgelegten Betrag ab, sobald ein bestimmter Guthabenstand unterschritten wird oder das Guthaben nicht mehr für die Bezahlung einer gebuchten Tarifoption reicht.

Das mag ganz praktisch sein, hebt aber die Kostenkontrolle aus. Bedient sich ein Abzocker am Konto, etwa durch angeblich abgeschlossene Abos oder Spenden, wird es womöglich automatisch immer wieder nachgefüllt, bis auffällt, dass da etwas nicht stimmt. Für unerfahrene oder wenig technikaffine Nutzer ist das zu gefährlich. Für diesen Personenkreis sollte man auch keine größeren Geldbeträge auf Vorrat aufladen, denn das Guthaben auf dem Konto ist dann unter Umständen schnell weg. Unerwartet hohe Ausgaben entstehen schon, wenn der

Nutzer irrtümlich davon ausgeht, eine Flatrate zu haben, in Wirklichkeit aber fürs Telefonieren 9 Cent pro Minute bezahlen muss. Zwei Stunden Telefonat schlagen dann bereits mit 10,80 Euro zu Buche.

Besser ist es, das Konto nach Bedarf zu füllen. Bei O2 und Vodafone kann man das per Überweisung und damit per Dauerauftrag erledigen und das Guthaben passgenau auffüllen, auch bei krummen Summen. Bei Vodafone muss man das Geld an das Konto DE68 3007 0010 0250 8000 00 überweisen und im Verwendungszweck die Rufnummer mit Vorwahl und führender Null (also beispielsweise 01729973186) angeben. Bei O2 muss man eine SMS mit dem Wort „Bank“ an die kostenfreie Kurzwahl 56656 schicken und erhält dann die Bankverbindung und den spezifischen Verwendungszweck für die aktive SIM-Karte.

Viele Prepaid-Anbieter verlangen vom Kunden die Angabe einer Bankverbindung. Diese dient dann zwar zum Aufladen, eine automatische Aufladung muss der Kunde aber nicht einrichten. Die damit verbundene Bonitätsprüfung kann dazu führen, dass Kunden mit schlechter Kreditwürdigkeit keinen Vertrag abschließen können. Anders als Zahlungen per Kreditkarte, Überweisung oder Barzahlung kann der Kunde Lastschriften zurückgehen lassen. Dann müsste der Anbieter seinem Geld hinterherlaufen. Diskussionen darüber mit Hotline-Mitarbeitern kann man sich sparen; wer abgelehnt wird, muss sich einen anderen Anbieter suchen.

## Drei Netze zur Wahl

Die Netzbetreiber O2, Telekom und Vodafone haben eigene Prepaid-Angebote. Zusätzlich haben die Netzbetreiber auch Tochterunternehmen, etwa Congstar (Telekom), Fyve (Vodafone) oder Fonix (O2), die andere Zielgruppen ansprechen sollen und weitere Tarife anbieten.

Aktivitätszeitfenster der ALDI TALK SIM-Karte	
Startguthaben 10.00 €	12 Monate
Aufladung oder Bezahlung einer Tarifoption per Bankkonto:	Verlängerung des Aktivitätszeitfensters um:
ab 5.00 €	4 Monate
ab 10.00 €	8 Monate
ab 15.00 €	12 Monate
ab 30.00 €	24 Monate
Maximalguthaben	200.00 €
Maximales Aktivitätszeitfenster	24 Monate

**Aldi Talk gibt exakt an, wie lange das Aktivitätsfenster nach Aufladung gilt. So transparent gehen damit bislang die wenigsten Anbieter um.**

Die dritte Gruppe sind unabhängige Anbieter, die fertige Paketangebote der Netzbetreiber unter dem eigenen Markennamen verkaufen. Rechtlich gesehen vermitteln viele dieser Anbieter einen Vertrag mit dem Netzbetreiber, bei Edeka Smart beispielsweise direkt mit der Tele-

kom, bei Lidl Connect mit Vodafone oder bei Alditalk mit der E-Plus Service GmbH, einem Unternehmen der Telefónica-Gruppe. Aus den AGB kann man herauslesen, welches Netz man nutzen wird, wenn es im Angebot nicht direkt ersicht-

Die Netze der drei Betreiber sind unterschiedlich gut ausgebaut. In Tests hat stets die Telekom die Nase vorn, dicht gefolgt von Vodafone. O2 folgte in früheren Netztests mit einigem Abstand, hat aber in den vergangenen Jahren offenbar ernsthafte Anstrengungen unternommen und zu den Mitbewerbern aufgeschlossen. Erhebliche Unterschiede gibt es noch bei der Abdeckung im 5G-Netz, das allerdings für die meisten Prepaid-Kunden gar keine Rolle spielt. 5G lässt sich mit den wenigsten Prepaid-Angeboten nutzen und wenn ja nur gegen Aufpreis. Da in allen 5G-versorgten Gebieten bereits 4G verfügbar ist, verbessert das 5G-Netz die Abdeckung nicht, sondern bestenfalls die erzielbare Datenrate.

In vielen Gegenden hat sich längst herumgesprochen, welcher Netzbetreiber die beste Abdeckung bietet. Da Prepaid-Kunden keine Vertragsbindung haben, lässt sich die Wahl des falschen Netzes mit wenig Aufwand und geringen Kosten korrigieren.

### 1 Megabyte Daten pro Minute

Prepaid-Tarife gibt es bei den meisten Anbietern wahlweise als reine Internet- oder

## Prepaid-Tarife fürs Smartphone mit voller Kostenkontrolle

Anbieter	Aldi Talk	Blau	Congstar	Discotel
Tarif	Basistarif	Prepaid	Allnet / Prepaid wie ich will	LTE Prepaid 6 ct
URL	alditalk.de	blau.de	congarstar.de	discotel.de
Netz	02	02	Telekom	02
Grundkonditionen				
max. Datenrate Download / Upload, beste Zugangstechnik	25 / 10 Mbit/s, LTE	25 / 11,2 Mbit/s, LTE	25 / 5 Mbit/s, LTE	21,6 / 11,2 (50 / 32 <sup>1</sup> ) Mbit/s, LTE
Datenrate gedrosselt Download / -Upload	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 16 kbit/s	32 / 32 kbit/s
Preis Telefonminute / SMS	11 / 11 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	6 / 6 ct
Preis Telefonminute / SMS anbieterintern	3 / 3 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	6 / 6 ct
Grundpreis Abfrage Mailbox	kostenlos	kostenlos	kostenlos	6 ct/Min.
Grundpreis Daten	24 ct/MByte	24 ct/MByte	—	6 ct/MByte
Optionen und Erweiterungen				
fest zubuchbare reine Datenoptionen oder -pakete	1 GByte, 3,99 €/28 Tage; 3 GByte, 6,99 €/28 Tage; 5 GByte, 9,99 €/28 Tage; 10 GByte, 14,99 €/28 Tage; 1 / 10 GByte, 1,99 € / 3,99 €/24 Stunden	0,3 GByte, 2,49 €/28 Tage; 1 GByte, 3,99 €/28 Tage; 3 GByte, 6,99 €/28 Tage; 5 GByte, 9,99 €/28 Tage; 10 GByte, 4,99 €/24 Stunden	0,5 GByte, 3 €/28 Tage; 1 / 3 / 5 GByte, 5 / 8 / 15 €/28 Tage; 0,025 / 10 GByte/24 Stunden 1 / 5 €; 15 GByte, 8 €/48 Stunden; 20 GByte, 20 €/7 Tage	1 GByte, 3,95 €/28 Tage; 3 GByte, 6,95 €/28 Tage; 5 GByte, 9,95 €/28 Tage; 10 GByte, 14,95 €/28 Tage
fest zubuchbare Kombi-Pakete aus Daten und Telefonie/SMS	3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,99 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 12,99 €/28 Tage; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 17,99 €/28 Tage	0,15 GByte, 150 Min./SMS, 4,99 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,99 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 12,99 €/28 Tage; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 17,99 €/28 Tage	0,5 GByte, 100 Min., 5 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie-Allnet-Flat, 10 €/28 Tage; 5 GByte, Telefonie-Allnet-Flat, 15 €/28 Tage	1 GByte, 100 Min. oder SMS, 4,95 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,95 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 12,95 €/28 Tage; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 17,95 €/28 Tage
Schweiz im Roaming zum EU-Tarif abgerechnet	—	—	✓ (nur Datennutzung)	—
Kosten				
einmalige Gebühren	9,99 €	9,99-19,99 €	9,99 €	9,95-17,95 €
Startguthaben	10 €	10-20 €	7,50-15 €	10-18 €
mögliche Zahlungsmittel bei Online-Bestellung	PayPal, Visa, Mastercard, Amex, Klarna, Rechnung	SEPA-Lastschriftmandat erforderlich	SEPA-Lastschriftmandat erforderlich	SEPA-Lastschriftmandat erforderlich

<sup>1</sup> für Flat-M-, L- und XL-Tarife sowie Data XL

<sup>2</sup> nur zu Kombipaketen zubuchbar

<sup>3</sup> max. 20 €/Kalendermonat

<sup>4</sup> für Data-Tarif

✓ vorhanden

— nicht vorhanden



kombinierte Internet- und Telefonatarife. Viele günstige Varianten enthalten nur 100 bis 300 Telefonminuten oder SMS, die teureren eine Allnet-Flat. Wer das Handy nur zum Surfen und für Messenger-Telefonate nutzt, kann zum billigeren Nur-Internet-Tarif greifen. Telefonate per WhatsApp, Telegram, Signal & Co. sind grundsätzlich kostenlos, pro Gesprächsminute muss man allerdings rund 1 Megabyte Volumen rechnen. Erheblich aufwendiger sind Videotelefonate: Die sollte man deshalb über kostenlose WLANs führen, um das kostbare Freivolumen nicht im Handumdrehen aufzuzehren.

Wer den eigenen Bedarf nicht kennt, kann sich mit Prepaid-Tarifen problemlos herantasten. Stellt man gegen Ende des ersten Abrechnungszeitraums fest, dass man einen zu großen Tarif gewählt hat, kann man diesen kostenlos und mit wenigen Klicks in der App des Prepaid-Anbieters oder im Online-Kundencenter durch einen anderen ersetzen. Geht hingegen das gebuchte Volumen schon nach ein oder zwei Wochen aus, bekommt man zusätzliches Volumen zum Nachbuchen angeboten. Da nachgebuchtes Volumen er-

heblich teurer ist als im Voraus bezahltes, sollte man das Monatsvolumen eher ein wenig zu großzügig als ein wenig zu knapp bemessen. Ins Smartphone- oder Tablet-Betriebssystem integrierte Volumenzähler und die Apps der Anbieter ermöglichen eine gute Übersicht, wie viel Freivolumen man bereits verbraucht hat und ob die Kalkulation wenigstens ungefähr hinkommt.

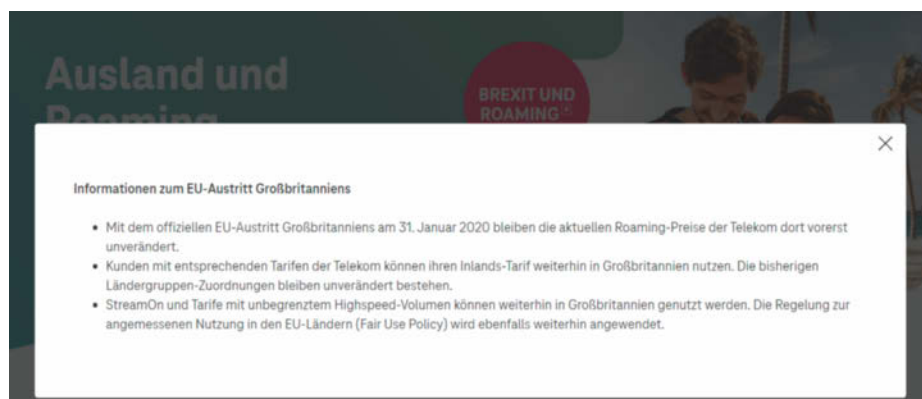
Für Prepaid-Kunden gibt es inzwischen auch echte Flatrates, also ohne Volumenbegrenzung. Diese sind zwar deutlich teurer als ihre Pendanten aus Laufzeitverträgen, dafür kann man sie flexibel für einen Monat buchen und wieder kündigen. Das kann beispielsweise praktisch sein, wenn man umzieht oder vorübergehend in einer fremden Stadt beruflich tätig ist und dafür schnell einen Internetzugang braucht. Sein mit rund 70 Euro für vier Wochen teuerstes Prepaid-Angebot verkauft O2 nicht als Flatrate, sondern als Volumentarif mit 999 Gigabyte. Die 50 Mbit/s, auf die anschließend gedrosselt wird, sind aber derart großzügig bemessen, dass wir den Tarif in der Tabelle auf Seite 104 als Flatrate aufführen. Etliche Prepaid-Tarife kommen schon im unge-

drosselten Betrieb nur auf 25 Mbit/s, was dennoch für alle denkbaren Anwendungen ausreicht.

Die meisten Tarife werden nach Verbrauch des Inklusivvolumens auf 16 bis 64 kbit/s gedrosselt. Das ist so wenig, dass selbst das Nachbuchen zusätzlichen Datenvolumens per App oft scheitert oder quälende Minuten lang dauert. Praktisch lässt sich damit fast nichts anfangen, wenn mehrere Apps gleichzeitig versuchen, Daten aus dem Internet abzurufen und dann für eine einzelne App netto nur noch wenige Hundert Bit pro Sekunde übrig bleiben. Das reicht gerade noch für Textnachrichten in Instant Messengern, und selbst die benötigten mitunter sehr lange.

Alle hier vorgestellten Tarife lassen sich auch im EU-Ausland einsetzen. Sogenannte nationale Tarife, die sich nur in Deutschland nutzen lassen und kein Roaming ermöglichen, haben sich im Prepaid-Markt nicht durchsetzen können. Volumenbegrenzungen gibt es lediglich für Flatrate-Tarife, Volumentarife lassen sich bei vorübergehendem Aufenthalt in der EU zu den gleichen Konditionen wie in Deutschland nutzen. Tariflich gehört

Edeka	Free Prepaid	Fonic	Fyve	Jamobil
Smart Talk	6 ct	Classic / Smart	Basis-Tarif	Prepaid Smart/Easy
edeka-smart.de	free-prepaid.de	www.fonic.de	www.fyve.de	www.jamobil.de
Telekom	O2	O2	Vodafone	Telekom
300 / 50 Mbit/s, LTE	21,6 / 11,2 (50 / 32 <sup>1</sup> ) Mbit/s, LTE	25 / 10 Mbit/s, LTE	21,6 / 3,6 Mbit/s, LTE	25 / 5 (32 / 5,7) <sup>4</sup> Mbit/s, LTE
32 / 16 kbit/s	32 / 32 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 16 kbit/s
9 / 9 ct	6 / 6 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct
kostenlos/kostenlos	6 / 6 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct
kostenlos	kostenlos	kostenlos	kostenlos	kostenlos
—	6 ct/MByte	24 ct/MByte	—	24 ct/MByte
Flatrate <sup>2</sup> , 5,80 €/24 Stunden	1 GByte, 3,95 €/28 Tage; 3 GByte, 6,95 €/28 Tage; 4,5 GByte, 9,95 €/28 Tage; 7 GByte, 14,95 €/28 Tage	0,5 GByte, 1,99 €/Kalendertag <sup>3</sup> ; 3,5 GByte, 9,99 €/28 Tage	0,75 GByte/30 Tage, 5 €; 10 GByte/24 Stunden, 4,99 €	5,5 GByte, 14,99 €/28 Tage
1 / 3 GByte, 50 / 200 Min./SMS, 4,95 / 9,95 €/28 Tage; 5 GByte, 300 Min./SMS, 14,95 €/28 Tage; 8 GByte, Telefonie- und SMS-Flat, 24,95 €/28 Tage; Flatrate für Daten und Telefonie, 94,95 €/28 Tage	1 GByte, 100 Min. oder SMS, 4,95 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,95 €/28 Tage; 5 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 12,95 €/28 Tage; 10 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 19,95 €/28 Tage	3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 9,99 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 16,99 €/28 Tage; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 19,99 €/28 Tage	1 GByte, 200 Min./SMS, 6,95 €/Monat; 2 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 8,95 €/Monat; 4 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 14,95 €/Monat	1 GByte, 100 Min., 4,99 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,99 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 12,99 €/28 Tage oder 29,99 €/6 Monate; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 19,99 €/28 Tage
✓ (nur Datennutzung)	—	—	—	✓ (nur Datennutzung)
9,95-94,95 €	kostenlos	9,99 €	10-17,45 €	9,95 €
10-100 €	—	10 €	1-10 €	5-20 €
PayPal, Visa, Mastercard	SEPA-Lastschriftmandat erforderlich	SEPA-Lastschriftmandat erforderlich	Visa, Mastercard, Lastschrift, Überweisung	PayPal, Visa, Mastercard



**Noch wird die Roaming-Nutzung in Großbritannien zu günstigen EU-Konditionen berechnet. Das könnte sich aber bald ändern.**

Großbritannien vorerst weiter zur Union, möglicherweise nicht mehr lange. In den Tariflisten der Provider, die das O2-Netz nutzen, gilt der Tarif für das Roaming dort nur noch bis 31. Dezember dieses Jahres. Zwar behält sich O2 eine Verlängerung dieser Regelung vor, aber im ungünstigsten Fall gilt im Vereinigten Königreich schon ab 1. Januar der viel höhere Roaming-Preis für sonstige europäische Län-

der wie die Schweiz, Albanien oder die Ukraine.

### Einheitspreis für Servicenummern

Viele Tarife umfassen eine Allnet-Flat fürs Telefon. In Kombination mit einem modernen Handy, das Voice over LTE (VoLTE) beherrscht, machen sie das Festnetztelefon weitgehend überflüssig. Teurer als im

Festnetz sind lediglich Anrufe zu Servicenummern wie 0180. Das ändert sich aber zum 1. Dezember: Ab dann kosten zunächst 0180-Rufnummern, ab April dann auch 0137-Rufnummern aus dem Mobilnetz so viel wie aus dem Festnetz. Aufpassen muss man dann nur noch bei Auslandsgesprächen, die man aber über einen günstigen VoIP-Anbieter und eine App abwickeln kann.

Das im Mobilfunk eingesetzte Verfahren Enhanced Voice Service (EVS) ist auch für Prepaid-Kunden verfügbar und überträgt Audio bis zu 14 kHz, das ist eine ganze Oktave mehr als HD Voice im Festnetz. Mit kompatiblen Gegenstellen klappt das auch netzübergreifend, und bei Telefonaten ins Festnetz gibt es Gateways, die die Protokolle umwandeln. Geringe Kosten, gute Sprachqualität und bequeme Nutzung haben Folgen: Die Kunden wandern in großer Zahl aus dem Festnetz in die Mobilfunknetze ab. Das Festnetz wird allmählich zum Auslaufmodell.

Die bessere Tonqualität lässt sich jedoch nur mit einem modernen Handy nutzen, das VoLTE und EVS beherrscht. Das sind praktisch alle aktuellen Geräte

## Prepaid-Tarife fürs Smartphone mit voller Kostenkontrolle (Teil 2)

Anbieter	Lebara	Lidl Connect	Nettokom	O2
Tarif	Data / Komplet	Classic	Basic	my Prepaid
URL	lebara.de	www.lidl.de	www.nettokom.de	www.o2-freikarte.de
Netz	Telekom	Vodafone	O2	O2
<b>Grundkonditionen</b>				
max. Datenrate Download / Upload, beste Zugangstechnik	18 / 2,5 Mbit/s, LTE	25 / 10 Mbit/s, LTE	25 / 10 Mbit/s, LTE	225 / 50 Mbit/s, LTE
Datenrate gedrosselt Download / -Upload	32 / 16 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	32 / 32 kbit/s
Preis Telefonminute / SMS	9 <sup>2</sup> / 19 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct
Preis Telefonminute / SMS anbieterintern	9 <sup>2</sup> / 19 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct
Grundpreis Abfrage Mailbox	9 ct/Min. <sup>2</sup>	kostenlos	kostenlos	9 ct/Min.
Grundpreis Daten	19 ct/MByte	—	24 ct/MByte	0,03 GByte, 0,99 €/Tag
<b>Optionen und Erweiterungen</b>				
fest zubuchbare reine Datenoptionen oder -pakete	2,5 GByte, 9,99 €/28 Tage; 5 GByte, 14,99 €/28 Tage; 14 GByte, 29,99 €/28 Tage; 25 GByte, 49,99 €/28 Tage; 50 GByte, 79,99 €/28 Tage	0,75 GByte, 2,99 €/28 Tage; 3 GByte, 6,99 €/28 Tage; 5 GByte, 9,99 €/28 Tage; 10 GByte, 14,99 €/28 Tage; 10 GByte 4,99 €/24 Stunden	1 GByte, 3,99 €/28 Tage; 3 GByte, 6,99 €/28 Tage; 5 GByte, 9,99 €/28 Tage; 1 GByte 1,99 €/24 Stunden; 10 GByte 3,99 €/24 Stunden	0,15 GByte, 1,99 €/28 Tage
fest zubuchbare Kombi-Pakete aus Daten und Telefonie/SMS	2 GByte, 200 Min., 9,99 €/28 Tage; 5 GByte, Telefonie-Allnet-Flat, 19,99 €/28 Tage; 12 GByte, Telefonie-Allnet-Flat, 29,99 €/28 Tage	1 GByte, 100 Min./SMS, 4,99 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,99 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 12,99 €/28 Tage; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 17,99 €/28 Tage	3 GByte, Telefonie- und SMS-Flat, 7,99 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Flat, 12,99 €/28 Tage; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Flat, 17,99 €/28 Tage	3,5 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 9,99 €/28 Tage; 6,5 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 14,99 €/28 Tage; 12,5 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 19,99 €/28 Tage; Flatrate <sup>3</sup> , Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 69,99 €/28 Tage
Schweiz im Roaming zum EU-Tarif abgerechnet	—	—	—	—
<b>Kosten</b>				
einmalige Gebühren	—	9,99 €	9,99 €	—
Startguthaben	—	10 €	10 €	1 €
mögliche Zahlungsmittel bei Online-Bestellung	PayPal, Visa, Mastercard, Amex, Klarna, Giropay	PayPal, Visa, Mastercard, Vorkasse	SEPA-Lastschriftmandat erforderlich	keine Zahlung nötig

<sup>1</sup> providerinterne Flat <sup>2</sup> zzgl. 19 ct pro Telefonat <sup>3</sup> 5G für 3 €/28 Tage optional <sup>4</sup> inklusive Hotspot-Flat <sup>5</sup> zusätzlich 200 / 500 Min./SMS ins EU-Ausland <sup>6</sup> inklusive 5G <sup>7</sup> 5G für 2,99 €/28 Tage



am Markt, die nicht älter als drei bis vier Jahre sind. Unter Umständen muss die Funktion in den Einstellungen des Smartphones aktiviert werden. Wer zum Telefonieren Uraltgeräte einsetzt, bekommt damit nicht einmal die Qualität einer einfachen analogen Festnetzverbindung ohne HD.

## Schnell gewechselt

Nimmt man seine Rufnummer von einem Prepaid-Account mit, muss man zunächst eine Verzichtserklärung gegenüber dem alten Anbieter abgeben. Die Gebühren für die Portierung, maximal 6,82 Euro, sollte man vorher dem bisherigen Konto gutgeschrieben haben. Sobald die Verzichtserklärung bearbeitet wurde, kann man mit der Nummer zum neuen Anbieter umziehen. Dort muss man schon bei der Bestellung angeben, dass man eine bestehende Rufnummer mitbringt. Nachträglich ist das, wenn überhaupt, nur mit großem Aufwand möglich.

Prepaid-SIMs werden üblicherweise online bestellt und per Post verschickt. Bei Vodafone und O2 bekommt man die SIM-Karte sogar kostenlos zugesandt und muss

keinerlei Zahlungsdaten angeben. Einige Karten von Discountern sind nicht online, sondern nur im jeweiligen Supermarkt erhältlich. Der Gesetzgeber verpflichtet Prepaid-Anbieter dazu, die Identität des Kunden zu prüfen. Das läuft entweder über einen Identifizierungsdienst in einer Filiale oder an der Haustür oder, viel bequemer und schneller, über eine Videoschleife. Dabei überzeugt sich ein Mitarbeiter davon, dass der Ausweis echt ist und der Ausweisinhaber persönlich vor der Kamera sitzt. Erst dann aktiviert er die Karte und sie kann verwendet werden. Wer seine Prepaid-Karte im Mobilfunkgeschäft holt, kann sich die Authentifizierung sparen und seinen Ausweis direkt beim Kauf vorlegen. Im Supermarkt geht das nicht: Wer seinen Vertrag beispielsweise bei Aldi, Rewe oder Penny abschließt, muss sich zu Hause per Video verifizieren.

Wechseln Sie von einem Prepaid-Anbieter zu einem anderen, können Sie sich noch vorhandenes Guthaben auszahlen lassen. Der BGH entschied 2011 (Az. III ZR 157/10 vom 9.6.2011) in einem Verfahren, das der VZBV angestrengt hatte, dass AGB-Klauseln, die einen Verfall des Rest-

guthabens vorsehen, rechtswidrig sind. Allerdings verjährt dieser Anspruch nach drei Jahren, erklären die Verbraucherzentralen. Schikanen wie die Forderung nach Rückgabe der SIM-Karte oder der Zusage einer Ausweiskopie sind dabei nicht zulässig. Einen Musterbrief der Verbraucherzentralen zur Guthabenerstattung finden Sie unter [ct.de/ymds](http://ct.de/ymds).

## Fazit

Prepaid-Karten sind für Privatkunden mit einem monatlichen Verbrauch bis 15 GigaByte eine günstige und leistungsfähige Alternative zum Laufzeitvertrag. Die Verträge lassen sich schnell und einfach buchen. Ändert sich der Bedarf, lassen sich die Tarifoptionen kurzfristig anpassen. Die Guthabenverwaltung per App oder Internet ist einfach und lässt sich in vielen Fällen auf Wunsch automatisieren. Geeignet sind solche Tarife mit voller Kostenkontrolle für jeden, also nicht bloß für Kinder, Jugendliche oder Senioren.

(uma@ct.de) **ct**

**Auszahlung von Prepaid-Guthaben:**  
[ct.de/ymds](http://ct.de/ymds)

Otelo	Pennymobil	Tchibo Mobil	Telekom	Vodafone
Prepaid	Easy / Smart	Smart	MagentaMobil Prepaid	CallYa
<a href="http://www.otelo.de">www.otelo.de</a>	<a href="http://www.pennymobil.de">www.pennymobil.de</a>	<a href="http://www.tchibo.de">www.tchibo.de</a>	<a href="http://www.telekom.de">www.telekom.de</a>	<a href="http://www.callya.de">www.callya.de</a>
Vodafone	Telekom	O2	Telekom	Vodafone
21,6 / 3,6 Mbit/s, LTE	25 / 5 (32 / 5,7) <sup>4</sup> Mbit/s, LTE	25 / 10 Mbit/s, LTE	300 / 50 Mbit/s, LTE (5G <sup>3</sup> )	500 / 100 Mbit/s, LTE (5G <sup>3</sup> )
64 / 64 kbit/s	64 / 16 kbit/s	64 / 64 kbit/s	32 / 16 kbit/s	32 / 32 kbit/s
9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct
9 / 9 ct	9 / 9 ct	9 / 9 ct	kostenlos	9 / 9 ct
kostenlos	kostenlos	kostenlos	kostenlos	9 ct/Min.
–	24 ct/MByte	24 ct/MByte	2,95 €/Monat mit 50 MByte für 1,49 €/24 Stunden	3 ct/MByte
0,5 GByte, 3,95 €/28 Tage; 1 GByte, 4,95 €/28 Tage; 3 GByte, 9,95 €/28 Tage; 7 GByte, 19,95 €/28 Tage	5,5 GByte, 14,99 €/28 Tage	1 GByte, 4,99 €/28 Tage; 4 GByte, 9,99 €/28 Tage; 7 GByte, 14,99 €/28 Tage; 12 GByte, 19,99 €/28 Tage	Flatrate, 5,95 €/24 Stunden	10 GByte, 4,99 €/24 Stunden; 100 GByte, 6,99 €/24 Stunden; 2 GByte, 9,99 €/28 Tage; 5 GByte, 19,99 €/28 Tage; 7,5 GByte, 29,99 €/28 Tage
0,75 GByte, 100 Min./SMS, 4,95 €/28 Tage; 1 GByte, 200 Min./SMS <sup>1</sup> , 6,95 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,95 €/28 Tage; 5 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 14,95 €/28 Tage	1 GByte, 100 Min., 4,99 €/28 Tage; 3 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 7,99 €/28 Tage; 6 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 12,99 €/28 Tage oder 29,99 €/6 Monate; 12 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 19,99 €/28 Tage	– (nur als Laufzeitvertrag)	2 GByte, 200 Min., 9,95 €/28 Tage <sup>4</sup> ; 3 GByte, 300 Min., 14,95 €/28 Tage <sup>4</sup> ; 5 GByte, Telefonie- und SMS-Flatrate, 24,95 €/28 Tage <sup>4</sup> ; Daten-, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 99,95 €/28 Tage <sup>4,6</sup>	1 GByte, 50 Min./SMS <sup>1</sup> , 4,99 €/28 Tage; 3 / 5 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat <sup>2</sup> , 9,99 / 14,99 €/28 Tage; 15 GByte, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 20 €/28 Tage; Daten-, Telefonie- und SMS-Allnet-Flat, 79,99 €/28 Tage
–	✓ (nur Datennutzung)	–	✓ (nur Datennutzung)	– (Option: 1 GByte/14 Tage, 9,99 €)
4,95 €	9,95 €	9,99 €	9,95–99,95 €	–
–	5–20 €	10 €	10–100 €	–
PayPal, Visa, Mastercard, Lastschrift, Vorkasse	PayPal, Visa, Mastercard	PayPal, Visa, Mastercard, Vorkasse	PayPal, Visa, Mastercard, Amex, Nachnahme	keine Zahlung nötig
<sup>8</sup> nach Verbrauch von 999 GByte auf 50 / 32 Mbit/s reduziert <sup>9</sup> für Data-Tarif ✓ vorhanden – nicht vorhanden				



# Erwachsen geworden

## Google Pixel 6 und Pixel 6 Pro mit eigener CPU und mehr KI

**Die neuen Pixel-Smartphones von Google haben etwas Besonderes: Die Prozessoren kommen nicht mehr von Qualcomm, sondern von Google selbst. Das soll unter anderem ganz neuartige KI-Funktionen bei der Bildbearbeitung ermöglichen.**

Von Stefan Porteck

**W**er ein Pixel kauft, bekommt stets Funktionen, die es bei anderen Android-Smartphones (erst mal) nicht gibt. Beim neuen Pixel 6 und dem größeren

Pixel 6 Pro zum Beispiel eine ganz eigenständige CPU. Bislang steckte in jedem Pixel-Telefon ein System-on-a-Chip (SoC) von Qualcomm. Die neueste Pixel-Generation bricht mit dieser Tradition. Google ist aber nicht nur zur Konkurrenz gewechselt, sondern hat eine eigene Systemarchitektur entwickelt. Ziel des Ganzen: Mehr KI im Smartphone. Am stärksten profitieren die Foto- und Videofunktionen davon.

Das SoC, bestehend aus CPU, GPU, Titan-M2-Sicherheits- und KI-Chip, nennt Google „Tensor“ – in Anlehnung an Googles Machine-Learning-Umgebung Tensor Flow. Der Name kommt nicht von ungefähr: Der Tensor-Chip verfügt über eine eigene Recheneinheit, die für lokales maschinelles Lernen und KI-Berechnungen optimiert ist.

Der Tensor-Chip hat drei Einheiten: Die schnelle Einheit hat zwei Kerne, die mit maximal 2,8 Gigahertz takten. Zusätzlich gibt es zwei mittelschnelle Kerne mit 2,25 GHz und vier langsame Kerne mit 1,8 GHz. Bei vielen anspruchsvolleren Anwendungen reicht die Rechenpower der mittleren Kerne bereits aus, was sich positiv auf die Akkulaufzeit auswirkt.

Bei unseren Benchmarks erreichten beide Pixel-Phones sehr gute Ergebnisse. Im Vergleich zu anderen aktuellen Smartphones müssen sich die Pixel – wie die übrige Konkurrenz – nur vom iPhone 13 deutlich geschlagen geben. Die volle Leistung konnte der Tensor-Chip aber nicht beliebig lange halten: Wie Smartphones mit Qualcomms Snapdragon 888 drosselten auch beide Pixel-Phones ihre CPUs mit steigender Temperatur.

Das dürfte man aber nur merken, wenn man sehr aufwendige 3D-Spiele zockt. Bei alltäglichen Aufgaben war es hingegen egal, was wir mit den Pixel Phones anstellten – wir bekamen kein Ruckeln der Anzeige, irgendwelche Lags oder nervige Gedenkseunden beim App-Start zu Gesicht.

### Gute Displays

In den vergangenen Jahren haben Smartphones immer mehr an Größe zugelegt. Auch die Pixel 6 gehen diesen Trend mit: Schon das „kleine“ Pixel 6 hat eine Diagonale von 16,3 Zentimeter (6,4 Zoll), während das Pixel 6 Pro auf 6,7 Zoll, also 17 Zentimeter kommt. Die beiden Telefone bieten also üppig Platz. Wer sich indes wieder ein handliches, kleines Modell gewünscht hat, wird enttäuscht.

Beide Telefone haben OLED-Displays. Das kleine Pixel löst mit 2400 × 1080 Bildpunkten auf, das große Pixel bietet 3120 × 1440 Bildpunkte. Daraus ergeben sich 411 und 512 dpi, was in beiden Fällen eine gestochen scharfe Darstellung garantiert. Mit einer Farbtiefe von 24 Bit bringen beide Displays sehr knackige Farben und feinste Farb- und Helligkeitsunterschiede auf den Schirm – und wegen guter Abstimmung ohne dass alles quietschbunt aussieht.

Die Displays passen ihre Bildwiederholrate wie einige andere Smartphones dynamisch an die Inhalte an. So taktet das Pixel 6 beim Scrollen, Spielen oder entsprechenden Videos bis auf 90 Hz, das Pixel 6 Pro bis auf 120 Hz. Bei überwiegend statischen Inhalten reduziert das 6 Pro die Displaywiederholrate bis auf



10 Hz, um Strom zu sparen. Das kleinere Pixel geht nur bis 60 Hz runter. In unseren Tests sorgte die adaptive Wiederholrate für sehr flüssiges Scrollen, weshalb sich das Pixel nicht nur beim Spielen, sondern beim Bedienen insgesamt schnell und geschmeidig anfühlte.

Die maximale Helligkeit liegt bei rund 900 cd/m<sup>2</sup> beziehungsweise 800 cd/m<sup>2</sup>. Das ist locker hell genug, um die Geräte auch im Sonnenschein gut ablesen zu können. Da OLEDs schwarze Inhalte wirklich pechschwarz anzeigen, ist der Kontrast bei beiden Smartphones sehr hoch. Kleine Unterschiede stellten wir bei der Winkelabhängigkeit fest, die beim kleinen Pixel geringfügig stärker ausgeprägt war. Ab etwa 70 Grad Abweichung von der Draufsicht erschienen weiße Flächen mit einer leichten Drift in Richtung Grün/Blau. Im Alltag wird man das wohl aber nur selten bemerken.

Das Pixel 6 und das Pixel 6 Pro kann man gut auch anhand der Displayeinfassungen unterscheiden. Das kleine Pixel hat einen flachen Bildschirm, während das Pixel 6 Pro seitlich abgerundete Displaykanten besitzt. Diese sogenannten Edge-Displays gefallen nicht jedem. Technisch haben die Rundungen beim 6 Pro keinen Nachteil: Beim Festhalten mit dem Handballen lösten wir anders als bei manchen früheren Edge-Displays keine ungewollten Toucheingaben aus.

## Steg statt Buckel

Die Akkus bisheriger Pixel-Modelle waren nicht gerade als Langläufer bekannt. Größere Akkus als die, die jemals zuvor in einem Pixel steckten, wirken dem entgegen: Das kleine Pixel 6 hat eine Kapazität von 4614 mAh und das große eine von 5003 mAh. Das macht sich bemerkbar. So wurden beide Pixel bei den Tests der Laufzeiten nicht mehr von der Konkurrenz abgehängt. Einzig bei prozessorintensiver Nutzung schaffen auch die neuen Geräte nur eine unterdurchschnittliche Laufzeit von rund sieben Stunden.

Google versucht bei fast jeder Pixel-Generation, einen eigenen Design-Akzent zu setzen. Bei den Modellen des sechsten Aufschlags fällt der Kamerabuckel ins Auge – oder besser gesagt der Kamerasteg. Die einzelnen Kameralinsen sind über einen erhabenen, schwarzen Streifen verteilt, der sich über die gesamte Breite erstreckt. Das sieht fast aus wie der Visor von Geordi La Forge aus der Star-Trek-Reihe.

Dieses Design ist gewöhnungsbedürftig, zumal sich der Kamerasteg knapp drei Millimeter vom Gehäuse absetzt und so wie ein Fremdkörper wirkt. Einen handfesten Vorteil hat der durchgängige Steg immerhin: Man kann die Pixel 6 auf den Tisch legen, ohne dass sie kipplern.

## Gute Bildretusche durch KI

Wenn es um gute Kameras und schöne Fotos ging, waren Pixel-Smartphones schon immer eine sichere Bank. Beide haben eine Hauptkamera mit Laserfokus, optischer und elektronischer Bildstabilisierung sowie einer Auflösung von 50 Megapixel des rauscharmen Sensors. Sie nimmt Bilder mit einem Bildwinkel von 107 Grad auf (Blende  $f/1,85$ ). Zur Seite steht ihr eine Weitwinkellinse mit 114° und 12 Megapixel. Das Pixel 6 Pro hat zusätzlich noch ein Teleobjektiv. Bei der Frontkamera gibt es ebenfalls Unterschiede: Das Pixel 6 schafft 8 MP mit einem Erfassungswinkel von 84°, beim 6 Pro sind es 11 MP und mit 94° auch etwas weitwinkeligere Fotos.

Mit den Hardwarevoraussetzungen wirken die Fotos kontrastreich, haben sehr satte und dabei natürlich anmutende Farben. Details werden scharf gezeichnet, wirken an Objektkanten aber nicht so überschärft wie etwa beim aktuellen iPhone 13 Pro Max. Auch zählen Pixel-Smartphones zu den besten, wenn es darum geht, bei schwachem Licht schöne Fotos zu knipsen. Die Pixel 6 schneiden im Düstern gut ab und zeigen im Labor weniger Bildrauschen und Farbabweichungen als die Konkurrenz.

Die Google-Kamera-App hat wieder einige Kniffe parat, um Fotos automatisch aufzuhübschen. Neu sind Funktionen rund ums Thema Bewegung und der Bildretusche: So versucht der Scharfzeichner, die Gesichter von bewegten Personen unverwischt einzufangen. Laut Google kombiniert die Software dazu ein Foto der Hauptkamera mit einem zweiten Bild mit kurzer Belichtungszeit der zweiten Linse. Hinzu kommt eine Prise KI der Kamera-App, die aus mehreren Aufnahmen die schärfsten Gesichtszüge ins finale Foto berechnet.

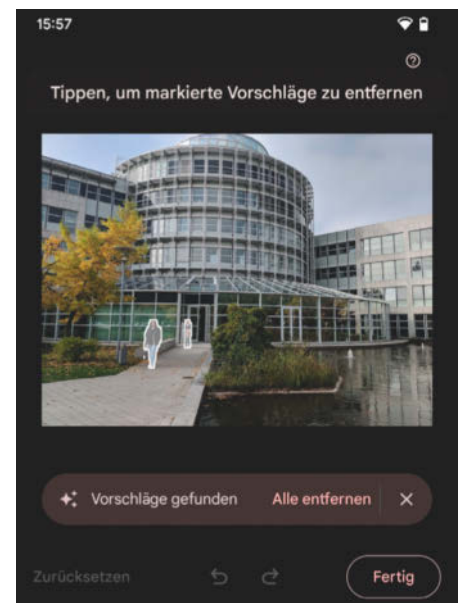
Im Bewegungsmodus arbeiten die Kameras hingegen gezielt mit Unschärfe. So führte der Schwenkeffekt zu einer gleichmäßigen Bewegungsunschärfe des Hintergrundes bei gleichzeitig scharfem Hauptmotiv, wenn man beispielsweise Autos, Züge oder Radfahrer im Vorbeifahren



Das Pixel 6 Pro hat neben der Haupt- und Weitwinkelkamera auch ein Makroobjektiv in seinem Kamerasteg.

ren ablichtet. Zudem lassen sich eindrucksvolle Langzeitbelichtungen erstellen, bei der die KI anschließend entscheidet, ob ein Bereich scharf bleibt, während andere Elemente (wie Lichter oder fließende Gewässer) weich oder verwaschen erscheinen. Die Ergebnisse fallen nicht immer perfekt aus, bringen das eine oder andere sehenswerte Foto hervor.

Ein Software-Highlight, das sich nicht in der Kamera-App befindet, sondern exklusiv für die Pixel-6-Reihe in der Google-Fotos-App: Der Magic Eraser retuschiert mit einem Fingertipp störende Elemente wie etwa Stromleitungen oder Personen im Hintergrund aus den Fotos heraus. Sobald man das Tool startet, untersucht eine



Der Magic Eraser schlägt automatisch vor, störende Bildelemente nach einem Fingertipp zu entfernen. In den meisten Fällen kann sich das Ergebnis sehen lassen.

KI das Foto. Sie markiert mutmaßlich störende Bildelemente. Unerwünschte Objekte kann man auch manuell umkringeln. Der Magic Eraser bleibt laut Google ein Pixel-exklusives Feature.

In unseren Tests funktionierte das Tool ziemlich gut. Besonders Personen, die in Landschaftsaufnahmen im Hintergrund zu sehen waren, stempelte der Magic Eraser so sauber aus dem Bild, dass wir selbst bei starkem Heranzoomen an die bearbeitete Stelle keine oder nur wenige Bildartefakte erkannten. Solche zeigen sich aber, wenn man Objekte im Vordergrund entfernt oder welche vor markant gemusterten Flächen – etwa Hauswänden oder gepflasterten Wegen. Trotzdem fanden wir den Magic Eraser sehr beeindruckend. Schlechtere Ergebnisse lieferte er zumeist bei Bildern, für deren Retusche selbst Profis mit Photo-shop einige Zeit benötigt hätten.

Auch dieses Jahr gehen die Google-Phones gleichzeitig mit der neuesten Android-Version an den Start. Die Pixel-

Telefone sind mit die ersten Geräte, die mit Android 12 laufen. Jede Pixel-Generation hat eigene Betriebssystemfunktionen, die grundsätzlich nicht bei Android-Smartphones anderer Hersteller zu finden sind, sondern bestenfalls bei älteren Modellen der Pixel-Reihe nachgereicht werden.

### Android-Extrawurst

So ist das Pixel 6 das erste Smartphone, bei dem der Google Recorder nun auch auf Deutsch gesprochene Texte automatisch in Textform transkribiert. Die Textdateien lassen sich exportieren und im Volltext durchsuchen – praktisch für Schüler, Studenten und Journalisten. Bislang gab es das nur auf Englisch.

Zudem verdingen sich die neuen Pixels auf Wunsch als Dolmetscher und übersetzen Texte auf Fotos, in Chatnachrichten und aus Untertiteln von Audio- und Videoclips ins Deutsche. Über den Google Assistant lässt sich eine Simultanübersetzung mit sofortiger Sprachausgabe


einschalten, was eine halbwegs fließende Kommunikation mit Fremdsprachlern ermöglicht.

Mit Android 12 kommt man auf den Pixel-6-Phones zudem in den Genuss der generalüberholten Oberfläche mit dem Namen Material You. Außer an der Optik hat Google in Android 12 an den Datenschutz- und den Privacy-Einstellungen geschraubt: Mit dem neuen Dashboard überblickt man die Berechtigungen einzelner Apps und passt diese gleich an eigene Bedürfnisse an – flexibler als bei Android 11. Hinzu kommen praktische Funktionen, etwa eine grüne Aufnahme-LED in der Statusleiste, die stets gut sichtbar signalisiert, wenn eine App gerade auf die Kamera oder das Mikrofon zugreift.

Ebenfalls ein Novum: Google passt den Support-Zeitraum an. Gab es bislang nur drei Jahre lang Updates für Pixel-Phones, sind es nun fünf. Die Sache hat aber einen Haken: Das Versprechen bezieht sich nur auf die monatlichen Sicherheitsupdates. Sie gibt es bis 2026. Betriebssystemupdates wird es weiterhin nur für drei Jahre geben, womit Android 15 voraussichtlich das letzte Versionsupdate für die Pixel 6 sein dürfte. Aber wenigstens macht Google einen ersten Schritt in Richtung nachhaltigere Smartphones.

### Fazit

Googles Rechnung, von einer Qualcomm-Architektur zu eigenen Tensor-Chips zu wechseln, geht beim Pixel 6 und 6 Pro auf: Beide Smartphones sind flott und trotzdem hält ihr Akku lange durch. Die KI-Einheit von Tensor ermöglicht zudem neue Funktionen, die es bislang – wenn überhaupt – nur über eine Cloudanbindung gab. Die wichtigsten davon sind die gute Bildaufbereitung der Google-Kamera, die sogar im Dunkeln ansehnliche Fotos macht und die automatische Bildretusche von Google Fotos, die dank KI spielend leicht ungewollte Elemente aus Fotos heraus retuschiert.

Trotz mehr Leistung und anderen Detailverbesserungen sind die 6er-Pixel im Einstiegspreis nicht gestiegen und stehen in Sachen Lebensdauer besser da als andere Android-Smartphones: Der Tensor-Chip bietet genug Leistung, um nicht innerhalb kurzer Zeit zur lahmen Ente zu verkommen und Google verspricht monatliche Sicherheitsupdates für fünf Jahre – das gab es bei Googles Android-Telefonen bislang nicht. (spo@ct.de) 

## Smartphones

Modell	Pixel 6	Pixel 6 Pro
Hersteller / Farben, Varianten	Google / Schwarz, Korall, Mintgrün	Google / Schwarz, Weiß, Blassorange
Betriebssystem / Security Level	Android 12 / Oktober 21	Android 12 / Oktober 21
Display / Auflösung / Leuchtdichte	6,4"-OLED / 2400 × 1080 Pixel / 1,7 ... 932 cd/m²	6,7"-OLED / 3120 × 1440 Pixel / 1,7 ... 885 cd/m²
Updates laut Hersteller bis	Android 15 / Sept. 2026	Android 15 / Sept. 2026
<b>Kamera</b>		
Hauptkamera	50 MP (4080 × 3072 per Pixelbinning), f/1,85, mit OIS, 24 mm (82°)	50 MP (4080 × 3072 per Pixelbinning), f/1,85, mit OIS, 24 mm (82°)
Weitwinkelkamera	50 MP (4080 × 3072), f/2,2, ohne OIS, 114°	50 MP (4080 × 3072), f/2,2, ohne OIS, 114°
Telekamera	—	12,5 MP (4080 × 3072), f/3,5, mit OIS, 23,5°
Frontkamera	8,1 MP (3280 × 2464), f/2, ohne OIS, 84°	11,1 MP (3840 × 2880), f/2,2, ohne OIS, 94°
<b>Ausstattung</b>		
Prozessor / Kerne × Takt / GPU	Google Tensor / 2 × 2,8 GHz, 4 × 1,8 GHz, 2 × 2,25 GHz / Mali-G78	Google Tensor / 2 × 2,8 GHz, 4 × 1,8 GHz, 2 × 2,25 GHz / Mali-G78
RAM / Flash-Speicher / Kartenslot	8 GB / 128 GB / —	12 GB / 128 GB (optional 256 GB) / —
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Ortung	Wi-Fi 6 (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6 (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 3.1 Gen.1 / —	USB-C 3.1 Gen.1 / —
Akku / Ladeleistung / Drahtlosladen	4614 mAh / 30 W / ✓	5003 mAh / 30 W / ✓
Abmessungen / Gewicht / Schutzklasse	15,9 cm × 7,5 cm × 1,1 cm / 207 g / IP68	16,4 cm × 7,6 cm × 1,1 cm / 210 g / IP68
<b>Messungen, Laufzeiten, Benchmarks</b>		
Laufzeiten bei 200 cd/m² Helligkeit	16,6 h lokales Video / 7,8 h 3D-Spiel / 16,9 h Videostream / 15,9 h Surfen	14,9 h lokales Video / 6,9 h 3D-Spiel / 15,1 h Videostream / 15,3 h Surfen
Coremark Single / Multi / 3DMark Wild Life Extreme	22182 / 91200 / 1370	22504 / 92042 / 1376
Geekbench V4 Single / Multi / V5 Single / Multi	4468 / 10809 / 889 / 2497	3639 / 9732 / 928 / 2505
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	44 fps / 44 fps / 89 fps / 115 fps / 64 fps / 67 fps	31 fps / 50 fps / 81 fps / 117 fps / 49 fps / 78 fps
<b>Bewertung und Preise</b>		
Bedienung / Performance / Ausstattung	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕
Display / Kamera / Akku	⊕ / ⊕⊕ / ○	⊕ / ⊕⊕ / ○
Preis	650 €	ab 900 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden		



# secIT by Heise

**Der Treffpunkt für Security-Anwender und -Anbieter**

**29. – 31.03.2022,**  
Hannover

**SAVE THE DATE**

**Seien Sie dabei und profitieren Sie als Besucher von neuesten Trends, Produkten und Software-Lösungen in der IT-Security.**

**Das erwartet Sie:**

- Große Ausstellung in zwei Hallen
- Spannende Fachvorträge auf drei Bühnen
- Praxisnahe Workshops mit Security-Experten
- Informative Expert-Talks der wichtigsten Security-Anbieter
- Austausch mit der Community vor Ort

Am **13. und 14. September 2022**  
findet zusätzlich eine **digitale secIT** statt.

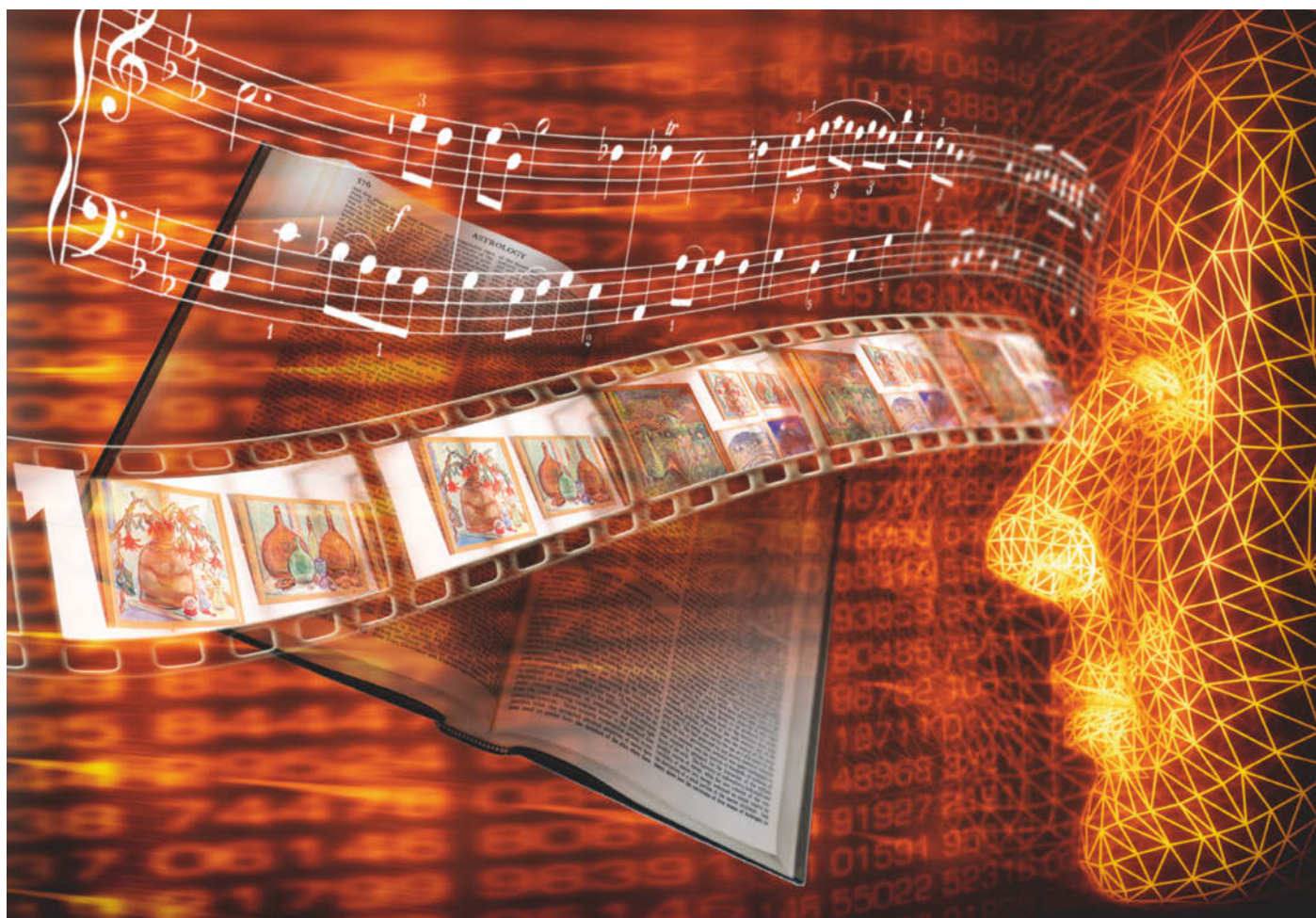
Veranstalter

 **Heise Medien**

Mehr zu den  
Highlights finden Sie hier:

**sec-it.heise.de**





# Flatrate für 2 Euro im Monat

## Die digitalen Angebote der Stadtbibliotheken

**In den vergangenen Jahren haben öffentliche Bibliotheken ihr digitales Angebot ausgebaut. Viele von ihnen liefern nun E-Books, Hörbücher, Zeitungen und Zeitschriften und sogar Filme und Musik übers Netz nach Hause – beinahe umsonst.**

Von Christian Wölbert

**E**in E-Paper-Abo einer Lokalzeitung kostet typischerweise gut 30 Euro im Monat, ein Zeitschriftenabo 10 Euro, dazu möchte man vielleicht noch ab und zu ein E-Book: Wer digital lesen will, gibt dafür leicht über 50 Euro im Monat aus. Doch es

gibt eine viel, viel günstigere Alternative: einen Ausweis der örtlichen Stadtbibliothek. In den meisten Städten zahlt man dafür nur 20 bis 40 Euro im Jahr, also etwa 2 bis 3 Euro im Monat. Zuschüsse aus Steuergeldern machen es möglich. In Berlin kostet die Karte sogar nur 10 Euro im Jahr.

Mit dem Ausweis darf man nicht nur unbegrenzt viele gedruckte Bücher ausleihen. In der Regel ist auch ein breites digitales Angebot inklusive: Über 3400 Bibliotheken im deutschsprachigen Raum versorgen ihre Nutzer über den Dienst Onleihe mit E-Books, Hörbüchern sowie digitalen Zeitungen und Zeitschriften. Vor allem in größeren Städten gibt es außerdem die Dienste Overdrive für E-Books und Hörbücher, Tigerbooks für interaktive Kinderbücher sowie Pressreader für Zeitungen und Zeitschriften. Einige Bibliotheken arbeiten obendrein mit Film- und

Musikstreamingdiensten zusammen, beispielsweise Filmfreund oder Freegal.

Welche Dienste man nutzen kann, hängt vom Wohnort ab: Stadtbibliotheken stellen in der Regel nur Einwohnern ihrer jeweiligen Kommune einen Ausweis aus. Und jede Bibliothek entscheidet eigenständig, mit welchen Anbietern sie kooperiert. Bevor man sich den Ausweis besorgt, sollte man also auf der Webseite der Bibliothek das Digitalangebot checken.

Berliner, Hamburger und Münchner zum Beispiel haben Zugriff auf die Onleihe, Overdrive, Pressreader, Tigerbooks, Filmfreund, Freegal und einige weitere Dienste, zum Beispiel für Konzertfilme und klassische Musik. In kleineren Städten ist das Angebot tendenziell kleiner. Aber zumindest die Onleihe gibt es fast überall.

Im Folgenden stellen wir die aus unserer Sicht interessantesten Dienste vor. Die



meisten davon konnten wir in der c't-Heimat Hannover auch ausprobieren.

## E-Books und Hörbücher

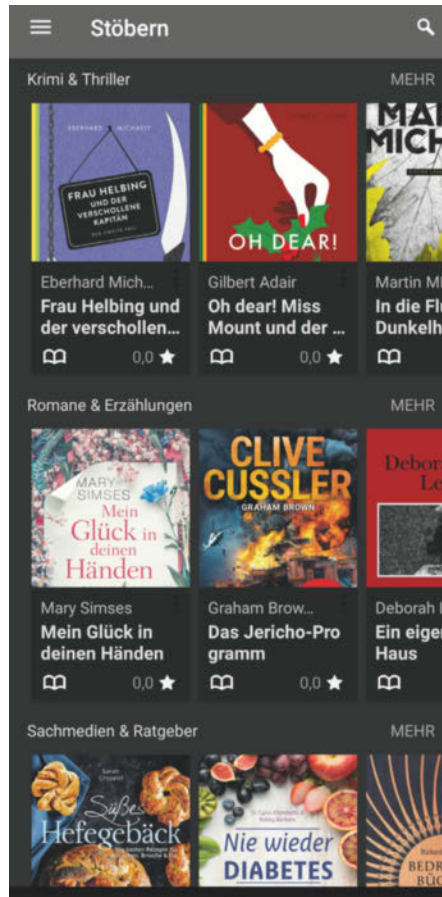
Das Geschäftsmodell der Reutlinger Divi-bib GmbH wirkt im Internetzeitalter seltsam: Mit der **Onleihe** bietet sie per App, Browser und E-Book-Reader Zugriff auf digitale Medien wie E-Books und versucht dabei, den analogen Prozess des Ausleihens von physischen Büchern nachzuahmen. Bibliotheken lizenzieren bei der Onleihe eine bestimmte Zahl von virtuellen Exemplaren eines Titels und legen dadurch fest, wie viele ihrer Nutzer den Titel gleichzeitig lesen können. Kauft zum Beispiel die Stadtbibliothek Hannover zehn Lizenzen von „Das geheime Leben der Bäume“, können nur zehn Hannoveneran den Titel gleichzeitig in der Onleihe-App ausleihen und lesen.

Der Grund ist, dass Verlage die Bedingungen festlegen, zu denen sie ihre E-Books der Onleihe zur Verfügung stellen. Mit dem quasi-analogen Modell halten sie das Angebot knapp – damit nicht jeder nur über die günstige Onleihe liest, sondern Menschen weiterhin E-Books kaufen.

An das Onleihe-Modell muss man sich als Nutzer erst einmal gewöhnen. Hat man sich mit Bib-Ausweisnummer und PIN in die angestaubt wirkende Onleihe-App (Android/iOS) oder im Browser eingeloggt, kann man nach Titeln suchen oder durch das Sortiment scrollen. So weit, so normal. Doch will man ein E-Book lesen, muss man erst einmal angeben, wie lange man es behalten möchte – in Hannover sind maximal 21 Tage möglich. Danach geht das Buch automatisch zurück zur Bibliothek.

Ist ein Titel vergriffen, kann man ihn „vormerken“ lassen. Das heißt, man erhält automatisch eine Mail, wenn das E-Book wieder verfügbar ist und kann dann zuschlagen. Beim Stöbern lassen sich Titel ausblenden, die gerade sowieso vergriffen sind. Oder man lässt sich die Titel anzeigen, die gerade zurückgegeben wurden.

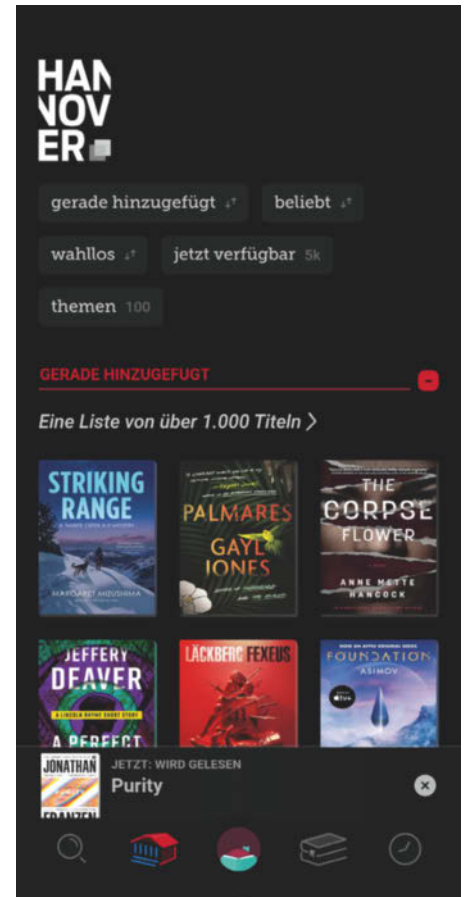
Die Onleihe hat nach Angaben der Divi-bib GmbH rund 3,8 Millionen E-Book-Titel sowie etwa 550.000 Hörbücher im Angebot. Das klingt beeindruckend, heißt aber nicht, dass man als Nutzer tatsächlich so viel Auswahl hat. Denn jede Stadtbibliothek wählt je nach Budget nur einen Teil des Onleihe-Portfolios aus. Zum Beispiel bietet der Onleihe-Verbund Hessen, zu dem zahlreiche hessische Stadtbibliotheken gehören, seinen Nutzern 100.000 Onleihe-Titel



Mit der optisch angestaubt wirkenden Onleihe-App leiht und liest man E-Books auf dem Smartphone oder Tablet.

an, darunter weniger als 1000 Titel aus dem Jahr 2021.

E-Books aus der Onleihe kann man nicht auf Amazons Kindle-Readern lesen, jedoch auf den Readern von Tolino und Pocketbook. Dazu durchstöbert man das



Bei Overdrive beziehungsweise Libby findet man vor allem englischsprachige E-Books.

Onleihe-Portal der jeweiligen Bibliothek (etwa <https://onleihe.de/hannover>) im Browser des Readers und lädt sie direkt auf das Gerät herunter. Wem der Browser des Readers zu lahm ist, der lädt die Bücher zunächst auf den PC und schiebt sie

## Zoff um frische E-Books

Aktuell lizenzieren die meisten Verlage ihre Titel erst einige Monate oder gar Jahre nach Erscheinen an die Onleihe, damit möglichst viele Leser die E-Books zum vollen Preis kaufen. Nutzer finden deshalb in der Onleihe zwar viele ältere Bücher, aber wenig aktuellen Lesestoff. In Hannover waren beispielsweise zum Testzeitpunkt nur 2 der 20 Titel der aktuellen Sachbuch-Bestseller-Liste des Spiegel verfügbar.

Über diese Praxis streiten Bibliotheken seit Jahren mit Verlagen und Autoren. Der deutsche Bibliotheksverband

fordert ein Gesetz, das Verlage verpflichtet, auch neue E-Books an Bibliotheken zu verkaufen. „Die Versorgung mit Informationen und Literatur gehört zum Auftrag der öffentlichen Bibliotheken“, argumentiert er.

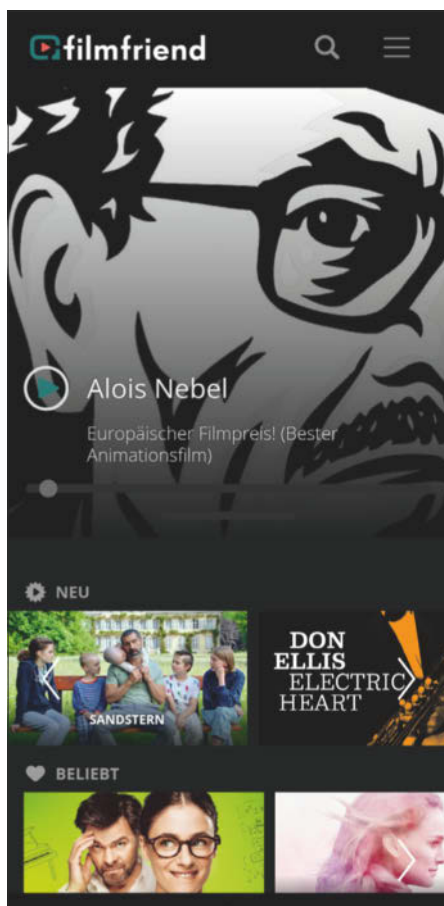
Viele Autoren und Verlage halten dagegen: Eine „erzwungene Online-Ausleihe zu Niedrigpreisbedingungen“ wäre „ein wirtschaftliches Desaster für alle, die vom Kulturgut Buch leben“, heißt es in einer zur Frankfurter Buchmesse veröffentlichten Erklärung der Kampagne „Fair Lesen“.



**Pressreader liefert Bibliotheksnutzern in manchen Städten das E-Paper der Lokalzeitung an den Frühstückstisch.**

dann zum Beispiel mit Adobe Digital Editions auf den Reader. Bevor man Onleihe-Bücher auf dem Reader lesen kann, muss man einmalig einen Code für den Kopierschutz der Onleihe („Care“) im Reader eintragen. Dieser wird im Onleihe-Konto angezeigt. Ein sehr kleiner Teil der Onleihe-Titel ist statt durch Care durch ein Adobe-System kopiergeschützt. Erwischt man so ein Buch, muss man sich zunächst bei Adobe registrieren und dann den Reader an den Adobe-Account koppeln – oder liest es dann doch in der Onleihe-App.

Nach dem gleichen Prinzip wie die Onleihe arbeitet der US-Anbieter **Overdrive**. Bibliotheken wählen aus seinem Portfolio bestimmte Titel aus und lizenzieren jeweils eine begrenzte Zahl an Exemplaren für den virtuellen Verleih. Der Schwerpunkt liegt auf englischsprachigen E-Books und Hörbüchern. In Hannover listete die Overdrive-App (Android, iOS) nur rund 500 deutschsprachige Titel. Overdrive bietet mit **Libby** eine weitere App an, die die gleichen Inhalte liefert, aber frischer aussieht. Auch Overdrive-



**Der Streamingdienst Filmfriend bringt eher anspruchsvolle Filme und Serien auf den Schirm.**

Bücher kann man auf E-Readern wie dem Tolino öffnen, vorausgesetzt, man hat eine Adobe-ID hinterlegt. Das Overdrive-Portal ruckelte im Browser unseres Tolino allerdings noch stärker als das Onleihe-Portal – die Ausleihe wurde zur Geduldsprobe.

Interessant für Eltern ist **Tigerbooks**. Dort gibt es nach Angaben des Betreibers Tiger Media über 8000 interaktive Bücher, Hörbücher und E-Books für Kinder. Im Programm finden sich auch viele bekannte Titel, etwa von Janosch, mit Bibi Blocksberg oder dem kleinen Raben Socke. Altersempfehlungen helfen bei der Auswahl. Die App gibt es für Android und iOS.

### Zeitungen und Zeitschriften

Die Onleihe führt unter der Rubrik „eMagazines“ auch zahlreiche Zeitungen und Zeitschriften. Im hannoverschen Portal fanden wir zum Beispiel die Süddeutsche, die FAZ, die taz, das Handelsblatt und diverse Zeitschriften, von Nachrichtenmagazinen bis zu Special-Interest-Titeln. Dabei gilt wie bei den E-Books: Wer zuerst

leiht, liest zuerst, der Rest muss warten. Während unserer Tests in Hannover war die Süddeutsche zu normalen Frühstückszeiten oft schon weg; das Handelsblatt und die taz konnten wir meistens spontan ausleihen. Die Onleihe liefert Zeitungen und Zeitschriften aktuell nur im Print-Layout, sodass man auf Smartphones viel zoomen und wischen muss.

Viele Bibliotheken arbeiten zusätzlich mit **Pressreader** zusammen. Das kanadische Unternehmen hat insgesamt rund 7000 Zeitungen und Zeitschriften aus aller Welt im Programm, je nach Bibliothek kann das Angebot aber kleiner ausfallen. Das Geschäftsmodell passt besser zum Internetzeitalter als das der Onleihe: Ausgaben sind nie vergriffen, egal wie viele Nutzer gleichzeitig lesen wollen. Außerdem zeigt Pressreader die Inhalte nicht nur im Print-Layout an. Tippt man auf die Überschrift eines Artikels, erscheint eine Leseansicht – praktisch auf dem Smartphone. Nutzen kann man Pressreader im Browser oder per App (Android, iOS). Die Apps laden auf Wunsch neue Ausgaben automatisch herunter.

Den Pressreader-Katalog kann man nach Ländern filtern. Mit unserem hannoverschen Bibliotheksausweis konnten wir auf rund 300 deutsche Titel zugreifen, darunter einige Regionalzeitungen wie die Rheinische Post, Augsburger Allgemeine und Hannoversche Allgemeine (HAZ). Im Test war die aktuelle HAZ manchmal morgens noch nicht verfügbar und materialisierte sich erst im Laufe des Tages. Zu den englischsprachigen Titeln gehören auch renommierte wie der Guardian und das Wall Street Journal.

### Filme und Musik

Bei Stadtbibliotheken gibt es auch DVDs und CDs, also verwundert es kaum, dass immer mehr von ihnen inzwischen mit Streamingdiensten zusammenarbeiten: **Filmfriend** ist bei rund 400 Bibliotheken im deutschsprachigen Raum verfügbar. Im Katalog des Anbieters aus Potsdam stehen etwa 3200 Filme und Serienfolgen. Das Material wirkt vergleichsweise anspruchsvoll und zeitlos, es gibt viele europäische Produktionen. Von der Redaktion zusammengestellte Kollektionen wie „75 Jahre DEFA“, „Sundance Film Festival“ oder „Rumänisches Kino“ helfen bei der Auswahl. Wer die neuesten US-Serien oder Exklusivproduktionen sucht, wird nicht fündig.

Genauso wenig wie Filmfriend Netflix Konkurrenz macht, ist das Musikportal



**Freegal** eine Bedrohung für Spotify. Wer bestimmte Titel oder Alben hören will, braucht hier Glück. Nach Angaben des Betreibers ändert sich das Angebot täglich. Im Test fanden wir zum Beispiel nur ein einziges Album von Franz Ferdinand und gar nichts von den Arctic Monkeys. Die App (Android, iOS) eignet sich also eher, um neue Musik zu entdecken oder sich berieseln zu lassen. Je nach Bibliothek gibt es weitere Beschränkungen. Zum Beispiel können Nutzer der Hamburger Büchereien maximal acht Stunden pro Tag streamen und maximal drei Songs pro Woche auf ihr Smartphone herunterladen. Klassische Musik und Jazz gibt es in einigen Bibliotheken über den Streamingdienst **Naxos Music Library**, Konzert- und Theaterfilme über **Medici.tv**.

### Fazit

An den digitalen Diensten der Stadtbibliotheken gibt es, wenn man es drauf anlegt, viel zu bekräfteln. Beliebte Titel sind wochen- oder gar monatelang verliehen, aktuelle E-Books findet man ohnehin

## Digitale Medienangebote für Bibliotheksnutzer (Auswahl)

Name	Onleihe	Overdrive/Libby	Pressreader	Tigerbooks	Filmfreund	Freegal
Anbieter	Divibib GmbH	Overdrive, Inc.	Pressreader, Inc.	Tiger Media Deutschland GmbH	Filmwerte GmbH	Library Ideas, LLC
Zahl der Bibliotheken <sup>1</sup>	ca. 3400	ca. 100	„mehrere Hundert“	ca. 135	ca. 400	k. A.
Medientypen	Bücher, Zeitungen und Zeitschriften, Hörbücher, Sprachkurse ...	Bücher, Hörbücher	Zeitungen und Zeitschriften	Bücher, Hörspiele und interaktive Bücher für Kinder und Jugendliche	Filme und Serien	Musik
Zahl der Titel <sup>2</sup>	je nach Bibliothek	je nach Bibliothek	je nach Bibliothek	ca. 8000	ca. 3200	variiert täglich
nutzbar im Browser	✓	✓	✓	–	✓	✓
Apps	Android (ab 5.1), iOS (ab 11)	Overdrive: Android (ab 5.0), iOS (ab 12.0); Libby: Android (ab 5.0), iOS (ab 9.0);	Android (ab 5.0); iOS (ab 13.0)	Android (ab 5.0), iOS (ab 11.4)	Android <sup>3</sup> , iOS (ab 11.0), Apple TV (ab tvOS 13), Android TV, Fire TV	Android (ab 4.2), iOS (ab 10.0)

<sup>1</sup> Anbieterangaben, bezieht sich auf deutschsprachigen Raum

<sup>2</sup> Anbieterangaben

<sup>3</sup> erforderliche Android-Version variiert je nach Gerät

kaum. Bei der Onleihe nervt obendrein die angestaubte, unübersichtliche App. Die Streamingdienste Freegal und Filmfreund halten nicht ansatzweise mit Spotify oder Netflix mit.

Bedenkt man allerdings, dass man für das Angebot in der Regel nur 2 oder 3 Euro im Monat zahlt, ist es beeindruckend.

Schließlich sind die meisten Sachbücher und Romane auch ein paar Jahre nach Erscheinen noch genauso lesenswert. Obendrein liefert die Onleihe überregionale Zeitungen und Zeitschriften und Pressreader mancherorts sogar die Lokalzeitung praktisch umsonst an den Frühstückstisch. (cwo@ct.de) **ct**

**IT-Stipendium Wintersemester 2021/2022**



## Heise Medien fördert Studierende im Fach INFORMATIK



Zusammen mit dem Karrierenetzwerk e-fellows.net schreiben die Heise-Marken c't, iX und heise online ein **Stipendium für IT-Studierende** aus.

Sicher Dir 600 Euro für das Wintersemester!  
Zusätzlich spendiert Heise

- einen Schnuppertag in der jeweiligen Redaktion
- sowie ein Jahresabonnement von heise+
- Zudem werden die drei Stipendiaten zu der (digitalen) Sicherheitsmesse secIT eingeladen

**Bewerbungsschluss:**  
**14. November 2021**

Jetzt in zehn Minuten bewerben:  
**[www.e-fellows.net/IT-Stipendium](http://www.e-fellows.net/IT-Stipendium)**



# Zahlen, Daten, Fakten

## E-Government

Die Daten sollen laufen, nicht die Bürger“, versprach der damalige Bundeskanzler Gerhard Schröder schon anno 2000 auf der Expo in Hannover. Zwei Jahrzehnte später laufen die Bürger immer noch: Für die meisten Behördenangelegenheiten, etwa das Ummelden der Wohnung, braucht man in Deutschland nach wie vor einen Termin im Amt.

In anderen Ländern geht mehr digital, etwa in Estland und Spanien.

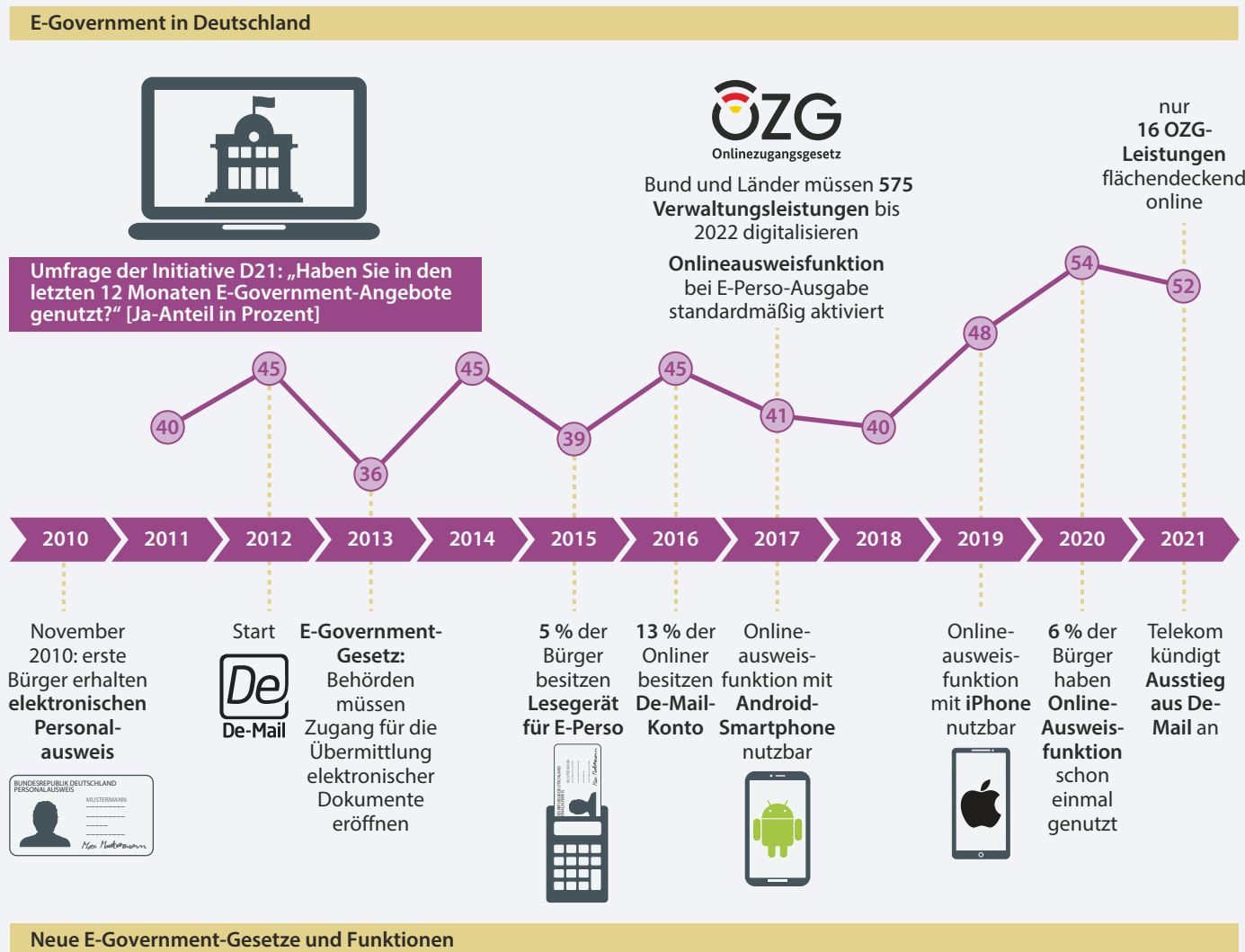
Eine wichtige Ursache der Misere in Deutschland liegt darin, dass der 2010 eingeführte elektronische Personalausweis sich nicht durchsetzen konnte. Anfangs benötigte man ein USB-Lesegerät, um sich mit ihm online auszuweisen. Seit einigen Jahren kann auch

das Smartphone als Lesegerät dienen, doch der Vorgang bleibt umständlich. Außerdem fehlen immer noch die Anwendungen. Zwar haben Bund und Länder sich im Onlinezugangsgesetz verpflichtet, 575 Verwaltungsleistungen bis Ende 2022 zu digitalisieren – die Umsetzung läuft aber im Schneckentempo.

(cwo@ct.de) 

## ► Meilensteine und Nutzung

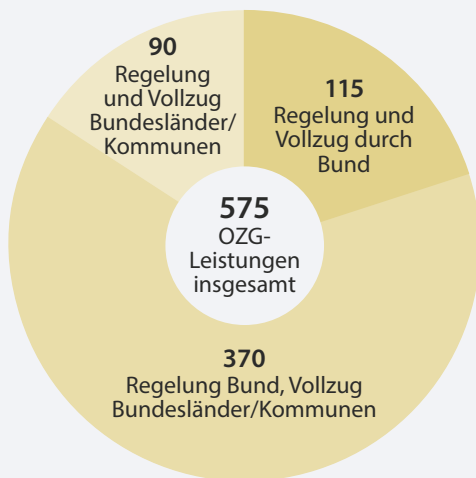
E-Perso und De-Mail haben sich nicht durchgesetzt. Unter anderem deshalb steigt die E-Government-Nutzung in Deutschland nur langsam. Laut dem aktuellen E-Government-Monitor der Initiative D21 haben nur 52 Prozent der Bürger in den vergangenen zwölf Monaten digitale Behördendienste verwendet.<sup>1</sup>





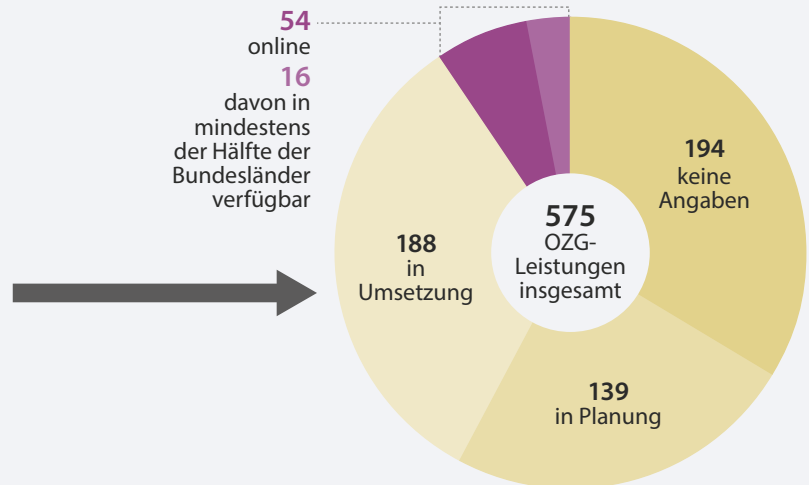
## ► Zuständigkeiten

In Deutschland sind Länder und Kommunen für den Vollzug der meisten Verwaltungsleistungen zuständig, was die Digitalisierung bremst.<sup>2</sup>



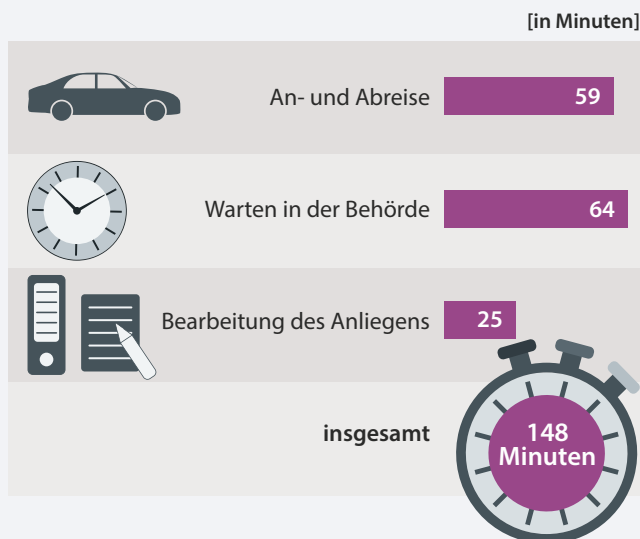
## ► Umsetzungsstand OZG

Ein gutes Jahr vor Ablauf der OZG-Frist ist nur ein Bruchteil der Dienste flächendeckend online.<sup>3</sup>



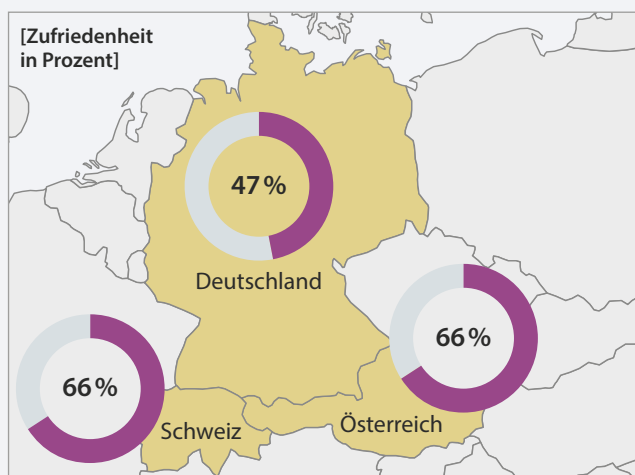
## ► Zeitfresser Amtsbesuch

Laut einer Bitkom-Umfrage dauert ein Behördenbesuch in Deutschland im Schnitt zweieinhalb Stunden.<sup>4</sup>



## ► Zufriedenheit

Deutsche sind laut einer D21-Umfrage mit dem E-Government-Angebot ihrer Kommune weniger zufrieden als Österreicher und Schweizer.<sup>6</sup>



## ► Internationaler Vergleich

Die meisten anderen EU-Länder sind laut einer EU-Studie beim Thema E-Government deutlich weiter als Deutschland.<sup>5</sup>

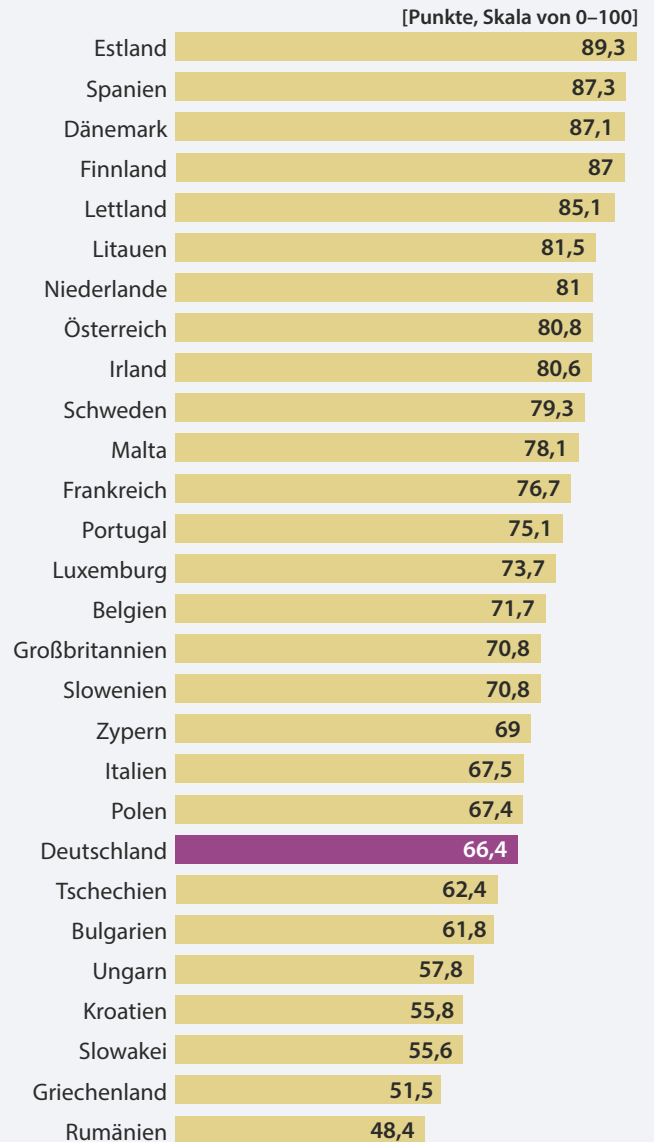




Bild: Thorsten Hübner

# Hier spricht das Hirn

## KI-gestützte Sprachprothese nutzt neurale Signale

**Mit Elektroden nehmen Forscher neurale Signale aus dem Gehirn auf und künstliche Intelligenz ermittelt daraus, was der Mensch sagen will. Das ist aber keine Technik für jeden. Eine Alternative bietet die Messung von Muskelreizen.**

Von Arne Grävemeyer

**F**orscher am Cognitive Systems Lab (CSL) der Universität Bremen haben im Herbst 2021 erstmals eine echtzeitfähige Neurosprachprothese beschrieben. Die macht Wörter unmittelbar hörbar, von denen sich eine Versuchsperson lediglich vorstellt, sie würde sie sprechen. Die Neurosprachprothese schaut dabei direkt ins Gehirn, interpretiert die Hirnströme und übernimmt die Sprachausgabe. Warten Sie aber besser noch etwas, bevor Sie Ihr Mikrofon vom Headset schrauben oder im Vertrauen auf die Hirn-Computer-Schnittstelle schon Maus und Tastatur verschenken: Die Technik ist noch am Anfang und nicht für jeden zu empfehlen.

### Facebooks Gedankenleser

Bereits 2017 startete Facebook in seinen Reality Labs ein Projekt, um ein „Brain-Computer Interface“ (BCI) zu entwickeln. Die Entwickler hatten die faszinierende Vorstellung, dass Anwender über eine direkte Schnittstelle in aller Stille und ohne Tastatur ihre Gedanken dem Computer mitteilen können, ohne diese extra in Worte zu fassen und dann Buchstabe für Buchstabe eintippen zu müssen. Eine Arbeitshypothese war, dass der Mensch schneller denken als sprechen kann und die Texteingabe mithilfe einer solchen Schnittstelle mühelos und sogar schneller funktioniert. Man hoffte, eine Art Stirn-



band oder Kappe zu entwickeln, mit der die Träger auf Eingabe-Raten von mehr als 100 Wörtern pro Minute kommen. Kritiker befürchteten, dass die Nutzer ihre Gedanken damit dem Konzern noch unmittelbarer ausliefern würden als schon bisher durch ihre Aktivitäten auf der Social-Media-Plattform.

Der konkrete technische Ansatz der Facebook-Forscher umfasste integrierte Strahler für nahes Infrarotlicht – einen Frequenzbereich des elektromagnetischen Spektrums, der etwas langwelliger und weniger energiereich ist als das sichtbare Licht. Diese Strahler sollten Bereiche des vorderen Kortex durchleuchten. Ähnlich wie beim Scan mit einem Fingerpulsometer wollte man aus den durchgehenden Strahlen die Sauerstoffsättigung einzelner Hirnareale ermitteln. Aus diesen Messungen könnte man zwar niemals die gleichen Daten gewinnen wie aus Elektrodenfeldern im oder am Gehirn, die die Hirnströme ungefiltert aufnehmen, aber man hoffte doch, damit wenigstens eine Handvoll Befehlswörter sicher unterscheiden zu können.

### Elektroden im geöffneten Schädel

Im Juli 2021 veröffentlichte Facebook dann einen Blogeintrag (ct.de/y779), in dem von diesen Ansätzen keine Rede mehr war. Stattdessen berichtete der Konzern, er habe im Rahmen der BCI-Forschung eine Gruppe der University of California in San Francisco unterstützt. Die hatte bereits 2019 einen Patienten vorgestellt, bei dem ein Elektrodennetz direkt auf der Großhirnrinde die Hirnströme erfasst. Deren neurale Muster nutzten die Forscher als Input für einen Machine-Learning-Ansatz. Die damit gebildete KI lernte, die Hirnströme zu interpretieren. In einem Dialogsystem gelang es den Forschern, daraus die wahrscheinlichste Antwort auf eine Frage abzuschätzen. Dem Patienten, der nicht mehr selbst sprechen konnte, gelang es durch dieses System, mit ein paar Sekunden Verzögerung auf einfache Fragen zu antworten.

In diesem Jahr konnten die Forscher in Kalifornien ihr System wesentlich verfeinern [1]. Sie implantierten inzwischen ein hochdichtes Multielektroden-Array auf dem sensomotorischen Kortex, der die Sprache steuert. Der Patient, der nach einem Schlaganfall nicht mehr selbst sprechen kann, versuchte vorgegebene Wörter zu sprechen und die dabei erzeugten neu-

ralen Signale dienten im Deep Learning zum Training einer KI. Mit den gefundenen Mustern ist das System nun in der Lage, die gewünschten Wörter aus den Hirnströmen nahezu in Echtzeit direkt auszulesen und als Text auf einem Computerbildschirm auszugeben. Das trainierte und mittlerweile mit 98-prozentiger Sicherheit erkannte Vokabular umfasst 50 Wörter. Der Patient schaffte mit diesem System eine durchschnittliche Ausgabe von mehr als 15 Wörtern in der Minute.

Für die Forschung ist das ein schöner Erfolg, der beweist, dass sich aus den Hirnströmen eines Menschen die beabsichtigten Wörter unmittelbar auslesen und sogar in Echtzeit als Text ausgeben lassen. Besonders Patienten, die aufgrund einer schweren Beeinträchtigung ihres Zentralnervensystems beispielsweise nach einem Hirnschlag nicht mehr selbst sprechen können, eröffnet sich damit eine Chance, sich zu verständigen. Das gilt vor allem dann, wenn ihnen aus medizinischen Gründen ohnehin Mikroelektroden auf oder in den Kortex implantiert worden sind, mit deren Hilfe eine KI über ein einfaches Interface ihre Hirnströme auslesen kann. Für eine gesunde Testperson oder gar den Massenmarkt ist eine solche Lösung ungeeignet.

Mit dem Blogeintrag im Juli, der auf diesen wissenschaftlichen Erfolg hinwies,

### ct kompakt

- Facebook startete sein Entwicklungsprojekt mit dem Ziel eines „Brain-Computer Interface“ für die breite Masse bereits 2017.
- Die Hirnströme bei der Vorstellung von Artikulation lassen sich sowohl in Textform („Brain to text“) als auch akustisch als Sprache ausgeben.
- Die Messung elektrischer Muskelreize ermöglicht es ebenfalls, lautlos artikulierte Worte zu erkennen – und kommt ohne ins Gehirn eingepflanzte Elektroden aus.

zog sich Facebook allerdings aus dem ehrgeizigen Entwicklungsprojekt für eine nichtinvasive optische Hirn-Computer-Schnittstelle zurück. Stattdessen wollte man künftig ein eher kurzfristiges Entwicklungsziel verfolgen: Armbänder, die mittels Elektromyografie (EMG) die elektrische Muskelaktivität messen. Mit Steuerbefehlen, die über die Nervenbahnen an die Muskeln in Fingern und Händen gehen, sollen Anwender zukünftig intuitiv in der Augmented Reality virtuelle Objekte manipulieren können.

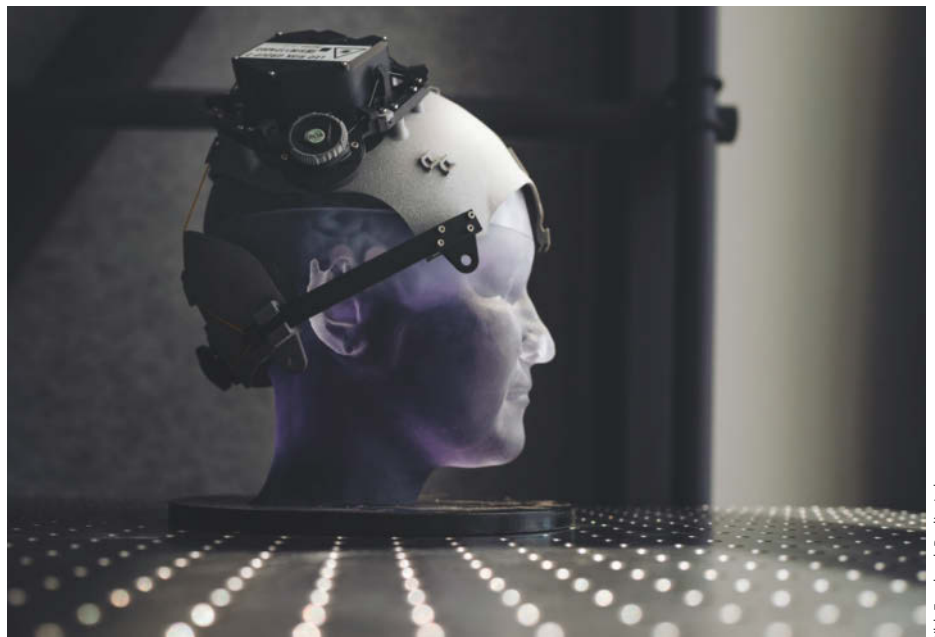


Bild: Facebook Reality Labs

**So stellten sich Facebook-Designer eine optische, nichtinvasive Hirn-Computer-Schnittstelle vor. Mit Nahinfrarot beleuchtete Hirnareale sollten ihre Sauerstoffsättigung offenbaren und diese Muster wiederum gedachte Wörter verraten.**

Von der einstigen Euphorie gegenüber einem „Brain-Computer Interface“ ist in dem Facebook-Blogeintrag kaum etwas zu spüren. Man hatte sich wohl übernommen. Mark Zuckerberg soll angesichts der Forschungen im Scherz gesagt haben: Das Letzte, was Facebook versuchen solle, sei es, seinen Anwendern buchstäblich den Schädel zu öffnen.

## Sprachausgabe in Echtzeit

Genau auf diesem Weg ist die Forschung inzwischen noch einen Schritt weitergekommen. Im September hat ein Team am Bremer CSL die Neurosprachprothese vorgestellt, eine Schnittstelle, die neurale Signale direkt in eine akustische Sprachausgabe übersetzt [2]. Ihr System entwickelten die Bremer in Zusammenarbeit mit dem Department of Neurosurgery an der niederländischen Universität Maastricht und dem Aspen Lab (Advanced Signal Processing in Engineering and Neuroscience) an der Virginia Commonwealth University in Richmond. Die vorgestellte Neurosprachprothese versucht nicht, Wörter zu erkennen, sondern sie setzt allein die Vorstellung der Artikulation direkt akustisch um.

„Unser System funktioniert derzeit mit Tiefenelektroden, die Hirnströme direkt im Inneren des Gehirns aufnehmen und auch mit Elektroden, die unmittelbar auf dem Kortex unterhalb der Hirnschale platziert sind“, berichtet CSL-Direktorin Tanja Schultz. Nur mit einer einfachen EEG-Kappe (Elektroenzephalografie) gelingt das Belauschen der vorgestellten

Artikulation von Wörtern eben nicht, weil Schädelknochen, Kopfhaut und Haar sowie Nervenimpulse zu den Kopfmuskeln die genaue Aufnahme der Hirnaktivitäten stören würden.

Der ersten veröffentlichten Studie liegen Versuche mit einer niederländischen Epilepsie-Patientin zugrunde. Ihr waren aus medizinischen Gründen elf Elektrodenbündel mit insgesamt 119 Tiefenelektroden vor allem im linken Frontallappen eingepflanzt worden. In drei Durchgängen baten die Forscher die Patientin, Wörter zu lesen. Im ersten Durchgang sprach sie die Wörter laut aus, im zweiten flüsterte sie sie nahezu lautlos und im dritten sollte sie sich deren Aussprache lediglich vorstellen. In allen Fällen nahmen die Forscher die kurz vorher entstehenden neuronalen Signale auf. Tatsächlich zeigte sich, dass die dabei entstehenden Muster vergleichbare Strukturen zeigten, unabhängig davon, ob die Wörter tatsächlich laut gesprochen oder fast stimmlos geflüstert wurden oder ob die Patientin sich deren Aussprache sogar nur vorstellte.

Ein Machine-Learning-Algorithmus lernte, die aufgezeichneten Muster den zugehörigen Lauten zuzuordnen. Konkret ist die niederländische Sprache vergleichbar der deutschen aus etwa 50 bis 60 Lauten aufgebaut. Bei der Zusammenstellung der Übungswörter achteten die Forscher also darauf, dass all diese Laute mehrfach vertreten sind. Heraus kam eine Sammlung aus etwa 75 Wörtern. Dieses Vokabular konnte die trainierte KI schließlich lautweise an eine Sprachausgabe übergeben.

Erwartungsgemäß hat sich gezeigt, dass der Machine-Learning-Algorithmus für unterschiedliche Probanden individuelle KIs erzeugen muss. Die Lese- und Schreibphase dafür haben die Forscher auf etwa 15 Minuten beschränkt, um die Patienten nicht zu sehr zu belasten. Das automatisierte Training der KI nimmt anschließend noch einmal etwa zehn Minuten in Anspruch.

## Kein Tourette-Automat

Wichtig ist Schultz, dass die Neurosprachprothese nicht etwa alles ausplappert, was das Hirn so an sprachlichen Überlegungen entwickelt. Das System vertont nicht irgendwelche Gedanken, sondern es reagiert auf die konkret vorgestellte Artikulation. Es überträgt die dabei entstehenden neuronalen Signale in eine lautweise Sprachausgabe und gibt diese nach etwa 400 Millisekunden hörbar aus. Der Mensch hört das Ergebnis seiner Artikulation unmittelbar.

Das System ist nicht nur sehr schnell, es verzichtet auch auf die konkrete Worterkennung, indem es lediglich Laute erkennt und ausgibt. Die Forscher sind nicht den Umweg über eine Worterkennung und eine anschließende künstlich erzeugte Sprachausgabe gegangen. Ihr System protokolliert also auch nicht die gesprochenen oder vorgestellten Sätze des Probanden, es gibt sie lediglich hörbar wieder. Das ist ein qualitativer Unterschied zum seinerzeit von Facebook geplanten „Brain-Computer Interface“. Dafür aber funktioniert das System ungeheuer schnell, tatsächlich in Echtzeit, sodass die künstliche Sprachausgabe erklingt, während der Patient eigentlich erwartet, die eigene Stimme zu hören.

Abgesehen von der geöffneten Schädelplatte hat diese Neurosprachprothese heute allerdings noch einen gravierenden Nachteil: Die Sprachausgabe ist bisher nahezu unverständlich. Das Problem ist, dass die Forscher noch kein System menschlicher Lautbildung implementiert haben. Mit der Umstellung auf komplexere, tiefere neuronale Netze und einen anspruchsvolleren Trainingsalgorithmus hoffen sie, aus den individuell gemessenen neuronalen Signalen klarere Wörter erzeugen zu können.

## Die eigene Sprache hören und verbessern

Ein zweiter Effekt ergibt sich durch den Patienten im Audiofeedback. Denn der hört die Stimme zu seinen Vorstellungen

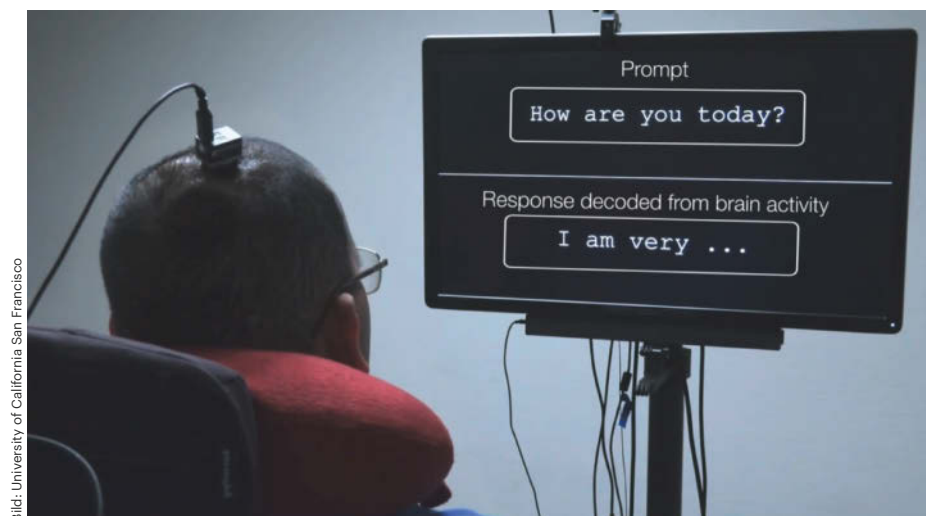


Bild: University of California San Francisco

Die „Brain-to-Text“-Schnittstelle überträgt das EEG eines Multielektroden-Arrays auf dem sensomotorischen Kortex an eine KI. Diese erkennt daraus bestimmte Wörter, die der Patient sich vorstellt.



wie in einem Regelkreis. „Der Mensch hört sich auch im normalen Leben selbst reden und korrigiert seine Aussprache dabei permanent“, erläutert Schultz. Das merke man besonders, wenn ein Sprecher sich nicht selbst hören kann, bei einem lauten Konzert zum Beispiel. In einem solchen Fall klingt die Sprache schnell ungenau. Sobald sich der Sprecher in ruhigerer Umgebung selbst hören kann, gleicht er Fehler wieder aus. In Versuchen habe sich bereits gezeigt, dass die Patienten mit der Neurosprachprothese sich anpassen und mit der Zeit verständlichere Sprachausgaben erzeugen können.

Tanja Schultz geht nicht davon aus, dass sich gesunde Testpersonen freiwillig Tiefenelektroden ins Gehirn pflanzen lassen, um eine künstliche Sprachausgabe ausprobieren zu können. Das hielte sie auch für unverantwortlich. Für die Studien sind die Forscher daher immer auf Patienten angewiesen, die aus medizinischen Gründen auf neurochirurgische Eingriffe und sehr genaue EEG-Aufnahmen unter der Hirnschale, sogenannte intrakranielle EEG, angewiesen sind.

In künftigen Studien wollen die Forscher versuchen, Menschen, die am Locked-in-Syndrom leiden, wieder eine Stimme zu geben. Naturgemäß ist die Zusammenarbeit mit diesen Patienten schwierig, da nur einige von ihnen überhaupt eine Rückmeldung etwa über ein Zwinkern oder über Pupillenbewegungen geben können. Bei degenerativen Erkrankungen des motorischen Nervensystems wäre es auch denkbar, dass den Patienten zukünftig eine Neurosprachprothese angepasst wird, solange sie noch sprechen können.

## Lippenleser für alle

Eine Alternative für gesunde Anwender, für die der tiefe Einblick in ihre Hirnströme unangemessen wäre, ist die Messung der elektrischen Muskelaktivität (Elektromyografie, EMG) beim lautlosen Sprechen. Bereits 2010 haben Forscher am CSL diese Technik erstmals auf der CeBIT demonstriert und seitdem verfeinert. Der Gedanke hinter diesem technischen Ansatz ist, dass Lippen, Zunge und Stimmbänder die Sprache artikulieren. Die elektrischen Impulse der dazu erforderlichen Muskelaktivität lassen sich durch Elektroden auf der Haut messen.

Auch bei dieser Technik lernt eine KI, aus den abgeleiteten Signalen die angestrebten Wörter zu erkennen. Diese kann



Bild: CSL

**Sensoren an der Hautoberfläche messen die elektrischen Muskelaktivitäten der Sprechwerkzeuge. Auch daraus lassen sich mittels einer KI die beabsichtigten Wörter ermitteln.**

das System der Bremer anschließend textlich weiterverarbeiten oder auch akustisch ausgeben. Das ist nicht nur eine Technik für Menschen, die durch Krankheit oder Unfall ihre Stimme verloren haben.

Das technische Lippenlesen könnte auch gesunde Menschen unterstützen, die in der Umgebung anderer lieber lautlos telefonieren wollen; sei es, um die Mitmenschen nicht zu stören oder auch um vertrauliche Informationen nicht laut vernehmlich auszusprechen. Dadurch, dass der Anwender bei dieser Technik keine Mikrofone einsetzt, kann er auch in lauter Umgebung sprechen, ohne dass der Lärm beim Empfänger ankommt und die Verständigung stört. Letztlich lässt sich die unmittelbare Umsetzung in eine Textversion auch für eine weitergehende Textverarbeitung nutzen, beispielsweise zur Protokollierung oder für eine simultane Übersetzung.

## Vokabular über 2000 Wörter

Bereits 2016 konnten die Forscher belegen, dass sie mit dieser Technik selbst große Vokabulare von mehr als 2000 Wörtern mit einer Wortfehlerrate von unter 20 Prozent erkennen können [3]. Durch die Reduzierung des Wortschatzes auf etwas mehr als 100 Wörter konnten sie die Wortfehlerrate auf 3,5 Prozent senken.

In einer jüngsten Arbeit konnten sie die „EMG-to-Speech“-Ausgabe nahezu in Echtzeit verwirklichen [4]. Damit wird es auch möglich, ähnlich wie bei der Neurosprachprothese, die Studienteilnehmer in einen unmittelbaren Regelkreis einzubinden. Sie sprechen lautlos, ihre elektrischen Muskelaktivitäten werden registriert, die unausgesprochenen Wörter erkannt und

eine künstliche Sprachausgabe auf den Kopfhörer des Sprechers gespielt. Die Hoffnung ist, dass sich die Erkennungsrate der lautlos gesprochenen Wörter durch das Training im geschlossenen Regelkreis noch erheblich steigern lässt.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind jedoch nicht eindeutig. Es scheint, dass der Closed Loop bei manchen Versuchspersonen zu einer besseren Spracherkennung führt und bei anderen wiederum gar nicht. Derzeit grübeln die Forscher noch, wie sich dieser Unterschied erklären lässt.

In jedem Fall könnte diese Technik zur Erkennung lautloser Worte für den alltäglichen Einsatz interessant sein. Allerdings ist eine breite Akzeptanz bei den Anwendern wohl erst zu erwarten, wenn weder operativ eingesetzte Elektroden noch klobige, das Gesicht entstellende Aufkleber für die Spracherkennung erforderlich sind. Nach den Informatikern könnten sich nun auch einmal Designer mit der Gestaltung der Sensoren auf der Gesichtshaut beschäftigen. (agr@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] David A. Moses et al.; Neuroprosthesis for Decoding Speech in a Paralyzed Person with Anarthria; The New England Journal of Medicine; 15. Juli 2021
- [2] Miguel Angrick et al.; Real-time synthesis of imagined speech processes from minimally invasive recordings of neural activity; Nature Communications Biology; 23 September 2021
- [3] Dissertation von Matthias Janke; EMG-to-Speech: Direct Generation of Speech from Facial Electromyographic Signals; Karlsruher Institut für Technologie; 2016
- [4] Dissertation von Lorenz Diener; The Impact of Audible Feedback on EMG-to-Speech Conversion; Universität Bremen; 2021

Weitere Infos: [ct.de/y779](https://ct.de/y779)



Bild: Thorsten Hübner

# Daten in der Post

## Wie der Anhang an die E-Mail kommt

**Damit Mails nicht nur Text, sondern beliebige Daten übertragen können, sind allerlei Tricks nötig. Auch nach über zwanzig Jahren klemmt es dabei gelegentlich.**

Von Sylvester Tremmel

**W**enn bei einer E-Mail scheinbar der Anhang fehlt, dann hat ihn meistens der Absender vergessen. Manchmal zeigt der Mailclient aber auch eine Datei nicht an, obwohl sie mitgeschickt wurde. Oder ein Bild ist zwar in der Mail zu sehen, taucht aber nicht in der Liste der Anhänge

auf. Ursache für solche Ärgernisse ist die Art und Weise, wie E-Mails Dateien transportieren – und was dabei schiefgehen kann.

Grundsätzlich sind E-Mails ein textbasiertes Medium. Ursprünglich waren sie auf den US-amerikanischen ASCII-Zeichensatz beschränkt. Davon abzurücken fiel schwer: E-Mails verbreiteten sich auch deshalb so weit und dauerhaft, weil die Technik dahinter mit größtmöglicher Abwärtskompatibilität weiterentwickelt wurde. Veraltete Mail-Clients sollten zumindest irgendetwas Sinnvolles anzeigen und alte Mail-Server die Nachricht fehlerfrei zustellen.

Die diversen Erweiterungen des Standards sind daher oft recht umständlich; aber sie erlauben, alle möglichen Zeichensätze inklusive Unicode zu benutzen. Einen wich-

tigen Teil dieser Standarderweiterungen machen die „Multipurpose Internet Mail Extensions“ (MIME) aus.

MIME-Mails ermöglichen unter anderem Mail-Anhänge, wofür MIME aber nicht einfach eine andere E-Mail-Datenstruktur definiert. Dann hätten bestehende Mailserver und -clients nichts damit anfangen können. Alles muss sich auf Text unterbrechen lassen – zur Not auf ASCII-Text. Also muss man eine Datei zunächst in Textform darstellen, wenn man sie per Mail versenden will.

Die MIME-Lösung für dieses Problem ist das Content-Transfer-Encoding, von dem zwei Varianten besonders häufig gebraucht werden: „Quoted-Printable“ und „Base64“. Ersteres eignet sich für Inhalte, die weitgehend aus ASCII-Zeichen bestehen und nur einige wenige Sonderzei-



chen benötigen. Für (binäre) Anhänge ist Base64 geeigneter und verbreiteter.

In Base64-Kodierung werden immer drei Byte einer Datei als Kombination von vier ASCII-Zeichen dargestellt. So lassen sich beliebige Binärdaten als Text transportieren. Allerdings wächst dadurch die Dateigröße um ein Drittel. Das stellt man immer dann fest, wenn der Mailserver einen Anhang als zu groß ablehnt, obwohl die Datei eigentlich noch passen sollte.

## Inhaltstypen

Welches Content-Transfer-Encoding zum Einsatz kommt, steht in einem E-Mail-Header. Mailclients wissen dadurch, wie sie die Textdaten verarbeiten müssen, um die originalen Daten zu rekonstruieren. MIME-Mails kennen noch eine Reihe weiterer Header, die etwa IDs und Inhaltsbeschreibungen enthalten. Der Header Content-Disposition (mit den Werten inline und attachment) empfiehlt dem Mailclient, Daten direkt anzuzeigen oder sie als Anhang zum Speichern anzubieten.

Besonders wichtig ist der Header Content-Type. Er gibt den Typ der Daten an, zum Beispiel application/pdf oder image/jpeg. Solche „MIME-Types“ kommen zumindest Entwicklern häufiger unter. Mittlerweile nutzt man sie in diversen Kontexten auch außerhalb von MIME und nennt sie deshalb besser „Media Types“.

Auf diese Weise können MIME-Mails beliebige Daten transportieren, allerdings anstelle eines Textinhalts und nicht zusammen mit einem Textinhalt. Dieses Manko behebt der Content-Type „multipart“. Von dem gibt es mehrere Subtypen, zum Beispiel multipart/mixed.

Ein Multipart-Typ muss einen boundary-Parameter spezifizieren, der eine

spezielle Zeichenkette zur Begrenzung benennt. Ein ganzer Content-Type-Header sieht dann beispielsweise so aus:

```
Content-Type: multipart/mixed;
            boundary="Begrenzer"
```

Die verschiedenen Teile einer Mail – also zum Beispiel Nachrichtentext und textkodierter Anhang – werden dann einfach nacheinander in die Mail geschrieben. Zwischen die Teile (sowie davor und danach) kommt jeweils eine Zeile mit zwei Bindestrichen und der begrenzenden Zeichenkette: --Begrenzer.

Jeder Teil einer Multipart-Mail darf eigene Mail-Header enthalten. So kann zum Beispiel ein Mail-Teil eine Base64-kodierte PDF-Datei enthalten (Content-Type: application/pdf und Content-Transfer-Encoding: base64) und der nächste Teil einen Text mit Sonderzeichen im Quoted-Printable-Format (Content-Type: text/plain und Content-Transfer-Encoding: quoted-printable).

Über die Boundary-Strings, die zwischen allen Teilen stehen, können Mailclients die Mail in ihre verschiedenen Teile zerlegen und diese voneinander getrennt verarbeiten. Damit das funktioniert, darf der Boundary-String nicht zufälligerweise innerhalb eines Teils der Mail vorkommen, sonst könnte ein Client dort zu trennen versuchen. Als Strings kommen daher statt einfacher Wörter wie „Begrenzer“ in der Regel UUIDs, also einzigartige Kennzeichnungen zum Einsatz.

## Alleine oder zusammen?

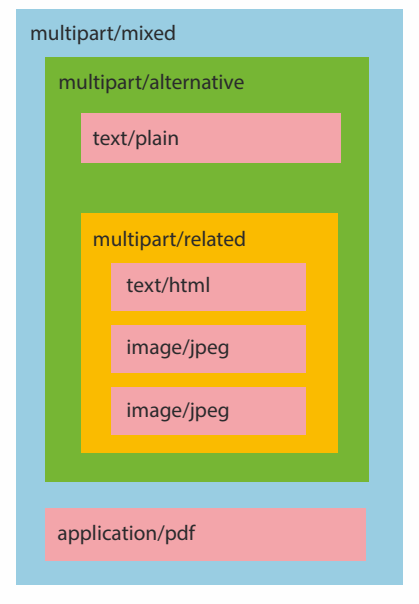
Nachdem ein Client eine Mail in ihre Bestandteile zerlegt hat, muss er entscheiden, ob und wie er sie anzeigt. Wichtig dafür ist auch, in welchem Verhältnis die Inhaltsteile zueinander stehen. Zwei Teile einer Mail können beispielsweise unterschiedlich formatierte Varianten derselben Information sein. Oder sie ergänzen einander, sodass man sinnvollerweise nur beide Teile zusammen darstellt.

MIME-Mails treffen diese Unterscheidungen über die Untertypen des Multipart-Typs: multipart/mixed bedeutet etwa, dass die verschiedenen Teile voneinander unabhängig sind und der Reihe nach präsentiert werden sollten.

Wenn die Reihenfolge keine Rolle spielt, kann multipart/parallel zum Einsatz kommen. Clients dürften in diesem Fall auch alle Teile gleichzeitig darstellen, was aber nur selten möglich und sinnvoll

## Verschachtelungen

Über den Inhaltstyp „multipart“ lassen sich verschiedene Inhalte in einer Mail kombinieren. Das Diagramm beschreibt eine E-Mail mit PDF-Anhang. Die Nachricht selbst liegt als Plain-Text- und als HTML-Version vor, letztere bringt noch zwei Bilder mit, die im HTML angezeigt werden können.



ist. Auch wenn es nicht auf die Reihenfolge von zwei Audioschnipseln ankommt: beide gleichzeitig abzuspielen, wird kaum im Sinne des Benutzers sein.

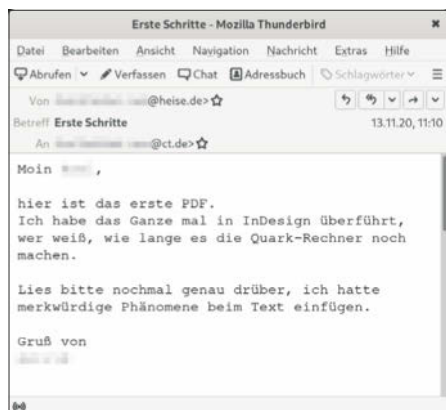
Es gibt noch eine Reihe weiterer Typen für Multipart-Mails, zum Beispiel multipart/signed und multipart/encrypted. Diese beiden sind für Mails gedacht, die per S/MIME oder OpenPGP verschlüsselt oder signiert werden. Beide Typen verlangen, dass die Mails genau zwei Teile enthalten. Bei multipart/signed sind das der Mailinhalt und die Signaturdaten für ebendiesen Inhalt. Bei multipart/encrypted ist ein Teil der verschlüsselte Inhalt der Nachricht. Der andere Teil ist eine Information über die Verschlüsselung im Klartext. Eine Liste aller spezifizierten Media-Types einschließlich der Multipart-Typen verwaltet die Internet Assigned Numbers Authority (IANA, siehe ct.de/yfibe).

## HTML-Mails

Für unsichtbare Anhänge spielt der Content-Type multipart/alternative eine große Rolle. Er zeigt an, dass die Teile der MIME-Mail verschiedene Versionen derselben Information darstellen. Clients sollten nur eine von diesen Alternativen

### ct kompakt

- Mailclients kodieren Anhänge als Text, der mit dem restlichen Inhalt einer Mail verschickt wird.
- Dafür verschachteln die Clients Text, Anhänge, HTML, Signaturen und mehr in „MIME-Mails“.
- Bei der Anzeige klemmt es gelegentlich – ein Blick in den Quelltext der Mail hilft bei der Fehlersuche.



**Anhang oder kein Anhang? Das PDF taucht nur in der HTML-Ansicht der Mail auf, was an einer falschen Verschachtelung der Multipart-Teile liegt.**

anzeigen. Gelegentlich baut ein Client eine Mail nicht im Sinne des Benutzers auf und markiert Inhalte fälschlicherweise als „alternative“ – dann bleiben dem Empfänger eventuell Teile der Mail verborgen, die in jedem Fall angezeigt werden sollten.

Heutzutage wird multipart/alternative vor allem eingesetzt, um neben der HTML-Version einer Nachricht auch eine unformatierte Textversion zu verschicken. Letztere zeigen Clients an, die kein HTML beherrschen oder deren Nutzer Mails lieber ohne HTML angezeigt bekommen wollen.

Für HTML-Mails ist noch ein anderer Content-Type wichtig: multipart/related. Er zeigt an, dass die verschiedenen Teile der Mail zu einem großen Ganzen gehören und irgendwie zusammen angezeigt werden müssen. Wie genau, das hängt davon ab, um was für Teile es sich handelt. Sehr häufig ist ein Teil ein HTML-Dokument und die anderen Teile sind Bilder, die in diesem Dokument angezeigt werden sollen. Über die erwähnten IDs von MIME-Teilen legt das Dokument fest, welches Bild wo hingehört.

Clients zeigen solche Bilder häufig nicht als Anhänge an, es sind laut multipart/related ja keine einzeln darzustellenden Inhalte. Das ist korrekt und sinnvoll, wenn es zum Beispiel um Bilder geht, die bloß dekorative Aufgaben bei der Darstellung der HTML-Mail übernehmen. Es kann aber auch sehr lästig sein, wenn das Bild konzeptionell eigentlich ein Anhang ist und unabhängig von der HTML-Betrachtung zur Verfügung stehen sollte.

### Matrjoschka

Fälschlich als multipart/related kodierte Daten sind ein Grund für vorhandene aber unsichtbare Anhänge. Ein anderer sind



falsche Verschachtelungen. Die einzelnen Teile einer Multipart-Mail müssen nämlich nicht unbedingt „diskrete“ Typen wie application/pdf oder text/plain haben. Stattdessen kann auch ein Teil einer Multipart-Mail selbst einen Multipart-Typen haben und aus Unterteilen bestehen. Auch diese Unterteile dürfen Unterunterteile haben und so weiter.

Verschachtelungen mit mehreren Ebenen kommen häufig vor, weil E-Mails oft komplexe Konstrukte sind (siehe Grafik S. 121). Zum Beispiel soll eine Mail einen Plain-Text- und einen HTML-Teil haben mit dem gleichen Inhalt. Die Mail soll außerdem einen Anhang haben, der grundsätzlich angezeigt wird. Und vielleicht benötigt der HTML-Teil noch ein Firmenlogo für den Footer, das aber nicht als Anhang präsentiert werden soll. Zum Schluss will man das gesamte Konstrukt noch verschlüsseln und signieren.

So entstehen schnell mehrere Ebenen von Multipart-Typen mit verschiedenen Subtypen. Den Mailclients fällt die Analyse der Inhalte nicht schwer, die verschiedenen Ebenen dürfen nur nicht die gleichen Boundary-Strings benutzen.

### Schwierige Standards

Bei der korrekten Anzeige geht allerdings öfters etwas schief. Was ein Client wie anzeigen kann, hängt von der Kombination aus Client und Betriebssystem ab. Hinzu kommt, dass Sender und Empfänger häufig nicht dieselbe Kombination einsetzen und Clients sich unterschiedlich gut an die Standards halten. Das gilt beim Erstellen und Versenden von E-Mails wie auch beim Empfangen und Anzeigen. Im zweiten Fall ist Flexibilität durchaus wünschenswert, Hauptsache der Nutzer bekommt eine möglichst gute Darstellung.

Beim Versand wäre ein sehr genaues Befolgen der Standards wichtig. Leider nehmen sich verschiedene Clients dabei einige Freiheiten. Andererseits sind die möglichen Konstellationen sehr zahlreich und die Standards verteilen sich auf eine ganze Reihe von Dokumenten. Deren Entstehung erstreckt sich über mehr als zwei Dekaden und die Dokumente lösen ihre Vorgänger häufig nicht komplett ab, sondern ergänzen lediglich Teile oder überschreiben bestimmte Regeln. Wenn es dann klemmt, muss leider der Nutzer nachhelfen. Tipps finden Sie im Kasten unten.

(synt@ct.de) **ct**

**Media-Types und „mu“: [ct.de/yfbc](http://ct.de/yfbc)**

## Was tun, wenns klemmt?

Wenn Ihr Mailclient einen vermutlich vorhandenen Teil einer Mail nicht anzeigt, hilft es, andere Darstellungsmodi durchzuprobieren. In der Regel bedeutet das: aus der Plain-Text- auf die HTML-Ansicht wechseln (oder umgekehrt). Viele Clients bieten dafür eine Option im Nachrichtenfenster, allerdings oft nur, um von Plain-Text auf HTML umzuschalten. Im Zweifelsfall muss man in den Programmeinstellungen suchen. Wenn das nicht hilft, kann man andere Clients ausprobieren, die sich bei der Anzeige eventuell besser schlagen.

Nutzer von Mozilla Thunderbird können in den „Erweiterten Einstellungen“ (in den Einstellungen ganz unten, über „Konfiguration bearbeiten...“) die Option `mailnews.display.show_all_body_parts_menu` auf `true` setzen. Fortan steht in der Mailansicht die Option „Ansicht/Nachrichteninhalt/Alle Teile des Inhalts“ zur Verfügung. Thunderbird zeigt dann alle Teile als Anhänge an, die er finden kann.

Konsolenfreunde können sich das maildir-Tool „mu“ ansehen (siehe [ct.de/yfbc](http://ct.de/yfbc)). Es kennt den Befehl `mu extract`, der Teile einer Nachricht anzeigt und auf Wunsch auch separat speichert.





## Die Heise-Konferenz für Speichernetze und Datenmanagement

Auch in diesem Herbst bieten wir Ihnen wieder aktuelles Storage-Wissen. Besuchen Sie unsere Online-Events zu praxisrelevanten Themenschwerpunkten:

Jetzt  
**Freitickets**  
sichern!\*

30. November:  
**Der Storage  
Security &  
Backup Day**

07. Dezember:  
**Der Storage  
Technology  
Day**

\* Neu: Zu jeder Veranstaltung stehen Freitickets zur Verfügung.

[www.storage2day.de](http://www.storage2day.de)

Veranstalter



dpunkt.verlag

Goldsponsoren



FUJIFILM

FUJITSU

POINT  
software & systems



Quantum

SEP  
Hybrid Backup

StarWind

Synology

TechData  
Advanced Solutions

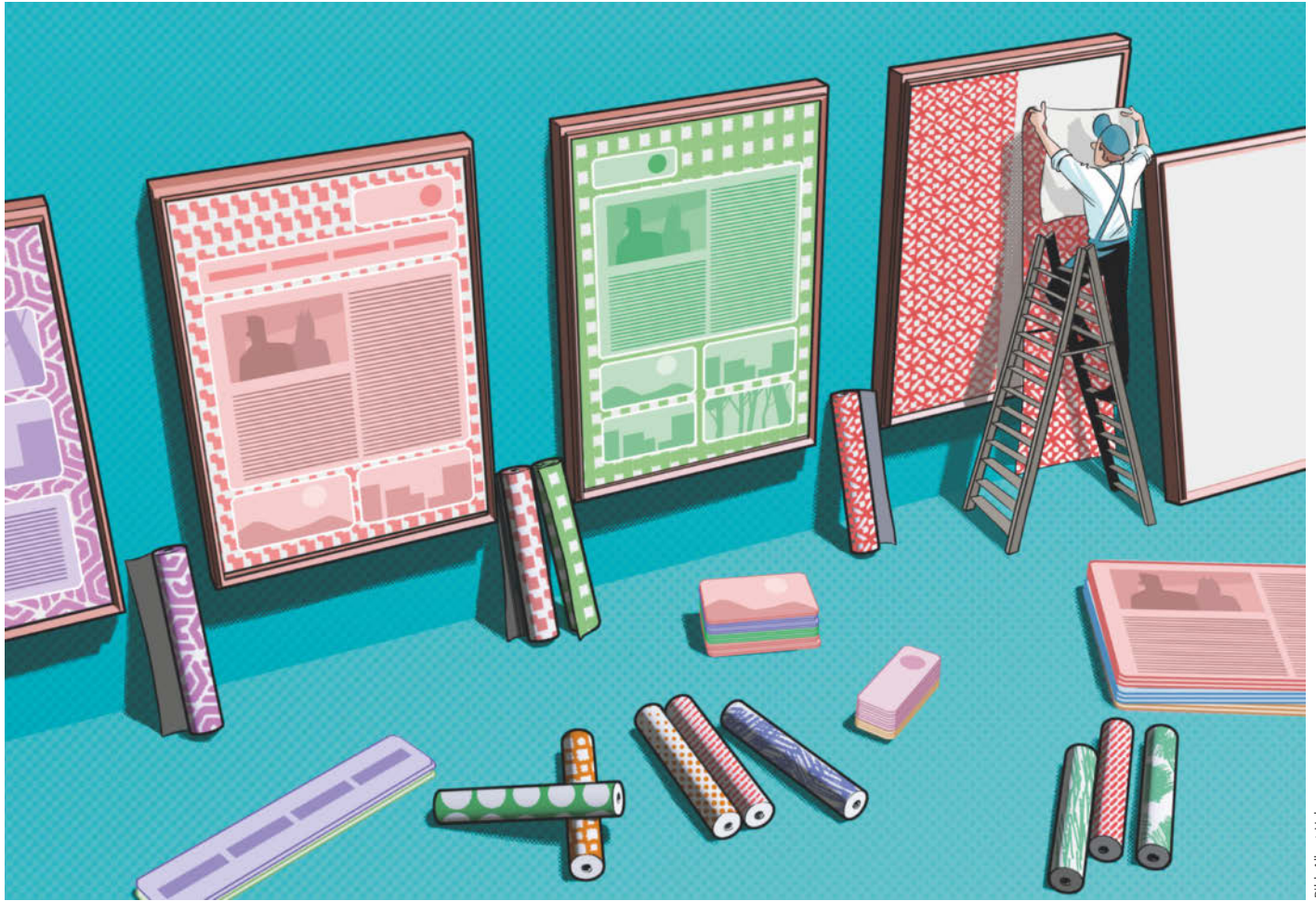


Bild: Albert Hulm

# Designmaschinen

## CSS: Mit Generatoren schneller zur fertigen Website

**Moderne Web-Layouts nutzen CSS – egal, ob bei statischen Websites, Blogs oder Shops. CSS-Generatoren unterstützen angehende Webdesigner, die Layoutsprache zu erkunden. Profis helfen sie bei Routineaufgaben, vom Entwurf einzelner Elemente bis zum grafischen Grundgerüst einer Website.**

Von Vladimir Simović

Mit CSS können Sie heute hochkomplexe Layoutraster und visuelle Effekte wie Transformationen und Animationen umsetzen – ganz ohne Photoshop oder JavaScript. Der große Funktionsumfang ist für viele Neulinge aber eine Hürde. Mit CSS-Generatoren tasten Sie sich spielerisch an das Thema CSS heran: Per Webformular geben Sie ein, wie Sie ein Element gestalten möchten. Die Webdienste spucken in Echtzeit die grafische Ausgabe und den Code aus – einfacher geht es kaum. Wer CSS und das Webdesign durchdringen will, kommt aber trotz der Code-Automaten nicht darum herum, sich die Grundlagen anzueignen (siehe Hinweise am Ende).

Und auch Entwickler mit langjähriger Erfahrung können sich von CSS-Generatoren helfen lassen: CSS ist so vielseitig, dass sie sich nicht alles merken können. In diesem Artikel stellen wir Ihnen exemplarisch einige Online-Dienste vor, mit denen wir gute Erfahrungen gemacht haben. Alle in diesem Artikel erwähnten Dienste sind kostenlos, sofern nicht anders erwähnt.

### Klick, Klick, Farbverlauf

Mit Farbverläufen lässt sich das Zusammenspiel zwischen Generator, dem erzeugten Code und dem gerenderten Ergebnis veranschaulichen – auch wenn



solche Farbenspiele bei vielen Entwicklern verpönt sind. Bei **cssgradient.io** kann jedermann schnell einen Farbverlauf entwerfen. Die englischsprachige Site eignet sich insbesondere für Einsteiger gut, weil sie viele Grundlagen rund um Farbverläufe erklärt und Beispiele bereithält.

Um selber einen Farbverlauf zusammenzustellen, legen Sie im Generator auf einer vertikalen Leiste zwei oder mehr Punkte fest, indem Sie auf die Leiste klicken (im Deutschen auch Stoppunkte genannt). Die Farbe wählen Sie auf einer Farbtabelle aus, alternativ geben Sie Hexadezimal- oder RGB-Werte vor. Der Generator füllt die Zwischenflächen mit den Zwischentönen auf.

Die Farbpunkte auf der Skala lassen sich verschieben. Sie können zudem zwischen einem radialen und einem linearen Farbverlauf wählen. Beim radialen Verlauf füllt cssgradient.io die Fläche kreisförmig um den Mittelpunkt der Fläche, beim linearen Verlauf von links nach rechts. Es lässt sich aber auch ein anderer Winkel einstellen, sodass die Farbe zum Beispiel diagonal über die Fläche verläuft.

In einem breiten Balken oberhalb des Schiebereglers zeigt der Dienst jederzeit eine Vorschau der Ausgabe an und unter dem Bedienpanel den zur Ausgabe gehörenden Code. Die Checkbox „Max Compatibility“, die die Kompatibilität mit dem Internet Explorer 6 garantieren soll, können Sie heutzutage ignorieren.

Die von cssgradient.io ausgeworfenen CSS-Angaben schauen zum Beispiel so aus:

```
background: rgb(9,9,121);
background: linear-gradient(90deg,
  rgba(9,9,121,1) 35%,
  rgba(6,170,22,1) 60%,
  rgba(0,212,255,1) 100%);
```

Die erste Zeile gibt eine Hintergrundfarbe ohne Verlauf im dezimalen Format an. Diese Deklaration dient lediglich als Fall-back, damit es einen farbigen Hintergrund gibt, falls aus irgendeinem Grund der Browser mit der zweiten Zeile nicht zu recht kommt.

Die zweite Zeile ist für den eigentlichen Effekt verantwortlich. `linear-gradient()` signalisiert dem Browser, dass er einen linearen Verlauf anzeigen soll. Der erste Wert von `90deg` bewirkt, dass die Farbe von links nach rechts verläuft (`0deg` entspricht von oben nach unten). Der zweite Wert besagt, dass die eine Farbe 45

Prozent des Verlaufs einnimmt und die andere sich über die restlichen 55 Prozent ausbreitet. **cssgradient.io** gibt die Farbwerte im RGBA-Format an: Rot, Grün, Blau, Deckkraft. Bedenken Sie, dass die beiden Codezeilen nur die Deklarationen sind. Damit sie sichtbar werden, müssen Sie diese innerhalb eines Element- oder Klassenselektors einbinden.

Die Möglichkeiten des Generators sind begrenzt: **cssgradient.io** bietet nur eine schmale Vorschau. Einige Optionen, die CSS für Farbverläufe vorsieht, stehen zudem im Generator nicht zur Verfügung, etwa Wiederholungen.

## Code-Spielplatz

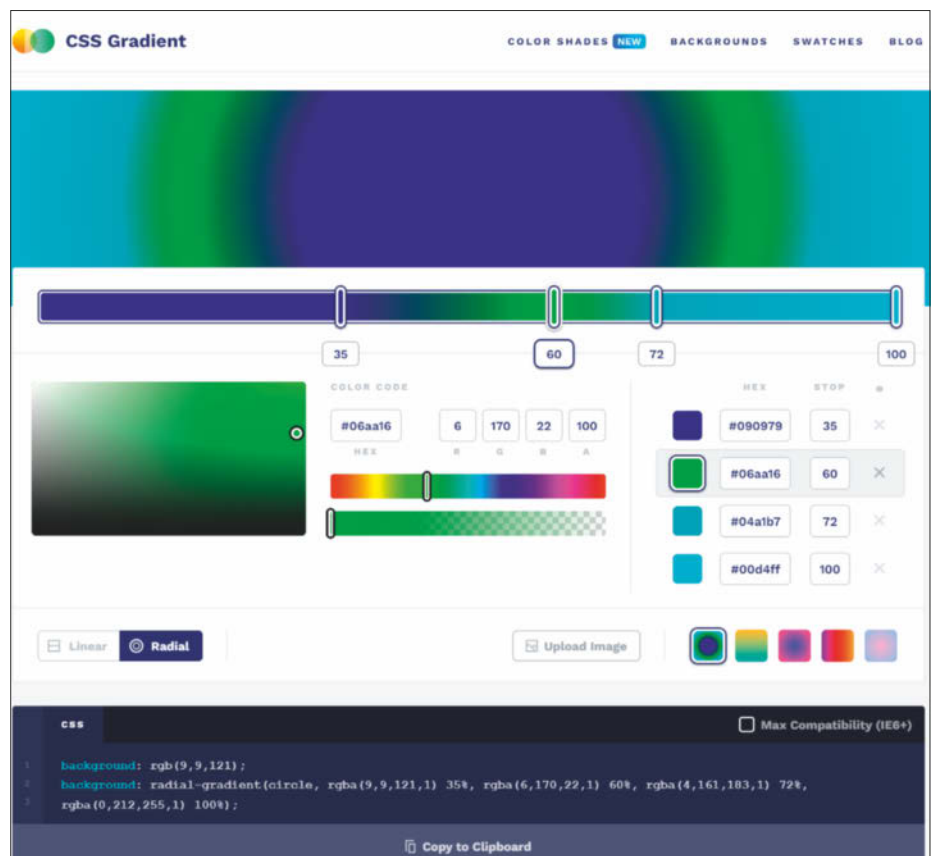
Wenn Sie mit dem Code spielen, ihn erweitern oder mit einer bereits in Produktion befindlichen Komponente testen möchten, finden Sie bei **Codepen** die ideale Testumgebung dafür. Die Website unterhält einen Online-Code-Editor, in dem Entwickler HTML-, CSS- und JavaScript-Codeschnipsel, auch „Pens“ genannt, hochladen und testen können. Codepen rendert den Code live, sodass man Änderungen schnell durchprobieren kann.

## c't kompakt

- Mit CSS-Generatoren können angehende Webdesigner sehr einfach die Möglichkeiten der Layoutsprache erkunden.
- Die Möglichkeiten reichen von einfachen Farbverläufen bis zu kompletten Seitenlayouts.
- Erfahrenen Web-Designern helfen CSS-Generatoren bei Routineaufgaben.

Damit können Sie zum Beispiel testen, wie Ihr Farbverlauf in einem hochformatigen Element wirkt. Codepen ist auch eine hervorragende Inspirations- und Lernplattform, weil die Nutzer hier ihre Kreationen austauschen. Farbverläufe finden Sie beispielsweise unter <https://codepen.io/tag/gradient>.

Sie können Ihre Pens auch verlinken, etwa um sie im Entwicklerforum Ihrer Wahl zu posten. Alle Pens in der kostenlosen Version von Codepen sind öffentlich.



Bei **cssgradient.io** klickt man sich in Sekunden einen Farbverlauf zusammen.

Möchten Sie Ihre Pens lieber für sich behalten, müssen Sie in den Pro-Tarif für 96 Euro pro Jahr wechseln.

## Zusammenstückeln

Der **Ultimate CSS Gradient Generator** von Colorzilla fertigt anspruchsvolle Verläufe an, die die sogenannte Glasoptik nachahmen. Der generierte Code ist ausführlich kommentiert und kommt so ebenfalls Einsteigern entgegen. **CSS Background Patterns** wiederum erzeugt farbige Hintergründe mit Linien- oder Karomustern. Mit den folgenden CSS-Deklarationen etwa zeigt der Browser ein Hintergrundmuster an, das an kariertes Papier erinnert:

```
background-color: #e5e5f7;
opacity: 0.8;
background-image:
  linear-gradient(#444cf7 1px,
    transparent 1px),
  linear-gradient(to right,
    #444cf7 1px, #e5e5f7 1px);
background-size: 20px 20px;
```

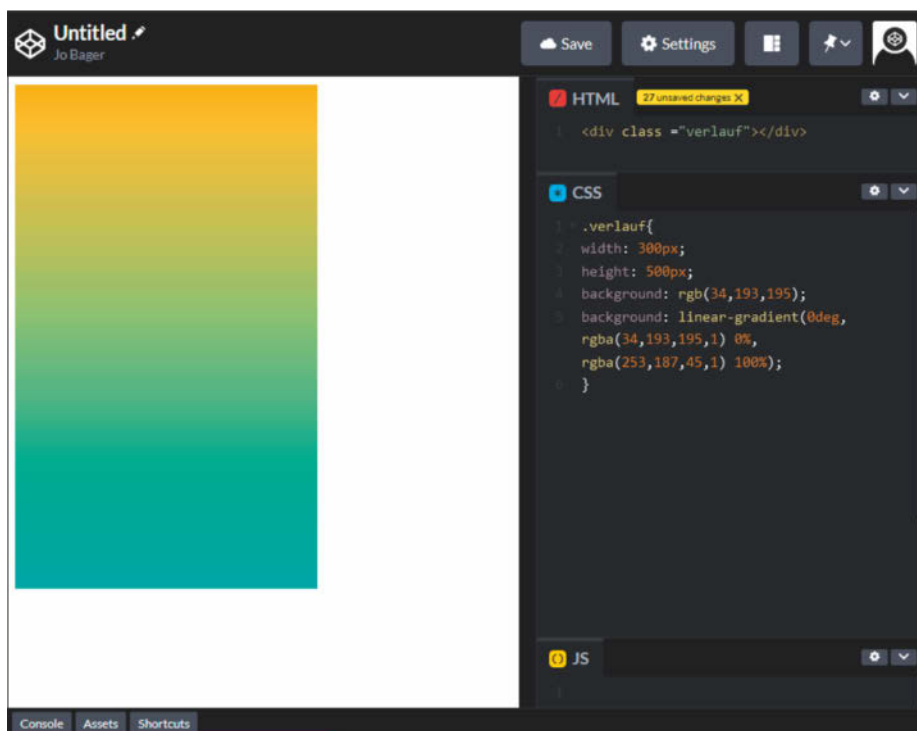
Das Beispiel macht sich zunutze, dass man Farbverläufe für wiederkehrende Muster einsetzen kann. Es bewirkt, dass der Browser 20 mal 20 Pixel große Blöcke zusammenpuzzelt, bei denen er jeweils einen ein Pixel großen Streifen links und oben hellblau einfärbt. Indem der Browser die immer gleichen Blöcke zusammensetzt, entstehen über den gesamten Hintergrund des Elements verlaufende Linien.

## Bewegung mit Fingerspitzengefühl

Mit CSS lassen sich Elemente einer Webseite auch animieren. Mit Animationen sollten Sie sparsam umgehen, um Besucher nicht zu nerven, aber manchmal können Sie damit kleine Akzente setzen.

Mit dem Keyframe-Generator von **web code tools** legen Sie die Schritte einer CSS-Animationssequenz fest. Für eine Seite, die ein Element für zwei Sekunden blinken lässt, spuckt web code tools den folgenden, auf das Wesentliche reduzierten Code inklusive Regieanweisungen aus. Er reduziert die Deckkraft des Elements innerhalb von zwei Sekunden zweimal von 100 auf 0 Prozent und wieder zurück – ein zweifaches Herzklopfen, das die Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Element lenken kann:

```
animation: myAnim 2s ease 0s 1
normal forwards;
```



Wie wirkt der generierte Code in der Praxis? Beim Entwicklerspielplatz Codepen lässt sich das in einer Testumgebung ausprobieren.

```
@keyframes myAnim {
  0%,
  50%,
  100% {
    opacity: 1;
  }
  25%,
  75% {
    opacity: 0;
  }
}
```

Der erste Code ist eine Deklaration. Sie muss einem Selektor zugewiesen werden, der das zu animierende Element adressiert. Das zweite Code-Fragment muss komplett unterhalb des ansprechenden Selektors untergebracht werden.

## Flexible Boxen

Mit CSS lassen sich nicht nur einzelne Elemente der Webseite layouten, sondern auch ihre Anordnung auf der Seite vorgeben. CSS hält dafür zwei Module bereit, das Flexible Box Layout Module, kurz Flexbox, und das Grid Module. Mit dem Flexbox-Modell können Sie Gestaltungselemente mit wenigen Zeilen CSS horizontal oder vertikal anordnen.

Das CSS Grid Module kann Elemente gleichzeitig horizontal und vertikal anordnen. Welches Box-Modell sich am besten

eignet, entscheidet der Anwendungszweck: Sind die Inhalte vor der Erstellung des Layouts bekannt, ist Flexbox eine gute Entscheidung. Grids eignen sich hervorragend, wenn Sie ganze Seiten- oder Abschnittslayouts entwerfen wollen. Damit lassen sich auch anspruchsvolle Layouts definieren. Sie können auch Flexbox- und Grid-Layouts gemeinsam nutzen.

Für den Entwurf von Flexbox-Layouts hat sich **Build with Flexbox** bewährt. Sie legen damit die grundsätzliche Ausrichtung der einzelnen Boxen und ihrer Inhalte fest. Für jede Box lassen sich außerdem Standardparameter wie die Größe und die Abstände sowie Parameter wie flex-grow und flex-shrink festlegen, die man für möglichst flexible, responsive Layouts benötigt.

## Gitter aufspannen

Für die ersten Versuche mit CSS-Grids eignet sich **Griddy** am besten. Per Mausklick fügen Sie dort neue Blöcke, Zeilen und Spalten hinzu und legen deren Ausrichtung samt Ausmaßen der Zeilen und Spalten fest.

Auch wenn sich bereits mit Griddy anspruchsvolle Layouts umsetzen lassen: Der Grid-Generator von **Layoutit Grid** bietet mehr. Der Generator erzeugt nicht nur den CSS-, sondern auch den passenden HTML-Code. Zudem kann „Layoutit



Grid“ mehrere Felder des Rasters zusammenfassen. Dazu geben Sie ihnen mithilfe der Eigenschaft `grid-areas` einen Namen, auf den Sie im HTML-Code verweisen können. Das eignet sich hervorragend, um Designraster zu entwerfen.

Das folgende Beispiel definiert eine klassische Website-Struktur: ein Header-Bereich `head`, der sich über die gesamte Breite ausdehnt, eine einspaltige Navigation `navi links`, einen Content-Bereich `cont` rechts sowie einen Footer-Bereich `foot` unten.

```
.abschnitt {
  display: grid;
  grid-template-areas:
    "head head head head"
    "navi cont cont cont"
    "navi cont cont cont"
    "foot foot foot foot";
}
.head {grid-area: head;}
...
<div class="grid">
  <div class="head">Kopfzeile</div>
  ...
</div>
```

Layoutit-Layouts lassen sich direkt bei Codepen hochladen.

## Multi-Generatoren

Es gibt eine Reihe von Sammlungen mit Generatoren aller Art. **CSS Generator Tool** etwa unterhält zehn einfache Generatoren für verschiedene Zwecke, etwa für Schatten oder Rahmen. Beim **CSS Portal** finden Sie 22 verschiedene CSS-Generatoren. Außer Schlagschatten für Boxen und Text, Farbverläufe und Flexboxes können Sie mehrspaltigen Text, Buttons, Ribbons, Tooltips, Filtereffekte für Bilder und einige weitere grafische Elemente gestalten. CSS Portal bietet nicht nur die reinen CSS-Deklarationen, sondern einsteigerfreundlich auch komplette CSS-Regeln inklusive der Selektoren zum Kopieren an.

Das bereits erwähnte web code tools bietet sogar 45 Generatoren, allerdings sind viele der Tools ziemlich kleinteilig: Den Code für einen Rahmen müssen Sie sich mit den Generatoren für „Border“, „Border Image“ und „Border Radius“ zusammenklicken. Der „Border“-Generator zeigt zudem sehr anschaulich, dass nicht alles, was in CSS technisch geht, auch sinnvoll ist: Wählt man unter „Type“ dort „Different on all sides“ aus, nimmt einem web code tools beim Wort und schlägt einen

Rahmen mit vier unterschiedlichen Liniertypen vor, den man wirklich nicht haben will.

web code tools ist so etwas wie das Schweizer Taschenmesser für Web-Entwickler. Neben den CSS-Generatoren bietet die Site auch Generatoren für HTML- und Open-Graph-Elemente sowie für Schema.org-Angaben im JSON-Format. Bei **Clean CSS** wiederum können Entwickler ihren CSS-Code formatieren oder komprimieren. Daneben finden sich mehr als 50 Tools für alle möglichen Zwecke der (Web-)Entwicklung, vom CSV-zu-HTML-Konverter über einen Editor für reguläre Ausdrücke, Hash-Generatoren und Konverter zwischen verschiedenen Zahlssystemen.

So gut die Sammlungen sein mögen: Auch für vermeintlich banale Gestaltungsaufgaben gibt es Spezialisten. **Smooth Shadow** zum Beispiel generiert sehr fein justierbare Schatten, indem es mehrere Schatten-Layer übereinanderlegt.

Selbst für die eingangs beschriebenen Farbverläufe gibt es noch Verbesserungsmöglichkeiten. So kommt es bei linearen Farbverläufen an den Stellen, an denen die Verläufe beginnen oder enden, zu harten Übergängen. Solche Übergänge lassen sich vermeiden, wenn man an der Schnittstelle eine Übergangsfunktion (Easing Function) statt eines harten Schnitts verwendet.

So etwas gibt es noch nicht in CSS, es ist aber als Vorschlag bei der CSS Working Group eingereicht. Man kann es mit den heutigen Mitteln von CSS allerdings bereits nachempfinden. Der dänische Entwickler Andreas Larsen hat dafür einen Generator gebaut, **Easing Gradient**, der Farbverläufe

mit Easing-Funktionen mithilfe aktueller Technik nachbildet. Die CSS-Entwicklergemeinschaft hat also nicht nur Generatoren gebaut, um Anfängern den Start und Profis Routineaufgaben zu erleichtern. Generatoren helfen auch, die Grenzen der aktuellen Technik auszuloten und Ideen für die Zukunft zu beschreiben.

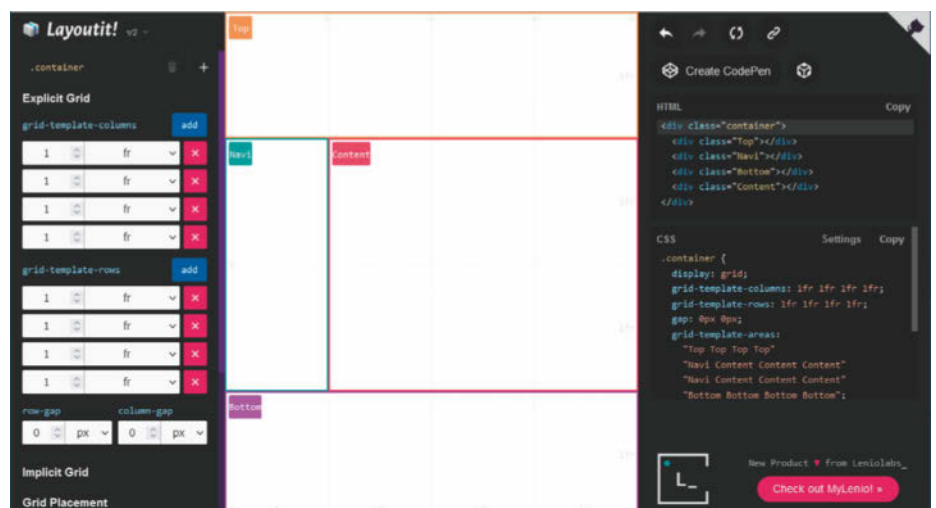
## Hintertreppe zum CSS-Know-how

Lassen Sie sich von den Generatoren in den Bann ziehen. Wenn Sie erst einmal einen interessanten Code-Automaten gefunden und ausprobiert haben, wollen Sie vielleicht auch sehen, wie sich das erzeugte Listing in der Praxis anwenden lässt – und schnell sind Sie bei Codepen oder schrauben direkt am eigenen Projekt.

Wenn Sie genauer wissen wollen, wie die einzelnen CSS-Bauteile ineinandergreifen und welche Optionen Ihnen die Generatoren vielleicht vorenthalten: Bei den MDN Web Docs finden Sie ausführliche Dokumentationen zu der Layoutsprache.

CSS zu beherrschen bedeutet aber nicht automatisch, auch ein gutes Gefühl für Layout und Typografie mitzuentwickeln. Ein Stück weit können Sie sich an den Vorlagen anderer Entwickler orientieren. Wenn Sie allerdings Ihre Sinne für die generellen Grundzüge des Designs schärfen wollen, dann ist die Website des australischen Malers **John Lovett** einen Besuch wert. Und bei **betterwebtype.com** finden Einsteiger einen kostenlosen Kurs in Web-Typografie. (jo@ct.de) **ct**

**Alle Dienste und Sites:** [ct.de/y31q](https://ct.de/y31q)



Mit Layoutit lassen sich Grid-Layouts verwirklichen.

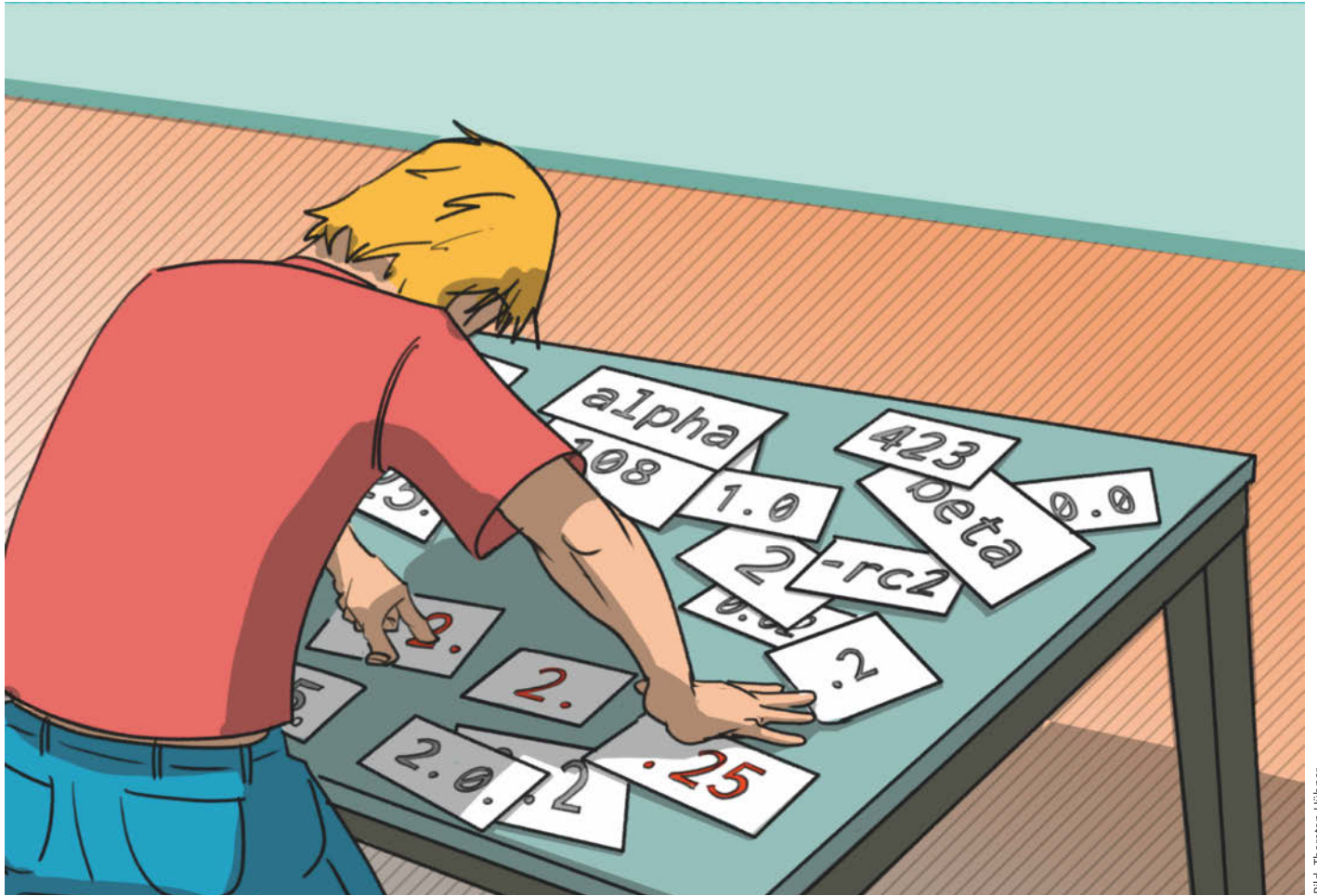


Bild: Thorsten Hübner

# Bedeutung 2.0.0

## Warum Versionsnummern nicht willkürlich sind

**Software ist nie fertig und jedes Entwicklungsprojekt eine ständige Baustelle. Um Veränderungen und Verbesserungen zu dokumentieren, gibt es Versionsnummern. Welchem Schema sollten diese folgen und kommt nach Version 1.9 direkt die 1.10 oder gleich die 2.0? Semantic Versioning liefert klare Antworten.**

Von Jan Mahn

Versionsnummern können mehr sein als eine technische Information über den Stand einer Software. Besonders runde Versionsnummern haben eine eigene Ausstrahlung: Als die Apple-Entwickler 2001 bei Mac OS die Version 10 erreichten, müssen sie sich in die Vollkommenheit dieser Zahl verliebt haben. Mac OS hieß von da an Mac OS X (also mit einer römischen 10) und machte fast zwei Dekaden keine großen Sprünge mehr. Von 2001 bis 2019 konnte Apple sich nicht von der 10 trennen und vergab nur die Versionsnummern 10.1 bis 10.15. Erst 2020 war die Zeit reif für einen großen Satz: macOS 11 mit dem Spitznamen Big Sur. Die Karriere der 11 fällt kurz aus, schon ein Jahr später, im Herbst 2021, folgt macOS 12. Auch Micro-

soft klebte lange an der runden 10 – 2015 brachte das Unternehmen Windows 10 auf den Markt und verkündete damals, dass dies das letzte Windows werden solle. Erst 2021 warf man den Plan über den Haufen und kündigte Windows 11 an.

Schaut man auf die Betriebssystemhersteller, könnte man den Eindruck gewinnen, dass Versionsnummern vollkommen willkürlich vergeben werden und die Marketingabteilung wesentlichen Einfluss auf die Nummerierung hat. Doch die beiden Betriebssysteme sind eher die Ausnahme. Unter Softwareentwicklern hat sich mittlerweile ein Versionsschema durchgesetzt, das wenig Raum für Willkür lässt: Semantic Versioning – also eine Versionierung mit Bedeutung. Dieses Schema



begegnet Entwicklern und Anwendern vielerorts: bei Updates von Desktopsoftware, Serverdiensten und Bibliotheken für sehr viele Programmiersprachen. Das komplette Regelwerk für Semantic Versioning (erschienen in Version 2.0.0) finden Sie über [ct.de/ydw9](https://ct.de/ydw9).

## Bedeutungsschwer

Versionsnummern nach Semantic Versioning (SemVer) bestehen aus drei Teilen, getrennt durch Punkte – etwa 1.2.5. Die drei Komponenten nennt man „Major“, „Minor“ und „Patch“ und für die Vergabe der Zahlen gibt es klare Regeln. Die erste Regel: Jede veröffentlichte Version (interne Tests unter den Entwicklern gehören nicht dazu) braucht eine neue Versionsnummer. Es dürfen also nie zwei unterschiedliche Entwicklungsstände unter einer Nummer im Umlauf sein, nachträglich wird keine einzige Zeile Code verändert, ohne eine neue Nummer zu vergeben. Führende Nullen in allen drei Komponenten sind nach Semantic Versioning-Regeln grundsätzlich unerwünscht.

Die erste stabile Version, die produktiv eingesetzt werden kann, bekommt die Version 1.0.0 (zu Beta-Tests später mehr). Ist eine Software erst mal auf dem Markt, wird man früher oder später Fehler feststellen und diese reparieren wollen. Wenn ein Knopf in der Oberfläche nicht so arbeitet, wie man das erwartet hat, oder die Software unter bestimmten Umständen immer abstürzt, ist es Zeit für ein Patch-Release. Patches dürfen nur Probleme lösen, keine neuen Funktionen einbringen. Jede Patch-Version darf aber beliebig viele unterschiedliche Probleme beseitigen, wichtig ist nur, dass die bisherige Funktion nicht angetastet wird. So muss zum Beispiel eine mit der Vorgängerversion einer Software erstellte Datei weiterhin lesbar sein. Die erste reparierte Version erscheint unter Versionsnummer 1.0.1. Fixes kann es so viele geben, wie Bedarf an Reparaturen ist. Nach 1.0.9 muss also nicht 1.1.0 folgen – große Projekte, die regelmäßig aktualisiert werden, könnten problemlos etwa Version 1.0.423 herausbringen.

Neben dringend anstehenden Reparaturen kommen bei den Entwicklern meist auch Wünsche für neue Funktionen an. In einer Desktopsoftware kann das ein neuer Knopf sein, in einem API zum Beispiel neue Endpunkte. Sind solche Änderungen fertig, ist es Zeit für ein Minor-Release, im Beispiel wäre jetzt Version 1.1.0 dran. Sobald die Minor-Version erhöht

wird, muss der Patch-Level unbedingt wieder auf 0 gesetzt werden. Zusammen mit neuen Funktionen kann man in einem Minor-Release beliebig viele anstehende Reparaturen erledigen, für die man sonst Patch-Releases veröffentlicht hätte. Wichtig bei der Vergabe von Minor-Releases: Sie müssen stets abwärtskompatibel sein. Die Nutzer bekommen durch ein Minor-Update nur Funktionen hinzu, müssen aber nichts umkonfigurieren, keine Dateien anpassen und sollten nichts vermissen. Minor-Updates sollte man wie Patches stets „gedankenlos“ installieren können, gerne auch automatisiert und nachts. Am nächsten Morgen darf es kein böses Erwachen geben.

Für die Vergabe von neuen Minor-Versionen gibt es noch einen weiteren Grund: Wenn man sich entscheidet, eine bisher existierende Funktion abzukündigen, ist eine neue Minor-Version Pflicht. In der Dokumentation und den Release-Notes wird dann der Hinweis ergänzt: „Folgende Funktion wird in Zukunft abgeschafft. Nutzen Sie sie nicht mehr und stellen Sie sich jetzt um.“

## Große Brocken

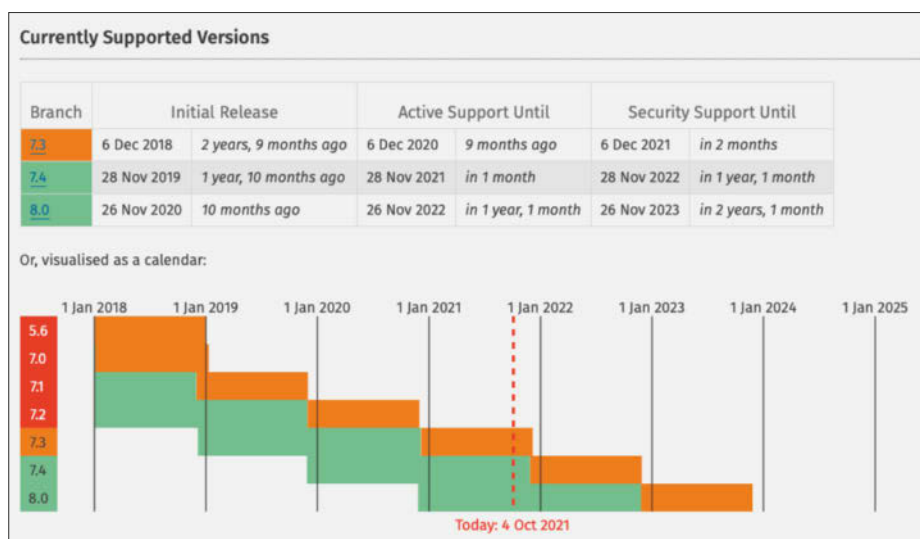
Wann immer Änderungen „breaking changes“ sind, also nicht mehr abwärtskompatibel, braucht man ein Major-Release. Dabei werden ebenfalls Minor- und Patch-Version wieder genullt, von 1.23.456 stellt man also zwangsläufig auf 2.0.0. Neue Major-Versionen sind der Zeitpunkt, an dem man zuvor abgekündigte alte Zöpfe abschneidet und nach Belieben weitere

## ct kompakt

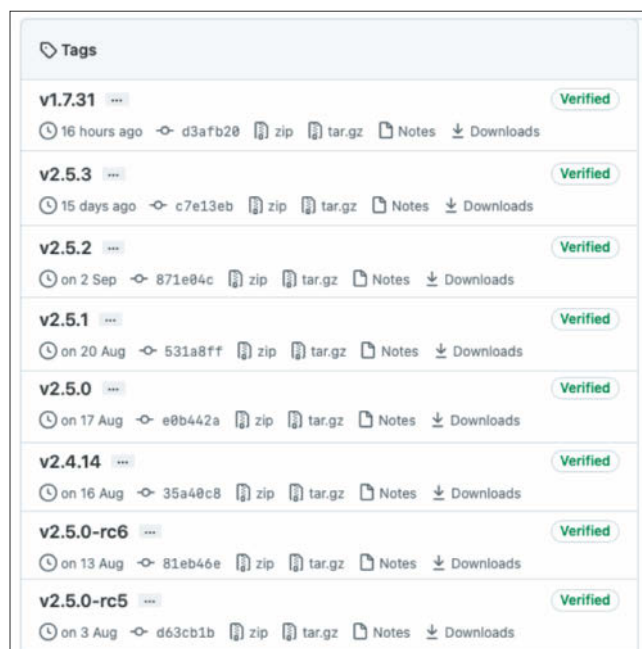
- Semantic Versioning diktiert klare Regeln, wie Versionsnummern vergeben werden.
- Viele große und kleine Projekte halten sich an die Regeln und machen Nutzern das Leben leichter.
- Wenn Entwickler schlampfen, ist Chaos unvermeidlich.

Funktionen und Reparaturen einbaut. Der Sprung von Version 1.23.456 auf Version 2.0.0 darf beim Anwender durchaus Arbeit verursachen – eine gute Software hilft aber beim Wechsel auf die neue Major-Version. Haben Sie eine Dokumentenverwaltung entwickelt und beim Sprung von Version 1 auf 2 das Dateiformat geändert und nicht nur erweitert, könnte das Programm beim Öffnen einer alten Datei fragen, ob sie automatisch ins neue Format übertragen werden soll. Bei Serversoftware gehört in der Dokumentation ein Kapitel mit einer Umzugsanleitung zum guten Ton (ein sogenannter Migration Guide).

Nicht zwangsläufig endet mit dem Sprung auf eine neue Major- oder Minor-Version die Entwicklung an der Vorgängerversion – die Entscheidung, was weiter unterstützt wird, kann nur das Entwicklungsteam treffen und das sollte seine Pläne frühzeitig bekannt geben. Unten sehen Sie einen Screenshot der Lebenszyklen der



**Mit dem Erscheinen einer neuen Major-Version muss nicht zwangsläufig Schluss sein mit der Entwicklung an älteren Versionen. Das PHP-Projekt versorgt zum Beispiel mehrere Stränge parallel.**



**Sobald sich die Entwickler entscheiden, mehr als eine Version zu unterstützen, kann es in der Liste der Releases unübersichtlich werden. Sowohl 1.7.31 als auch 2.5.3 sind aktuelle Versionen – mit jeweils unterschiedlichen Funktionen.**

Programmiersprache PHP. Anfang Oktober 2021, als dieser Artikel entstand, bekamen die Versionen 7.3 und 7.4 noch Updates auf Patch-Ebene, während am Versionsstrang von 8 bereits an neuen Funktionen geschraubt wurde (Version 8.1 befand sich bereits in der Testphase). Mehrere Stränge am Leben zu halten, ist durchaus arbeitsintensiv – viele Entwicklerteams veröffentlichen für die alten Versionen nur noch Sicherheits-Patches und keine, die nicht sicherheitsrelevante Fehler tilgen.

## In Ruhe getestet

Ganz so einfach wie beschrieben ist der Lebenszyklus von Versionen meist nicht. Zunächst ist es utopisch, dass das Leben einer Software mit einer einsatzbereiten Version 1.0.0 beginnt – in Wahrheit fängt alles mit einem leeren Ordner an und geht mit vereinzelt Fragmenten von halb fertigem Code weiter. In der internen Entwicklung fängt man meist mit Version 0.1.0 an und zählt zunächst die Patch-Versionen hoch, bis die Anwendung etwas Gestalt angenommen hat. Die 0.2.0 kommt, wenn der erste intern gesetzte Meilenstein erreicht ist. Von den strengen SemVer-Regeln kann man zu diesem Zeitpunkt noch etwas abweichen – sie gelten erst ab Version 1.0.0. Auch ohne Major-Releases dürfen sich Details hier jederzeit und ohne An- und Abkündigung ändern.

Eine weitere utopische Annahme ist es, dass ein Sprung von einer Minor- oder Major-Version zur nächsten reibungslos und ohne ausprobieren klappt. Während

man Reparaturen auf Patch-Level meist direkt veröffentlichen kann, weil die Eingriffe überschaubar sind, empfiehlt sich für neue Funktionen und große Änderungen eine gründliche Testphase. Dafür braucht man Vorabversionen, die ein Kreis von Freiwilligen ausprobiert. Solche Pre-Releases kennzeichnet man nach Semantic Versioning, indem man eine Zeichenkette mit einem Bindestrich anhängt, etwa 2.0.0-alpha. Wer eine so markierte Version installiert, muss mit Problemen rechnen und sollte sie den Entwicklern melden – das ist der Sinn einer Testphase. Pre-Releases werden untereinander alphabetisch sortiert, strenge Regeln für die Benennung gibt es aber nicht. Erlaubt sind nur ASCII-Zeichen, also keine Umlaute und Sonderzeichen: Nach 2.0.0-alpha kann man zum Beispiel 2.0.0-alpha2 veröffentlichen, später 2.0.0-beta, dann etwa 2.0.0-rc1. „rc“ steht für Release Candidate. In diesem Status sind keine weiteren Funktionen mehr zu erwarten. Verliehen alle Test zufriedenstellend, ist die Zeit reif für die finale 2.0.0.

## Im Alltag

Wer Semantic Versioning in freier Wildbahn sehen will, muss nur die Release-Seiten großer Open-Source-Projekte bei GitHub öffnen – zum Beispiel die des HTTP-Routers Traefik unter [github.com/traefik/traefik/releases](https://github.com/traefik/traefik/releases). Als dieser Artikel entstand, waren Version 1.7.31 im alten Entwicklungszweig und 2.5.3 im neuen Zweig aktuell. Version 2.5.0 hatten die Entwickler zuvor gründlich bis 2.5.0-rc6 in Pre-Releases getestet.

Intensiven Gebrauch von Semantic Versioning machen Paketmanager diverser Programmiersprachen. Bei Softwarebibliotheken gelten dieselben Spielregeln wie für fertige Programme.

Paketmanager nutzen typischerweise eine Datei, in der man die Abhängigkeiten der eigenen Software einträgt, bei Npm heißt sie zum Beispiel `package.json`. Sie liegt auf der obersten Ebene eines Projekts und enthält im Abschnitt `dependencies` die verwendeten Bibliotheken, zum Beispiel folgendermaßen:

```
"dependencies": {
  "express": "4.17.1"
}
```

Damit ist die Abhängigkeit auf den Patch 4.17.1 festgenagelt, von Reparaturen würde man auch bei einem Update per `npm update` nichts mitbekommen. Möchte man Neuerungen auf Patch-Ebene bekommen, schreibt man `~4.17.1`. Die Tilde verrät, dass es mindestens diese Version oder ein höheres Patch-Level sein muss.

Wer alle Minor-Releases mitbekommen möchte, verwendet die Syntax `^4.17.1`. Alle neuen 4er-Releases kommen dann per `npm update`. Das setzt aber etwas Vertrauen voraus: Nicht immer schätzen Entwickler von Bibliotheken ihre Änderungen richtig ein. Was sie für „non breaking“ halten, kann schlimmstenfalls doch negative Auswirkungen haben. In der Vergangenheit führten solche Fehleinschätzungen immer mal wieder zu Frust, der sich in Issues bei GitHub entlud. Bevor Code mit aktualisierten Abhängigkeiten den Nutzer erreicht, sind Tests dringend angeraten. Wer ganz mutig ist, trägt schlicht `>4.17.1` ein. Anders als Semantic Versioning ist die Syntax von Paketmanagern nicht vereinheitlicht. Composer für PHP verhält sich ähnlich wie Npm, NuGet kennt andere Steuerzeichen. Details finden Entwickler in der Doku ihres Paketmanagers.

Kein Entwicklerteam ist gezwungen, seine Software nach Semantic Versioning zu benennen – das Schema hat aber mittlerweile so große Verbreitung gefunden, dass man gut beraten ist, ihm zu folgen. Sobald sich Entwickler bewusst Gedanken machen müssen, welche Änderungen sie in einer Patch- oder Minor-Version unterbringen, müssen sie auch ihre Entwicklung anpassen und arbeiten meist automatisch mehr im Sinne der Nutzer. (jam@ct.de)

**Semantic Versioning 2.0.0:** [ct.de/ydw9](https://ct.de/ydw9)



# Goodbye Routinejobs

## Hello Automatisierung!



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](https://shop.heise.de/ix-komp-rechenzentrum21)



Bild: Albert Hulm

# Geöffnete Geldhäuser

## Wie Open Banking den Finanzsektor verändert

**EU-Kreditinstitute müssen Fremddienstleistern offene Schnittstellen zu den Konten ihrer Kunden anbieten. Das ebnet den Weg für das „Open Banking“ und geht sogar über Finanzen hinaus. Die Daten wecken aber auch Begehrlichkeiten, die nicht im Interesse der Kunden sein müssen.**

Von Markus Montz

**E**in Fallbeispiel: Sie haben ein regelmäßiges, ordentliches Einkommen. Rechnungen begleichen Sie zuverlässig, Ihr Konto und Ihre Kreditkarten sind stets gedeckt. Doch aus unerfindlichen Gründen verweigern Ihnen Vermieter trotz Ihrer tadellosen finanziellen Lage den Zuschlag für eine neue Wohnung und Sie erfahren auf Nachfrage, dass eine einschlägige Auskunft eine ungünstige Bonitätsvotum abgegeben hat.

Letztlich könnte alles ganz einfach sein: Über eine Schnittstelle holt eine von Ihnen beauftragte Auskunft Ihre Umsatzdaten der letzten Monate bei Ihrer

Bank ab. Anschließend analysiert eine Software die regelmäßigen Einnahmen und Ausgaben wie Gehalt und bisherige Mietzahlungen, erkennt den regelmäßig ausgeführten Dauerauftrag und auch sonst keine Zahlungsausfälle. Die Auskunft bescheinigt Ihnen eine hohe finanzielle Verlässlichkeit, Sie oder die Auskunft selbst geben dies an die potenziellen Vermieter weiter und Ihre Chancen auf einen Zuschlag steigen.

### Open Banking – was ist das?

Das Fallbeispiel illustriert, wie „Open Banking“ funktioniert. Es beruht auf zwei



Voraussetzungen: Zum einen darf der Inhaber von Bankkonten selbst bestimmen, mit wem er seine Daten teilt und wer von seinen Konten Transaktionen auslösen darf. Zum anderen hat seine Bank beim Open Banking ihre Serversysteme durch eine oder mehrere offene Programmierschnittstellen (API) erweitert. Über diese können beauftragte Dienstleister im Kontext von Anwendungen und Dienstleistungen auf dessen Konten zugreifen.

„Open“ heißt dabei nicht „offen für jeden“. Es bedeutet, dass das API einem Kreis von Zugriffsberechtigten von außen zugänglich ist und die Bank dafür Protokolle und Nachrichtenformate bereitstellt, und zwar freiwillig, auf Basis von Branchenvereinbarungen oder aufgrund gesetzlicher Vorgaben. Kostenlose Varianten sind ebenso möglich wie kostenpflichtige. Ein bekanntes Beispiel ist die FinTS-Schnittstelle in Deutschland: Der Zugriff auf ein Konto über FinTS (Financial Transaction Service) ist allen möglich, die Zugangsdaten des Kontos haben.

Der Begriff des Open Banking lehnt sich an das Konzept von Open Data [1] an. Er tauchte gegen Mitte der Zehnerjahre in der Finanzbranche auf, als die EU gerade die zweite europäische Zahlungsdienstrichtlinie (PSD2) beriet und verabschiedete. Die hat nicht nur die neuen Authentifizierungsvorschriften für das Onlinebanking und für Kartenzahlungen gebracht. Sie verpflichtet Kreditinstitute auch, kostenlos Schnittstellen für Fremddienstleister zu den Girokonten von Privat- und Geschäftskunden vorzuhalten – die sogenannten „Access to Account“ (XS2A) oder einfach PSD2-Schnittstellen [2, 3]. Über diese greifen von Aufsichtsbehörden zugelassene Dienstleister im Auftrag der Kontoinhaber auf deren Girokonten zu.

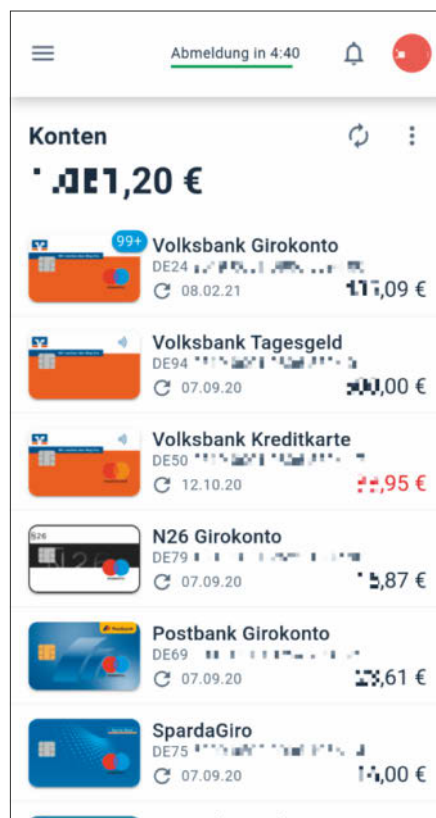
### Mit Bankdaten Stromkosten senken

Beim Open Banking geht es in besonderem Maße um Daten. Umsatzdaten verraten viel über den Kontoinhaber und sind der Grundstoff für die externen Dienste, zum Beispiel Home- respektive Multibankinganwendungen. Was klassisch eine lokal installierte Software erledigte, kann ebenso gut ein Onlinedienstleister tun: Er holt die Umsatzdaten bei den Banken ab und speichert sie auf seinen Servern. Nun kann der Kunde von überall darauf zugreifen [4].

Multibankingsoftware enthält in der Regel Tools für die Finanzanalyse und -pla-

nung. Sie analysieren Umsätze anhand ihrer Metadaten und ihres Verwendungszwecks automatisch und ordnen sie Kategorien wie Wohnen, Nebenkosten oder Strom zu. Software für Selbstständige und Unternehmen wiederum liest aus den Umsatzdaten Rechnungs- und Kundennummern heraus und bestätigt, dass ein Kunde seine Rechnung pünktlich beglichen hat.

Erkennt eine intelligente Software eine regelmäßige Zahlung wie „Strom“, kann sie sich im nächsten Schritt auch mit einer Vergleichsplattform verbinden und dem Kunden Wechselangebote zu günstigeren Anbietern unterbreiten. Geht der Kunde darauf ein, fließt eine Provision vom neuen Versorger an den Multibankingdienstleister. Dieses Geschäftsmodell liegt einigen kostenlosen Multibanking-Apps zugrunde, beispielsweise „Finanzblick“ oder dem zum Vergleichsdienst Verivox gehörenden „Outbank“. Konkurrent Check24 hat mit „C24“ gleich eine eigene Bank eröffnet. Deren App enthält eine Multibanking-Funktion, die an die Vergleichsplattform gekoppelt ist. Vergleichsplattformen können solch eine Funktion aber auch ganz ohne eigene Bank



**Der Klassiker des Open Banking sind Multibankinganwendungen, auf die man online von jedem Ort aus zugreifen kann.**

### c't kompakt

- Banken bieten freiwillig oder aufgrund von Gesetzen programmierbare Schnittstellen an.
- Mit Erlaubnis des Kunden können Fremddienstleister darüber auf seine Konten zugreifen und ihm nützliche Services anbieten.
- Im Umgang mit den sensiblen Kontodaten gibt es jedoch noch viele Probleme.

oder Multibanking integrieren: Nach der Analyse präsentiert die Plattform gebündelt die Wechselangebote. Open Banking nützt also auch schon, wenn noch gar kein Geld fließt. Sogar die Bank des Kunden bleibt passiv im Hintergrund, als Verwahrer seiner Daten.

Da sie die Identität ihrer Kunden schon von Gesetzes wegen gründlich prüfen muss, könnte sie aber auch selbst Dienste jenseits des Finanzbereichs anbieten. Über Open-Banking-Schnittstellen kann sie Identitäten bestätigen und beispielsweise verifizierte elektronische Unterschriften ausliefern. In Schweden ist es zum Beispiel möglich, sich mithilfe seiner Bank rechtsicher im Internet auszuweisen. Eine Bank könnte auch auf Händleranfrage nur mit „Ja“ bestätigen, dass der Käufer einer Flasche Whisky über 18 Jahre alt ist.

Auf demselben Weg wie beim Preisvergleich gewinnt ein Algorithmus Aussagen zur finanziellen Zuverlässigkeit und Kreditwürdigkeit. Eine kreditgebende Bank, eine Kreditvergleichsplattform, ein Händler oder Zulieferer kann mit diesen Daten auch gleich individuelle Kreditangebote samt Zinsen erstellen. Als Kunde spart man sich umständliche Antragsverfahren und weiß in wenigen Sekunden verbindlich, wie teuer der Kredit tatsächlich sein wird. Onlineshops und selbst Geschäfte in der Fußgängerzone können verzinste Ratenkredite so wesentlich unkomplizierter und beinahe in Echtzeit als Zahlungsoption anbieten – mit allen Vor- und Nachteilen für die Kunden.

Die Liste lässt sich fortsetzen: Automatisierte Finanz- und Anlageberatungen ermitteln auf Basis von Umsatzdaten Monatsüberschüsse und bestehende Anlagen. Gekoppelt an Zinsplattformen geben sie Ratschläge zur Geldanlage oder legen



**Lassen Kunden auf Basis ihrer Bankdaten bei Auskunfteien einen Score errechnen, sollen diese im Konzept von Open Banking auch gleich einen Kreditgeber vermitteln können.**

das Geld gleich automatisch an („Robo-Advisoring“). Schuldenberatungen machen Kunden gezielte Vorschläge, Ausgaben besser in den Griff zu bekommen. Versicherungsberatungen erkennen über- und unterbewertete Policen und Versicherungslücken.

### Einfach bezahlen

Über Open-Banking-Schnittstellen können Fremdanbieter auch Zahlungen – sprich: Überweisungen – im Auftrag des Kontoinhabers auslösen. Das können Dienstleister oder zwischengeschaltete Treuhanddienste im Auftrag eines Händlers sein. Sie schalten sich dazu zwischen Shop und Bank. Der Händler bekommt eine Bestätigung, nachdem der Dienst die Überweisung ausgelöst hat, und er muss nicht auf den Geldeingang warten. Der Händler kann die Ware oder Dienstleistung sofort ausliefern und sie ist schneller beim Kunden. Dieser hat außerdem eine Alternative zu Kreditkarten und PayPal und muss dem Händler anders als bei einer Lastschrift keine Kontodaten übermitteln. Das bekannteste Beispiel für solch

einen Dienst ist die „Sofortüberweisung“ von Klarna.

Mit Überweisungen in Echtzeit sind sogar Zahlungen an der Ladenkasse denkbar, beispielsweise über eine Smartphone-App. Open Banking könnte so im gesamten Handel etablierten, aber für Händler relativ teuren Bezahlmethoden wie Kreditkarten oder PayPal Konkurrenz machen. Die Zahlung wird komplett ohne zwischengeschaltete Bezahlkarte direkt auf dem Girokonto des Kunden abgebucht und sofort dort sichtbar. Der Händler kann gesparte Entgelte an ihn weitergeben und hat praktisch kein Ausfallrisiko.

### Schnittstellen

Alle bedeutenden deutschen Kreditinstitute haben bereits seit den späten Neunzigerjahren geeignete APIs in Form des schon angesprochenen FinTS. Protokoll und Nachrichtenformat von FinTS sind über Branchenvereinbarungen im Dachverband Deutsche Kreditwirtschaft spezifiziert. Auch Dienstleister, die im Auftrag eines Kunden handeln, nutzen FinTS: Sie benötigen lediglich dessen Zugangsdaten und der Kunde muss bestimmte Aktionen wie Überweisungen noch mit einem zweiten Faktor bestätigen. Ein wichtiger Nachteil ist, dass FinTS nicht vorsieht, dass die Dienste offiziell registriert sind und sich beim Zugriff gegenüber der Bank legitimieren. Das wäre aber schon aus Sicherheitsgründen wünschenswert, damit die Bank unbefugte Zugriffsversuche abweisen kann.

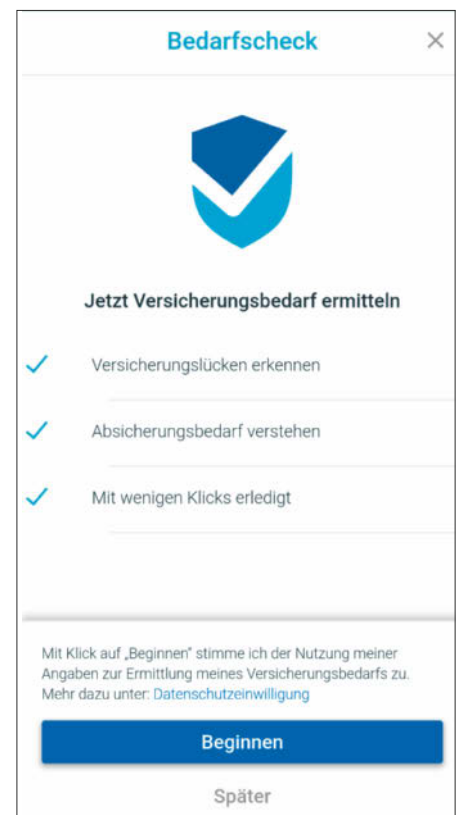
Eine hierzulande ebenfalls genutzte Möglichkeit des Zugriffs ist das sogenannte Screenscraping („vom Bildschirm kratzen“). Dafür ist nicht einmal ein API erforderlich: Die Software des Dienstleisters loggt sich dabei mit den Zugangsdaten des Kunden über die Browserschnittstelle in dessen Onlinebanking ein und führt die gewünschten Aktionen aus. Auch beim Screenscraping hat die Bank keine Kontrolle darüber, wer gerade zugreift; zudem erhält der Dienst damit automatisch Zugriff auf sämtliche Konten des Kunden bei der jeweiligen Bank oder Sparkasse. Zudem muss er seine Software häufig an Änderungen in der Bedienoberfläche anpassen.

Ein noch junges Open-Banking-API ist die erwähnte XS2A-Schnittstelle. Mit ihr unterwarf die EU 2015 die ab Mitte der Nullerjahre in immer größerer Zahl auftretenden unregulierten Open-Banking-Dienste der Aufsicht durch die Finanzbehörden. Für diese in der PSD2 als „Drittdienstleister“ bezeichneten Dienste gibt

es heute die Institutsformen „Kontoinformationsdienst“ (KID) und „Zahlungsauslösedienst“ (ZAD). XS2A sollte überdies den Wildwuchs beim Screenscraping eindämmen und mehr technische Sicherheit und Kontrolle bewirken. Die EU verpflichtete daher die Banken und Sparkassen, XS2A-Schnittstellen für Fremddienste einzurichten.

Wer solch einen Dienst betreiben möchte, benötigt dafür im Gegenzug nun eine Erlaubnis einer nationalen Finanzaufsicht. Nur damit gibt es die eIDAS-Zertifikate, mit denen sich der Dienst an dem XS2A-API legitimieren muss, zusätzlich zur Authentifizierung durch den Kunden selbst. Der Antrag für die Erlaubnis ist mit umfangreichen Nachweispflichten verbunden. Die Aufsicht kann die Genehmigung bei schwerwiegenden Sicherheits- und Datenschutzängeln wieder entziehen.

Die PSD2 macht aber nur Vorgaben für Zahlungen-, also Girokonten. Für andere Kontoarten, etwa Spar- oder Kreditkartenkonten, nutzen KID und ZAD daher weiterhin die bisherigen Zugangswege. Daneben können Banken in Eigenregie



**Schon heute können Apps auf Kundenwunsch in Umsatzzahlen nach Versicherungslücken suchen. Qualität und Datenschutzniveau haben wir aber in diesem Fall nicht überprüft.**



weitere Open-Banking-Schnittstellen abseits von FinTS und XS2A schaffen. So hat etwa die Deutsche Bank ein umfangreiches API-Programm für ihre Geschäftskunden aufgelegt, für das sie ohne Weiteres Entgelte erheben darf.

## Geschützte Daten?

Während Open Banking hinreichend sicher ist, gibt es beim Datenschutz mehrere systemische Probleme. Kontoumsatzdaten geben viel über den Kontoinhaber und beispielsweise sein Einkaufsverhalten oder soziale Aktivitäten preis; beispielsweise, welchen Vereinen oder Parteien er angehört. Damit beim Open Banking keine sensiblen Daten in falsche Kanäle gelangen, muss der Kunde also sicher sein können, dass ein Dienstleister diese vertraulich behandelt, zweckgebunden nutzt, dem Prinzip der Datensparsamkeit folgt und folgerichtig alles löscht, was er nicht mehr benötigt. Oft genug ist es fraglich, ob das auch geschieht.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Schnittstellen grundsätzlich alle Umsatzdaten der freigegebenen Konten preisgeben, also auch solche Daten, die etwa für eine bloße Bezahlung einer Ware nicht benötigt werden. Für eine Bonitätsprüfung mag eine lückenlose Umsatzhistorie sinnvoll sein, für einen Preisvergleich braucht man sie nicht. Ein anderes Problem beim Open Banking ließe sich nicht einmal mit einem Freigabemanagement für einzelne Umsätze lösen: In den Umsatzdaten befinden sich stets auch Angaben zum Sender respektive Empfänger. Auch dessen Rechte sind daher betroffen.

Für ein allseits gewinnbringendes Open Banking müssen die Kunden außerdem informierte Entscheidungen treffen und transparent darüber aufgeklärt werden, wo und wie ein Fremddienst ihre Daten speichert und verarbeitet. Komplizierte oder doppeldeutige Texte verleiten hingegen viele Menschen dazu, eine Einwilligungserklärung durchzuwinken und wichtige Details zu übersehen. So prüft ein Zahlungsauslösedienst nicht immer nur den Saldo, sondern durchsucht eventuell auch die Umsatzdaten nach fehlgeschlagenen Überweisungen, um die Zahlung abzusichern. Genau das tut zum Beispiel Klarna bei der „Sofortüberweisung“ [5].

Abgesehen davon, dass es immer wieder Datenlecks gibt, nutzen manche Dienstleister beim Zugriff auf Open-Banking-Schnittstellen die Daten ihrer Kunden für weitere Zwecke [6] oder geben sie

sogar weiter. Gerade wenn mehrere Dienstleister zusammenarbeiten, sind solche Absichten schwierig zu durchschauen – etwa bei dem PSD2-konformen Konstrukt, in dem ein zugelassener Dienstleister im Auftrag eines weiteren Anbieters ohne behördliche Erlaubnis arbeitet (siehe Grafik). Für Datenschutzverstöße kann Letzterer zwar nach der DSGVO belangt werden, aber nicht nach den Regeln der PSD2. Der Kunde muss jedoch sichergehen können, dass beim Open Banking Datensicherheit und Datenschutz gewährleistet und kontrolliert werden. Daher fordern Verbraucherschützer, dass Finanz- und Datenschutzaufsicht besser aufeinander abgestimmt werden.

## Ausblick

Open Banking ist ein zweischneidiges Schwert. Es kann Wettbewerb, Innovation und Servicevielfalt und eine Vielzahl sinnvoller Dienste für Bankkunden hervorbringen, die deren Banken bisher nicht oder nur unzureichend im Angebot hatten. Mit dem Bankkonto als Grundlage bietet Open Banking Bankkunden neue Möglichkeiten, sei es maßgeschneiderte Online-Finanzberatung durch intelligente Software, unkomplizierte Zahlung direkt vom Bankkonto oder sogar eine elektronische Unterschrift.

Doch der „offene“ Charakter zieht nicht nur verantwortungsvolle Dienstleis-

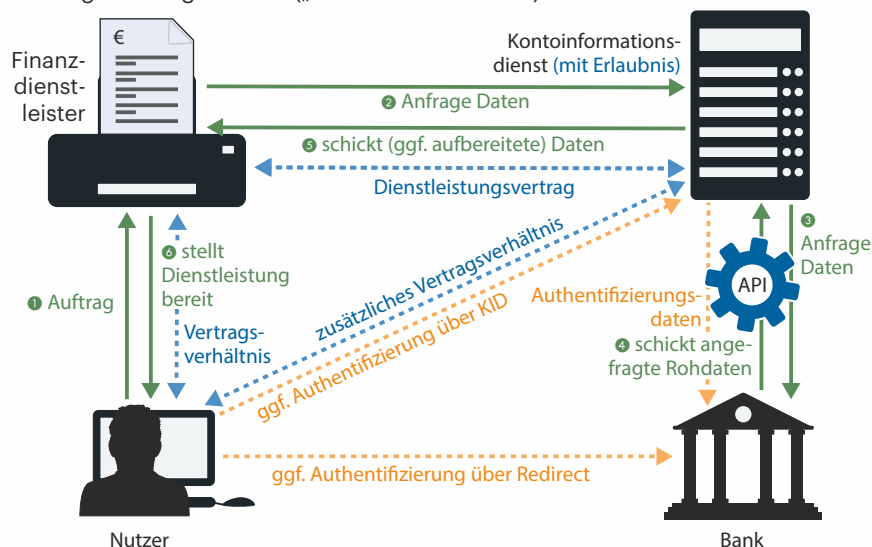
ter an. Mit Umsatzdaten lässt sich schließlich viel Geld verdienen. Kunden sollten zwar generell sehr sorgfältig prüfen, wem sie welche Daten zu welchem Zweck anvertrauen – und dies sehr genau im Blick behalten: Die Banken bieten zumindest für die PSD2-Schnittstellen Tools im Onlinebanking, in denen man Einwilligungen auch wieder entziehen kann. Insbesondere aber sind die Branche selbst und die Politik gefordert, dem Datenschutz noch mehr Sorgfalt zu widmen und eine ehrliche und unaufgeforderte „Privacy first“-Haltung zu leben. Nur wenn sie dies gewährleisten und Skandale ausbleiben, wird Open Banking auch für die Kunden ein echter und nachhaltiger Gewinn werden. (mon@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Jo Bager, Datenbefreier, Aktivisten öffnen staatliche Datenpools, c't 20/2021, S. 122
- [2] Markus Montz, Konto mit Anschluss, Alte und neue Schnittstellen im Online-Banking, c't 19/2019, S. 148
- [3] Markus Montz, Kontenverbindung, Multibanking mit alten und neuen Schnittstellen, c't 21/2020, S. 74
- [4] Markus Montz, Kontenversammlung, Bankgeschäfte im Griff mit Multibanking-Apps, c't 21/2020, S. 66
- [5] Markus Montz, Zahlen, bitte! Wie Sie die richtige Bezahlmethode für Ihre Onlinekäufe finden, c't 20/2019, S. 16
- [6] Markus Montz, Mehr geht immer, Plante die Schufa den großen Daten-Coup?, c't 1/2021, S. 30

## „Drittdienstleister“ nach PSD2

Beispiel registrierter Kontoinformationsdienst (KID): Der KID liest die Umsätze des Kunden aus, kann diese aufbereiten und dem Kunden anschließend zur Verfügung stellen. Der KID kann auch im Auftrag eines weiteren Dienstleisters ohne Registrierung arbeiten („Licence as a Service“).



# Grundlagen Mikrocontroller

## Was Mikrocontroller von Mikroprozessoren unterscheidet

**Mikrocontroller sind allgegenwärtig, mehr als 20 Milliarden kommen jährlich auf den Markt – viele als unsichtbarer Bestandteil anderer Chips. Mikrocontroller dienen anderen Zwecken als Mikroprozessoren.**

Von Christof Windeck

**E**in Blick auf Extremfälle verdeutlicht Unterschiede: Der winzige Mikrocontroller NXP Kinetis KLO3 passt mit  $1,6 \times 2$  Millimeter Kantenlänge in die Delle eines Golfballs, der mächtige Mikroprozessor AMD Epyc 7002 steckt in einem fast handtellergroßen Gehäuse. Der KLO3 kostet unter 1 Euro, hat einen einzigen 32-Bit-Rechenkern vom Typ ARM Cortex-M0+, taktet mit 48 MHz und kommt mit 8 Mikrowatt bis 400 Milliwatt aus. 32 KByte Flash-Speicher sowie 2 KByte Arbeitsspeicher sind eingebaut und mehr RAM kann er auch nicht ansteuern. Ganz anders der AMD Epyc mit 64 64-Bit-Kernen, der bis zu 4 TByte RAM und 128 PCI-Express-Lanes anbindet, aber auch 280 Watt verheizt.

Es gibt allerdings eine breite Grauzone, in der die Unterschiede zwischen Mikrocontrollern und Mikroprozessoren verschwimmen. Erstere gibt es nämlich auch mit mehreren Kernen, die über 1 GHz Taktfrequenz erreichen, mit Virtualisierungsfunktionen und Anschluss für externes DRAM. Umgekehrt begnügen sich manche Systems-on-Chip (SoC) mit x86-Kernen mit höchstens 6 Watt und besitzen typische Mikrocontroller-Schnittstellen. Einen Mikrocontroller nennt man auch Micro Controller Unit (MCU) oder kürzer  $\mu C$ , für einen Mikroprozessor gibt es die Abkürzungen Central Processing Unit (CPU) und Micro Processing Unit (MPU).

### Prozessor oder Controller?

Die grundsätzlichen Unterschiede zwischen  $\mu C$  und CPU liegen auf anderen Ebe-

nen. Eine CPU führt typischerweise ein funktionsreiches Betriebssystem aus, das die Installation und Ausführung vieler verschiedener Programme (oder Apps) ermöglicht, auch gleichzeitig (Multitasking). Die CPU verarbeitet Tausende laufende Prozesse und Threads sehr schnell, aber es kommt selten darauf an, dass diese auf wenige Millisekunden genau vorhersagbar ablaufen.

Ein Mikrocontroller steuert hingegen meistens nur wenige immergleiche Funktionen, verarbeitet also eher eine Art Firmware. Als Herz einer Steuerung muss ein  $\mu C$  in vorhersagbarer Zeit – quasi in Echtzeit (Real Time) – Berechnungen erledigen. Das Steuergerät eines Verbrennungsmotors muss Messwerte etwa von Kurbelwellensensor, Luftmassenmesser und Gaspedal innerhalb von Millisekunden zu einem Signal für die Einspritzdüsen verarbeiten. In anderen Anwendungen geht es um „funktionale Sicherheit“: Im Regler eines Antiblockiersystems oder Herzschrittmachers dürfen keine Programmfehler auftreten. Dafür gibt es Prüfverfahren wie IEC 61508 oder für Autos auch ISO 26262 ASIL A bis D (Automotive Safety Integrity Level).

Der  $\mu C$ -Programmcode soll folglich möglichst schlank sein und komplett ins RAM passen; virtuelle Speicherverwaltung sowie die dabei hilfreiche Hardwareeinheit (Memory Management Unit, MMU) sind oft überflüssig oder stören sogar. Für einfache Aufgaben kann man Mikrocontroller ohne Betriebssystem programmieren. Gängig sind jedoch modulare und für bestimmte Anwendungsbereiche optimierte  $\mu C$ -Betriebssysteme, beispielsweise für Echtzeit-Steuerungsaufgaben (Real Time Operating System, RTOS). Wikipedia verzeichnet mehr als 140 RTOS-Varianten.


In vielen  $\mu C$  ist Flash-Speicher für Code und RTOS eingebaut, um Zusatzbausteine einzusparen. Mikrocontroller für Steuerungsaufgaben haben eine Fülle von Ein- und Ausgängen: Analog-Digital (A/D-) und Digital-Analog (D/A-)Wandler, digitale Ein- und Ausgänge (General Purpose I/O, GPIO), Funktionsblöcke für

Pulsweitenmodulation (PWM) sowie für standardisierte Schnittstellen wie I<sup>2</sup>C, SPI und UART, letztere oft als RS-232 oder RS-485 nutzbar. Bei „Automotive“- $\mu C$ s für Fahrzeuge ist eine CAN-Bus-Schnittstelle üblich. Viele Hersteller kombinieren einen  $\mu C$  mit zusätzlichen Funktionsblöcken zu einem SoC, etwa Espressif den ESP32 mit WLAN-Einheit für Smart-Home- und IoT-Geräte.

Mikroprozessoren haben tendenziell wenige eingebaute I/O-Schnittstellen, dafür jedoch besonders leistungsstarke wie PCI Express, die Datentransferraten von mehreren Gigabyte pro Sekunde schaffen. Darüber wiederum ist dann oft ein Chipsatz angeflanscht, der etwa SATA, USB, SPI und I<sup>2</sup>C anbindet.

### MCU-Vielfalt

Bei CPUs dominieren wenige Befehlssatzarchitekturen (Instruction Set Architectures, ISA), weil es auf (Binär-)Kompatibilität zu Betriebssystemen und Software ankommt. Beispiele sind x86 (AMD, Intel, VIA), ARM Cortex-A (Apple, Qualcomm, Samsung, MediaTek), IBM Power, MIPS und RISC-V RV64GC. Bei einem  $\mu C$  sind dagegen die für bestimmte Einsatzbereiche optimierten Funktionsblöcke oft wichtiger als der Rechenkern, von dem es viele verschiedene gibt wie ARM Cortex-M, Tensilica Xtensa (ESP32), Microchip/Atmel AVR (Arduino), PIC und 8051. Weniger bekannt sind ARC, LatticeMico, NEC 78K, Renesas RL78, TI MSP430, RISC-V RV32I. Eine  $\mu C$ -Baureihe umfasst oft zahlreiche Varianten, etwa mit unterschiedlichen Taktfrequenzen, SRAM- und Flash-Kapazitäten, Schnittstellen und Zusatzfunktionen, aber auch zertifiziert für unterschiedliche Temperaturbereiche und Industriespezifikationen. Diese Spezialisierung macht das  $\mu C$ -Angebot sehr unübersichtlich. Zudem sind  $\mu C$  in vielen anderen Chips integriert: In WLAN-, Ethernet-, Bluetooth-, USB-Adaptern, in SSD- und Festplattencontrollern, sogar in x86-CPU von AMD und Intel, etwa für ein Trusted Platform Module (TPM 2.0).

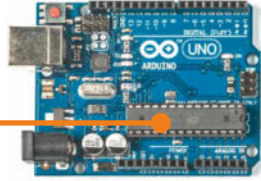
(ciw@ct.de) 



# Unterschiede zwischen Mikrocontrollern und Mikroprozessoren

## Boards mit Mikrocontrollern

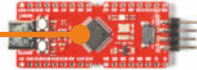
Arduino Uno  
Microchip (Atmel) ATmega 328p  
(1 × AVR, 8 Bit)



BBC Micro:Bit  
Nordic Semi nRF51822  
(1 × ARM Cortex-M0, 32 Bit)



Sipeed Longan Nano  
GigaDevice GD32VF  
(1 × RISC-V RV32I, 32 Bit)

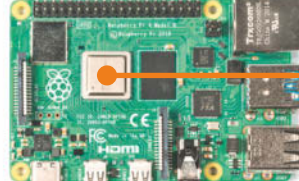


Raspberry Pi Pico RP2040  
RP2040  
(2 × Cortex-M0+, 32 Bit)

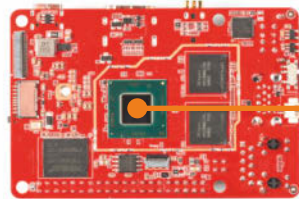


## Boards mit Mikroprozessoren (und CPU)

Raspberry Pi 4:  
Broadcom BCM2837  
(4 × ARM Cortex-A72)



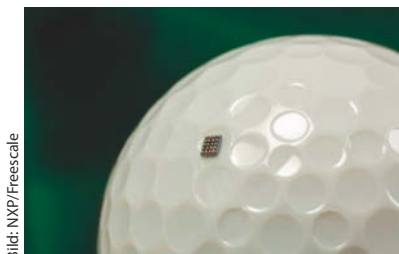
Radxa Rock Pi X:  
Intel Atom x5-Z8350  
(4 × x86-64)



AMD Epyc 7742  
(64 × x86-64)



## Mikrocontroller und Mikroprozessoren: Typische Eigenschaften



Der NXP-Mikrocontroller Kinetis KL03 ist so winzig, dass er in die Delle eines Golfballs passt.

Eigenschaft	Mikrocontroller	Mikroprozessor
gängige Abkürzungen	µC, MCU (Micro Controller Unit)	CPU (Central Processing Unit), MPU (Micro Processing Unit)
Architektur Rechenkern	8, 16, 32 Bit	64 Bit (32-Bit-kompatibel)
Umfang Befehlssatz	eher klein	umfangreich
Anzahl Rechenkern	meist 1, mehrere möglich	1 bis über 100
Taktfrequenz Rechenkern	1 MHz bis über 1 GHz	500 MHz bis über 5 GHz
Leistungsaufnahme	wenige Mikrowatt bis circa 5 Watt	2 bis 500 Watt
adressierbares RAM	wenige Kilobyte bis einige Megabyte	mehrere Gigabyte bis Terabyte
Caches	selten	✓
eingebautes SRAM	einige Kilobyte bis Megabyte als Arbeitsspeicher	bis über 500 Megabyte als Cache
bindet externes DRAM an	manche	✓
Speichercontroller integriert	manche	✓ (für 1 bis 12 RAM-Kanäle)
Memory Management Unit (MMU) <sup>1</sup>	– (manchmal „MPU“ <sup>2</sup> )	✓
typische Betriebssysteme	Echtzeit-OS oder gar keins	Windows, Linux, macOS, *BSD, z/OS, IBM i
optimiert für Echtzeit-Interrupts	✓	– (selten)
eingebauter Flash-Speicher für Firmware/Betriebssystem	oft	–
PCI Express Root Complex	–	✓ (für bis zu 128 PCIe-Lanes)
Analog-Digital-Wandler (A/D, D/A)	✓	– (bei Spezial-SoCs)
GPIO, UART, PWM integriert	✓	– (bei Spezial-SoCs)
SPI, I <sup>2</sup> C integriert	✓	✓ (über Chipsatz)
Grafikkern integriert	– (bei Spezial-SoCs)	✓ bei PC-CPUs
Anzahl Transistoren	einige Tausend bis Millionen	oft über 1 Milliarde
Größe des Chips (Die)	wenige Quadratmillimeter	unter 100 bis über 800 Quadratmillimeter
als Funktionsblock in Systems-on-Chip integriert	häufig	selten
Stückzahl weltweit jährlich	über 20 Milliarden	2 – 2,5 Milliarden
Preisbereich	unter 10 Cent bis etwa 20 €	30 bis 30.000 €

<sup>1</sup> MMU verwaltet virtuellen Speicher, Caches, Zugriffsrechte, Ausführbarkeit (NX)

<sup>2</sup> Memory Protection Unit verwaltet Zugriffsrechte, Ausführbarkeit (NX)



Bild: Thorsten Hübner

# Fix zum Gipfel

## Installationshilfe für Arch Linux

**Der Weg zum selbst installierten Arch-Linux-System ist traditionell steil, die Stolpersteine und Abgründe müssen Sie zu Fuß auf der Kommandozeile überwinden. Indem Sie sich an den Fixseilen des neuen Installers entlang hangeln, kommen Sie schneller und sicherer ans Ziel.**

Von Liane M. Dubowy

**E**in Arch Linux ist so einmalig wie der Mount Everest: Keine Installation gleicht der anderen, traditionell muss jeder selbst auf der Kommandozeile den besten Weg finden, nur geführt von vielen Wiki-

Einträgen als Wegweiser. Das hält viele davon ab, einfach mal einen Abstecher zum Rolling-Release-Linux zu machen. Die Hochalpinisten aus dem Arch-Team haben aber auch Fixseile installiert, an denen entlang Sie Ihren eigenen Gipfel sicherer und schneller erklimmen können. Um keine falschen Hoffnungen zu wecken: Die Kletterpartie ist weiterhin anspruchsvoll, der schlichte, nur englischsprachige Installationsassistent verhindert aber, dass Sie sich auf dem Weg nach oben völlig versteigen. Die Installation von einsteigerfreundlichen Arch-Derivaten wie Manjaro oder EndeavourOS ist im Vergleich dazu ein Spaziergang. Der Lohn des steinigen Aufstiegs ist ein ungeschliffenes Arch Linux, bei dessen Einrichtung man sehr viel über das freie Betriebssystem lernt.

Dass die Installation anspruchsvoll ist, zeigt schon das Live-System des Installa-

tionsimages von Arch Linux. Dort gibt es weder eine Desktop-Oberfläche noch einen grafischen Installer, sondern nur eine Textkonsole. Mit ein paar Hinweisen auf eine Installationsanleitung im Arch-Wiki setzt es Sie am Kommandozeilenprompt ab und überlässt den Rest des Weges Ihnen. Wer gut ausgetretene Pfade sucht, muss sich nach Alternativen umsehen (siehe Kasten „Alternative zum Klicken“). Die geführte Installation mit `archinstall` ist zwar noch spartanischer als der Debian-Installer, doch die Auswahl von Optionen auf der Kommandozeile ist funktional und schneller, als alle Befehle und Skript-Aufrufe aus dem Arch-Linux-Wiki abzutippen. Außerdem sorgt der Installer dafür, dass Sie nicht versehentlich den zweiten Schritt vor dem ersten machen, Sie müssen lediglich die Nachfragen des Skripts beantworten und bestätigen.

Am Ende der Installation steht man mit einem unbehauenen Arch-Linux-System mit dem ausgewählten Desktop und einer minimalen Software-Ausstattung da. Da bleibt noch immer viel Spielraum für eigene Einstellungen, Ausstattung und Lernerfolge.

Diese Art der Arch-Installation ist allerdings kein Rundum-sorglos-Paket: So



ist für die Installation eine Internetverbindung zwingend erforderlich. Mit einem LAN-Kabel und DHCP sollte die Verbindung nach dem Booten automatisch stehen. Benötigen Sie hingegen WLAN, müssen Sie es vorab selbst mit `iwctl` und der Hilfe des Wikis konfigurieren (siehe [ct.de/yt7y](https://ct.de/yt7y)). Auch bei der Partitionierung lauern noch Abgründe, der Installer scheiterte im Test mehrfach daran. Am einfachsten ist es, die ganze Festplatte für Arch Linux zu verwenden.

Bevor Sie loslegen, sollten Sie ein Backup aller Daten auf dem Zielrechner erstellen und dabei auch für parallel installierte Systeme, die Sie noch brauchen (etwa Windows), eine Sicherung anlegen. Archinstall kann zwar prinzipiell ein Linux-System neben Windows installieren, nutzt aber standardmäßig die ganze Festplatte und überschreibt bestehende Systeme und Daten. Im Test erkannte das Skript weder ein parallel installiertes Windows noch andere Linux-Systeme, weshalb für sie kein Booteintrag erstellt wurde. Versuchen Sie die Parallelinstallation also nur, wenn Sie wissen, wie Sie andere Systeme später in den Bootloader einbinden. Das Tool installiert Arch Linux wahlweise im BIOS-Legacy- oder UEFI-Modus, abhängig davon, wie Sie das Installationsmedium gebootet haben.

## Textbasierte Installation

Traditionell läuft die Installation von Arch Linux so ab, dass Sie verschiedene Skripte in der richtigen Reihenfolge nacheinander aufrufen, dabei die Festplatte partitionieren, Dateien auf das neue System kopieren und es von Hand konfigurieren [1] – und wissen, wie das alles geht. Anders mit dem noch experimentellen Assistenten `archinstall`: Er geht die Schritte der Reihe nach durch und liefert Auswahlmöglichkeiten. Mit ausführlichen Erklärungen geizt das Python-Skript, die verfügbaren Optionen verrät die Manpage, die der Befehl `archinstall --help` aufruft. Interessant ist beispielsweise der Parameter `--advanced`, der mehr Details bei den Regionaleinstellungen abfragt. In diesem Fall gibt es allerdings keine Vorgaben zur Auswahl, Sie müssen dann bereits wissen, was Sie eingeben wollen. Alternativ beschreiben wir weiter unten, wie Sie die passende Lokalisierung im fertigen System nachrüsten. Der Prompt begrüßt Sie mit englischem Tastaturlayout; das deutsche Layout lädt das Kommando

```
loadkeys de-latin1
```

Achtung: Soll Arch Linux nicht die ganze Festplatte beanspruchen, müssen Sie sie vorab partitionieren und mit einem passenden Dateisystem formatieren (zum Beispiel Ext4). Das können Sie vorab komfortabel mit einem Live-Linux wie Manjaro oder Ubuntu erledigen, das einen grafischen Desktop und das Programm `Gparted` im Gepäck hat; das Arch-Linux-Installationsmedium hält dafür die Kommandozeilentools `fdisk` und `mkfs.ext4` bereit, deren Bedienung das Wiki näher beschreibt (siehe [ct.de/yt7y](https://ct.de/yt7y)).

In beiden Fällen müssen Sie die für das neue Arch-System vorgesehenen Partitionen unterhalb von `/mnt` genau so einhängen, wie sie auch später gemountet sein sollen. Haben Sie zum Beispiel die Partition `/dev/sda7` als Root-Dateisystem für Arch vorgesehen, binden Sie diese mit dem Befehl `mount /dev/sda7 /mnt` ins Live-System ein. Die Datenträgerbezeichnung `sda7` müssen Sie dabei anpassen. Soll etwa das Home-Verzeichnis auf einer eigenen Partition residieren, müssen Sie auch diese unter `/mnt/home` einbinden. Für ein voll verschlüsseltes System müssen Sie bei der Verwendung von `/mnt` LUKS zuvor manuell einrichten, dann die Partitionen öffnen und einbinden, bevor Sie schließlich Arch installieren (siehe [ct.de/yt7y](https://ct.de/yt7y)).

Ein weiterer Vorteil von `archinstall`: Wer mehrere Systeme mit denselben Einstellungen einrichten möchte, kann die zu übergebenden Informationen in einer JSON-Datei hinterlegen und das Tool so aufrufen, dass es auf diese Konfiguration zurückgreift. Mehr darüber lesen Sie in der Dokumentation (siehe [ct.de/yt7y](https://ct.de/yt7y)).

Nach dem Booten vom Arch-Linux-Installationsmedium starten Sie den Installer mit dem Befehl

```
archinstall
```

Zuerst wählen Sie das Tastaturlayout: Tippen Sie 4 für das deutsche Tastaturlayout und bestätigen Sie mit Enter. Im nächsten Schritt entscheiden Sie, in welchem Land

## ct kompakt

- Das Skript `archinstall` beschleunigt und vereinfacht die Installation von Arch Linux.
- Dabei wird ein schlankes Linux-System mit Desktop, aber ohne unnötige Pakete installiert.
- Anschließend stehen grafische Tools zur Konfiguration bereit.

der Installer nach einem Spiegelserver mit Arch-Paketen sucht. Die 12 steht für Deutschland. Sollten Sie den Parameter `--advanced` benutzt haben, tragen Sie noch `de_DE` für die deutsche Systemsprache und anschließend `utf-8` für den Standard-Zeichensatz ein.

Darf Arch Linux die ganze Festplatte beanspruchen und alle dort bereits installierten Systeme und Daten löschen, wählen Sie im nächsten Schritt eine der angebotenen Festplatten anhand der vorangestellten Ziffer zur Installation aus. Alternativ haben Sie zuvor per Hand die Festplatte partitioniert und die gewünschte Zielpartition nach `/mnt` gemountet und können einfach mit Enter bestätigen.

Als Dateisysteme stehen für das neue Linux-System `Btrfs`, `Ext4`, `Xfs` und `F2fs` bereit. Sofern Sie keinen besonderen Grund für eine Extratour haben, sind Sie mit Variante 1 – `Ext4` – gut bedient. Haben Sie `/mnt` als Installationsziel gewählt, entfällt der Schritt und ebenso der folgende, bei dem das Skript das Passwort für die optionale LUKS-Verschlüsselung des Systems abfragt. Bei der Installation auf einem Notebook, das gelegentlich das Haus verlässt, ist eine Verschlüsselung empfehlenswert. Notieren Sie sich das Passwort gut, denn sollten Sie es verlieren, ist Ihr System mit allen Daten künftig un erreichbar.

Taufen Sie Ihr neues System im nächsten Schritt mit einem „hostname“ Ihrer

```
Arch Linux 5.13.13-arch1-1 (tty1)
archiso login: root (automatic login)

To install Arch Linux follow the installation guide:
https://wiki.archlinux.org/title/Installation_guide

For Wi-Fi, authenticate to the wireless network using the iwctl utility.
For mobile broadband (WWAN) modems, connect with the mmcli utility.
Ethernet, WLAN and WWAN interfaces using DHCP should work automatically.

After connecting to the internet, the installation guide can be accessed
via the convenience script Installation_guide.

root@archiso ~ #
```

**Kommandozeile statt Klickibunti:** Das Arch-Installationsimage hat keine grafische Oberfläche.

```

Should this user be a superuser (sudoer) [y/N]: y
Enter a username to create a additional user (leave blank to skip & continue):
0: desktop
1: minimal
2: server
3: xorg
-- The above list is a set of pre-programmed profiles. --
-- They might make it easier to install things like desktop environments. --
-- The desktop profile will let you select a DE/WM profile, e.g gnome, kde, sway --
-- (Leave blank and hit enter to skip this step and continue) --
Enter a pre-programmed profile name if you want to install one: 0
0: awesome
1: budgie
2: cinnamon
3: deepin
4: enlightenment
5: gnome
6: i3
7: kde
8: lxqt
9: mate
10: sway
11: xfce4
Select your desired desktop environment: 11_

```

**Archinstall liefert ganz unterschiedliche Oberflächen, darunter i3 genauso wie Gnome.**

Wahl und vergeben Sie ein Passwort für den Systemadministrator root. Direkt danach können Sie ein normales Benutzerkonto für die tägliche Arbeit anlegen. Tippen Sie einen kurzen Benutzernamen und verpassen Sie dem Account ein Passwort. Wenn Sie wollen, kann das Konto auch mit sudo-Berechtigung konfiguriert werden, sodass Sie Befehle mit vorangestelltem sudo mit Root-Rechten ausführen können. Bei Bedarf können Sie anschließend wei-

tere User anlegen oder den Vorschlag leer lassen, um diesen Schritt abzuschließen.

### Minimal oder mit Desktop

Wie umfangreich Ihr Arch-Linux-System bereits direkt nach der Installation ausgestattet sein soll, legen Sie bei der Wahl eines von vier Profilen fest. Mit 0 entscheiden Sie sich für eine grafische Desktop-Umgebung, die Sie dann im Folgenden noch auswählen, 1 installiert ein minima-

les Basissystem, 2 ist für Server gedacht und 3 richtet nur einen X-Server und Grafiktreiber ein. Im ersten Fall haben Sie danach die Wahl zwischen ganz unterschiedlichen grafischen Oberflächen: Awesome, Budgie, Cinnamon, Deepin, Enlightenment, Gnome, i3, KDE Plasma, Lxqt, Mate, Sway und Xfce. Danach entscheiden Sie sich für einen zu Ihrer Hardware passenden Grafiktreiber (AMD oder Nvidia) oder verzichten mit „All open-source (default)“ auf proprietäre Treiber.

Als Standard-Audioserver schlägt archinstall im nächsten Schritt Pipewire vor, alternativ steht auch Pulseaudio zur Wahl. Haben Sie keine Vorliebe, können Sie die Nachfrage einfach bestätigen. Genauso können Sie die folgende Entscheidung für einen Kernel handhaben – oder sich beispielsweise für einen langzeitunterstützten Kernel (linux-lts) entscheiden, der nicht so häufig Neuerungen bringt.

### Software-Ausstattung anpassen

Damit die Installation nicht auf den letzten Höhenmetern noch scheitert, sollten Sie darauf verzichten, nach dem Kernel zusätzliche Pakete oder gar ganze Paketlisten zu installieren. Das können Sie später im laufenden Betrieb leicht nachholen.

Zur Konfiguration der Netzwerkverbindung des neuen Systems können Sie die Konfiguration des Installationssystems übernehmen („Copy ISO network configuration to installation“) oder die Konfiguration mit dem Network-Manager auswählen. In der Regel wird DHCP die Vergabe der IP-Adresse übernehmen, andernfalls tragen Sie eine feste IP-Adresse ein. Alternativ wählen Sie das gewünschte Netzwerk-Interface aus, legen im nächsten Schritt fest, ob die IP-Adresse per DHCP automatisch bezogen wird oder geben selbst eine feste Adresse an. Die korrekte Zeitzone setzen Sie für Deutschland mit Europe/Berlin. Seit Kurzem kann der Installer auch das Synchronisieren der Zeit via NTP aktivieren.

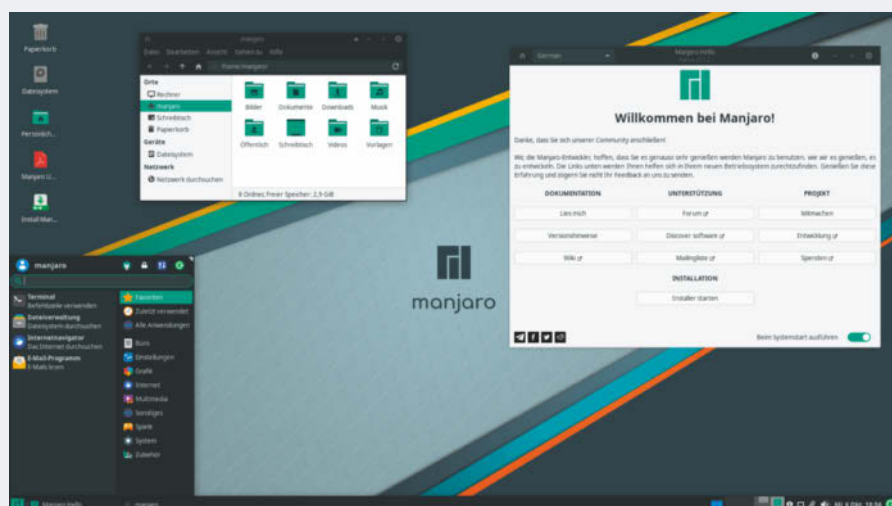
Zum Abschluss erhalten Sie eine Übersicht über die getroffenen Einstellungen, die Sie mit Enter bestätigen. Ein „Zurück“ gibt es nicht, bei Fehlern bleibt Ihnen nur die Möglichkeit, die Installation mit Strg+C abzubrechen und von vorn zu beginnen. Ab dann kommen keine weiteren Fragen mehr, die Installation läuft durch bis zum Ende. Schließen Sie die Installation mit n ab, was Ihnen hoffentlich die erfreuliche, grüne Meldung „Installation completed without any errors.“

## Alternative zum Klicken: Manjaro Linux

Auch wenn der Assistent die Installation von Arch Linux vereinfacht, sollten Linux-Einsteiger lieber die Finger davon lassen – oder bereit sein, geduldig und wissbegierig viele Wikiseiten zu lesen. Denn auch das neu installierte System braucht unter Umständen noch einige Nacharbeit, bei der kein Assistent zur Seite steht.

Ein einfacherer Weg zu einem auf Arch Linux basierenden System ist beispielsweise Manjaro: Im Live-System mit

Desktop-Oberfläche starten Sie einen grafischen Installationsassistenten, der die größten Arbeiten erledigt. Bei der weiterführenden Konfiguration helfen grafische Dialoge, die Installation von Paketen aus dem AUR oder als Flatpak oder Snap übernimmt das ebenfalls grafische Tool Pamac. Manjaro nutzt allerdings eigene Paketquellen und nicht die des original Arch Linux. Mehr über Manjaro lesen Sie in [1].



**Manjaro erleichtert den Einstieg in Arch Linux: Ein grafischer Installer richtet ein gut vorkonfiguriertes Linux-System ein.**



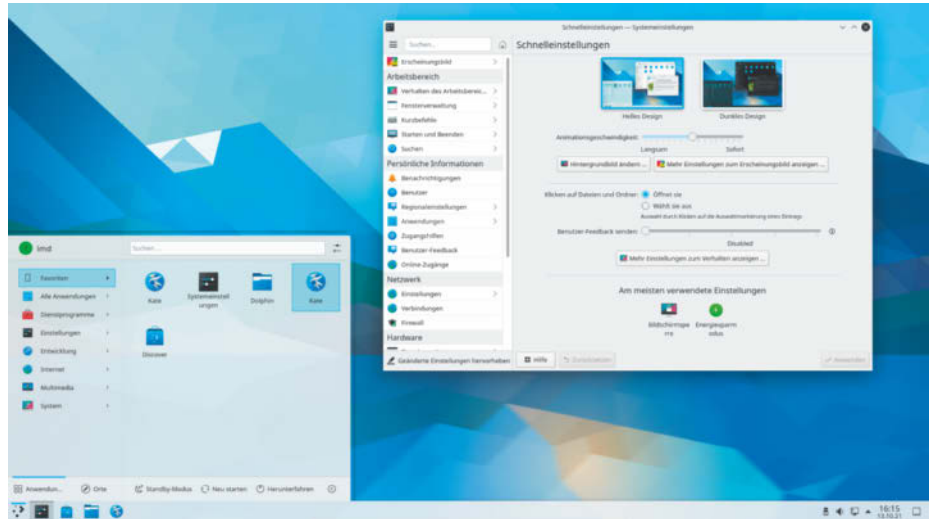
You may now reboot.“ einträgt. Tippen Sie dazu `shutdown -h now`, fahren Sie den Rechner herunter, entfernen Sie das Installationsmedium und starten Sie neu.

Mal abgesehen von der spartanischen Software-Auswahl bleibt je nach gewähltem Desktop nun noch genug zu tun. Wir haben uns beispielhaft KDE Plasma und Xfce angesehen. Der Plasma-Desktop sieht frisch installiert schon recht vollständig aus, bringt aber auch nur eine Handvoll Anwendungen mit.

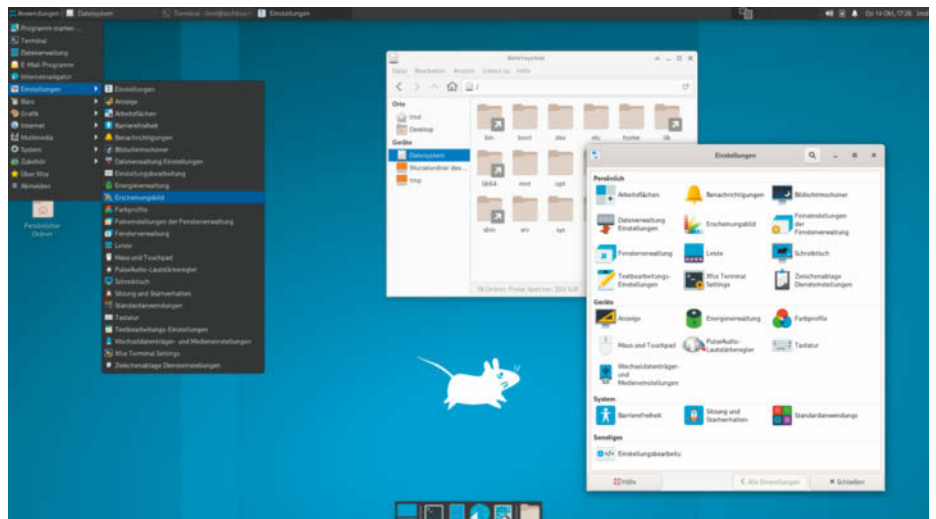
Bei Xfce fehlte allerdings die Standardschrift Sans Regular. Um das Problem zu beheben, öffnen Sie im Menü „Anwendungen“ unter „Einstellungen“ den Dialog „Einstellungen“ und wechseln Sie über „Erscheinungsbild“ im Register „Fonts“ zu einer verfügbaren Schrift wie Cantarell Regular. Das simple Standard-Anwendungs Menü von Xfce hat keine Suchfunktion, doch das modernere Whisker-Menü wurde bereits mitinstalliert, sodass Sie es nur noch auf die Leiste packen müssen. Das erreichen Sie per Rechtsklick auf die Leiste oben und „Leiste/Neue Elemente hinzufügen“. Suchen Sie im sich öffnenden Dialog nach „Whisker“, markieren Sie „Whisker-Menü“ und klicken Sie auf „Hinzufügen“ und „Schließen“. Das neue Menü landet dabei ganz rechts am Rand der Leiste. Per Rechtsklick und „Verschieben“ können Sie es nach links ziehen. Das alte Menü entfernen Sie per Rechtsklick und „Entfernen“. Soll der neue Menüknopf auch den Titel „Anwendungen“ tragen, öffnen Sie in seinem Kontextmenü die „Eigenschaften“, wechseln zu „Leistenknopf“ und wählen neben „Anzeige“ die Option „Symbol und Titel“.

## Nacharbeiten

Hatten Sie `archinstall` ohne den Parameter `--advanced` gestartet, fehlt nun noch die deutsche Lokalisierung des Systems. Öffnen Sie die Datei `/etc/locale.gen` mit Administratorrechten in einem Editor. Starten Sie dazu beispielsweise ein Terminalfenster und tippen Sie `sudo nano /etc/locale.gen`. Suchen Sie nach der Zeile `„#de_DE.UTF-8 UTF-8“`, entfernen Sie das vorangestellte Kommentarzeichen (die Raute), speichern (Strg+O) und schließen (Strg+X) Sie die Datei wieder. Anschließend generieren Sie mit `sudo locale-gen` die Lokalisierungen. Der Kontrollbefehl `localectl list-locales` sollte nun unter anderem auch `de_DE.UTF-8` ausgeben. Setzen Sie die Regionaleinstellungen dann mit folgendem Befehl:



Haben Sie als Desktop „kde“ gewählt, begrüßt Sie nach dem Anmelden der Plasma-Desktop 5.22, der die „Systemeinstellungen“ zur weiteren Konfiguration bereithält.



Der vom Installer eingerichtete Xfce-Desktop sieht gar nicht übel aus, sobald die fehlende Standardschriftart in den Einstellungen angepasst wurde.

```
sudo localectl set-locales \
LANG=de_DE.UTF-8
```

Nach einem Neustart sollte Sie der Desktop auf Deutsch begrüßen.

## Fazit

Der Installer ist keineswegs perfekt, beschleunigt die Arch-Linux-Installation aber enorm. Knifflig wird es nur, wenn bereits Daten und Betriebssysteme auf dem Rechner sind, die erhalten bleiben sollen. Ein vollständiges Backup vorab ist dann Pflicht. Bei solchen Konstellationen müssen Sie allerdings in der Regel wieder selbst Hand anlegen, um gegebenenfalls den Bootloader zu reparieren oder um das System zu verschlüsseln. Archinstall wird kontinuierlich weiterentwickelt und wie bei Arch üblich, liegt jedem neuen Instal-

lationsimage die aktuellste Version bei. Die Chancen stehen also gut, dass schon bald weitere Funktionen hinzukommen.

Ist alles nach Plan gelaufen, haben Sie ein schlankes Arch-Linux-System ohne unnütze Pakete auf Ihrem Rechner, das Sie ganz nach Bedarf mit Anwendungen ausstatten können. Vermutlich braucht auch die Desktop-Umgebung etwas Feinschliff. Mit Desktop und Browser zur Hand, können Sie die nötigen Schritte bequem im Wiki nachlesen. (lmd@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Liane M. Dubowy, Kein Gramm zu viel, Maßgeschneidertes System mit Arch Linux, c't 24/2013, S. 168

Wikis & Dokumentation: [ct.de/yt7y](https://ct.de/yt7y)

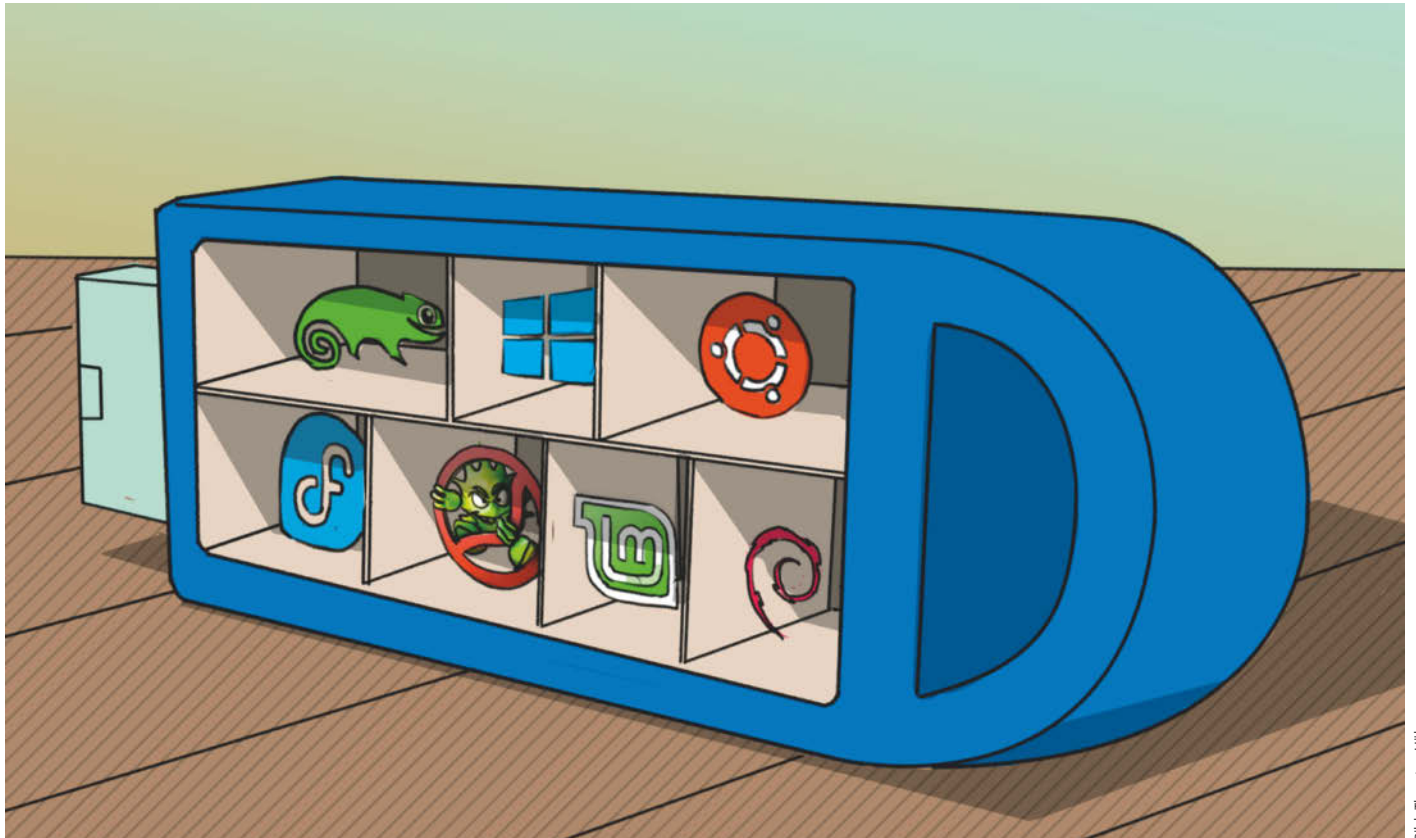


Bild: Thorsten Hübner

# Alles auf eine Karte

## Flexible Multiboot-USB-Sticks mit Ventoy erstellen

**Während Tante Helga ein neues Windows-System installiert haben möchte, würde Nachbar Bernd unheimlich gerne dieses Ubuntu ausprobieren und man selbst will ein Desinfec't immer parat haben. Ventoy versammelt auf einem einzigen USB-Stick alle gewünschten Systeme, die man über ein schickes Menü startet.**

Von Tim Schürmann

**W**er beispielsweise verschiedene Linux-Distributionen ausprobieren oder installieren möchte, muss entweder mit mehreren Sticks jonglieren oder einen

immer wieder zeitraubend überschreiben. Denn die Startmedien aktueller Betriebssysteme wollen meist einen kompletten USB-Stick in Beschlag nehmen. Auch wer in der Verwandtschaft regelmäßig als Notshelfer in Sachen Computer agiert, wünscht sich schnell einen USB-Stick, der mehrere Startmedien vereint. Genau einen solchen Multiboot-Stick erzeugt das Open-Source-Programm Ventoy unter Linux und Windows.

Ventoy richtet zunächst einen Bootmanager auf dem USB-Stick ein. Anschließend kopieren Sie die Systemabbilder aller gewünschten Betriebssysteme, also die ISO- oder IMG-Dateien, auf den Stick. Sobald Sie von einem so präparierten Stick einen Computer starten, bietet Ihnen der Ventoy-Bootmanager automatisch die überspielten Systeme zum Start an. Durch diese Arbeitsweise können Sie jederzeit

Betriebssystemabbilder löschen, ergänzen und bestehende Images gegen aktualisierte Fassungen austauschen. Ventoy unterstützt unter anderem Windows ab der veralteten Version 7, zahlreiche Linux-Distributionen und verschiedene BSD-Derivate. Auf einem USB-Stick lassen sich folglich mehrere Windows- und Linux-Systeme gleichzeitig unterbringen.

Den Bootloader kann das Werkzeug nicht nur auf USB-Sticks, sondern auch auf beliebige andere Datenträger schreiben. Eine externe SSD mutiert so schnell zum Startmedium für sehr viele oder sehr große Startmedien. Den Funktionsumfang von Ventoy erweitern Sie mit Plug-ins. Auf diesem Weg lernt Ventoy von einer virtuellen Festplatte (VHD-Images) zu starten, unterstützt eine persistente Datenpartition oder erlaubt es Ihnen, mit Themes an der Optik des Bootmenüs zu schrauben.



## Startmedium einrichten

Ventoy laden Sie sich von der Projekt-Webseite [ventoy.net](http://ventoy.net) herunter, und zwar das zu Ihrem System passende Archiv. Entpacken Sie es – eine Installation ist nicht erforderlich. Windows-Nutzer starten das Programm „Ventoy2Disk.exe“, Linux-Nutzer „VentoyGUI.x86\_64“. Auf beiden Systemen benötigt Ventoy Administratoren-Rechte. Unter Linux bestätigen Sie diese mit Ihrem eigenen Passwort oder den des Systemadministrators. Alternativ öffnen Sie das entpackte Verzeichnis im Terminal und rufen `sudo ./VentoyGUI.x86_64` auf.

Nach dem Start schalten Sie die Sprache über den Menüpunkt Language auf Deutsch um. Stöpseln Sie dann einen leeren USB-Stick oder anderen Datenträger ein, der genügend Platz für die Startmedien bietet. Für den Anfang ist eine Größe zwischen 16 und 128 GByte empfehlenswert, da Systemabbilder mittlerweile meist zwischen 2 und 5 GByte groß sind, aber einige Systeme mit Legacy-BIOS den Bereich hinter 137 GByte nicht lesen können. Zudem ist ein USB-3-Stick ratsam, da dieser schneller startet und bei Live-Systemen deren Performance nicht unnötig bremst.

Aktualisieren Sie die Liste der Geräte über das Pfeilsymbol rechts daneben und wählen dann Ihren gewünschten Datenträger aus. Manchmal erkennt Ventoy die Sticks besser, wenn diese vor dessen Start bereits angesteckt sind. Hilft auch das nicht, aktivieren Sie im Menü unter „Optionen“ den Punkt „Alle Geräte anzeigen“. Damit können Sie alle angeschlossenen Datenträger als Ziel auswählen. Achten Sie darauf, dabei nicht versehentlich Ihre System- oder eine wichtige Datenpartition zu erwischen. Damit würden Sie Ihr System gleich zerstören!

Sofern der Stick später auf Systemen mit aktiviertem Secure Boot starten soll, wählen Sie im Menü „Optionen“ „Secure Boot“ aus. Das Booten mit Secure Boot funktioniert allerdings nach unseren Erfahrungen nicht auf allen Rechnern reibungslos. Daher ist Ventoy für Rettungssysteme nur bedingt geeignet, weil man sich im Notfall nicht erst mit Secure-Boot-Problemen befassen will. Zudem müssen Sie auf Systemen mit eingeschaltetem Secure Boot beim ersten Start vom USB-Stick ein Zertifikat nachrüsten. Letzteres gelingt allerdings mit wenigen Tastendrücken – dazu später mehr. Andererseits können Sie Betriebssysteme ohne Secure-Boot-Support mit Hilfe von Ventoy auch auf Computern mit Secure Boot starten.

Wenn Ihr Datenträger mehr als 2 TByte aufnehmen kann, wechseln Sie unter „Optionen“ den „Partitionsstil“ zu „GPT“. Letzteren sollten Sie auch für Computer mit UEFI-BIOS wählen, da manche UEFI-Firmware nur Datenträger mit GPT erkennt. Im Zweifel hilft hier leider nur ausprobieren.

Kontrollieren Sie abschließend noch einmal, ob das richtige „Gerät“ ausgewählt ist: Alle Daten auf diesem Datenträger gehen gleich verloren! Lassen Sie schließlich den Bootmanager installieren. Ventoy fragt Sie zweimal, ob Sie dies wirklich wollen. Sollte die Installation unter Windows fehlschlagen, blockiert unter Umständen ein Virens Scanner den Zugriff auf den Datenträger. Erlauben Sie dann in den Einstellungen des Virens Scanners vorübergehend den Zugriff.

## Systemabbilder überspielen

Beenden Sie Ventoy nach der Installation auf dem Stick. Werfen Sie diesen dann aus und stecken Sie ihn direkt wieder ein. Auf dem Stick liegt nun eine große Partition mit dem Namen „Ventoy“, die fast den kompletten Platz in Beschlag nimmt und das exFAT-Dateisystem verwendet. Aktuelle Windows-, Linux- und macOS-Versionen sollten diese Partition automatisch einbinden, wobei einige Windows-Installationen dazu ein paar Sekunden Bedenkzeit benötigen. Kopieren Sie auf die Partition alle Ihre ISO- und IMG-Dateien. Beim Start vom Ventoy-Datenträger sucht der Bootmanager die Partition nach Systemabbildern ab und erzeugt das Bootmenü automatisch. Sortieren Sie die Installationsmedien bei Bedarf in Unterverzeichnisse, der Bootmanager entdeckt sie auch dort automatisch.

Sollten Sie auf die Partition nicht zugreifen können, formatieren Sie diese mit einem anderen Dateisystem. Ventoy unterstützt FAT, NTFS, UDF, XFS, Ext2, Ext3 und Ext4. Das FAT-Format nimmt jedoch nur ISO-Dateien mit bis zu 4 GByte auf. Am Ende des Datenträgers legt Ventoy noch eine zweite Partition namens VTOYEFI an. In ihr lagern alle Dateien, die UEFI-Systeme und Ventoy selbst benötigen. Diese nur 32 MByte große Partition dürfen Sie nicht verändern.

Nachdem die Startmedien auf den Stick gewandert sind, starten Sie von ihm probeweise Ihren Rechner. Auf UEFI-Systemen mit aktiviertem Secure Boot erhalten Sie sehr wahrscheinlich eine Fehlermeldung, da der Bootloader mit einem

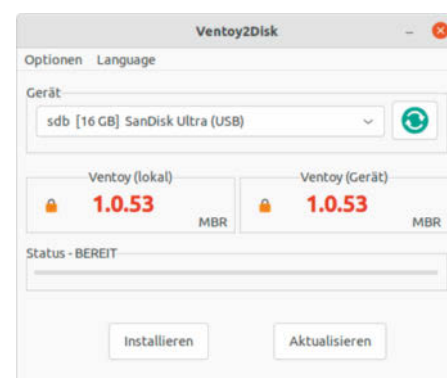
## c't kompakt

- Multiboot-Stick im Handumdrehen: Ventoy bringt mehrere Bootmedien startbereit auf einem USB-Datenträger unter.
- Ventoy arbeitet unter Windows und Linux und benötigt zum Einrichten keine Installation.
- Der Austausch der Bootmedien ist mit Ventoy mühelos: man kopiert die Imagedateien einfach auf den Stick in die Datenpartition.

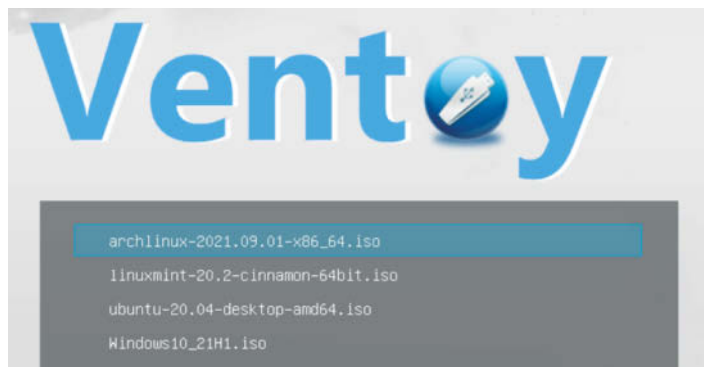
unbekannten Schlüssel signiert ist. In diesem Fall fügen Sie dem UEFI-BIOS noch ein Zertifikat hinzu. Dazu bestätigen Sie die angezeigte Meldung sowie die Folgemeldung mit der Eingabetaste. Im Menü wählen Sie „Enroll key from disk“, dann „VTOYEFI“ und schließlich den Punkt mit dem Dateinamen „ENROLL\_THIS\_KEY\_IN\_MOK\_MANAGER.cer“. Bestätigen Sie den Import mit „Continue“ sowie „Yes“ und starten dann den Computer mit „Reboot“ neu. Von nun an sollte das System den Stick ohne Fehlermeldung starten.

## Starthilfen

Der Ventoy-Bootmanager begrüßt Sie mit einer alphabetisch sortierten Liste aller auf dem Stick gefundenen Startmedien. Mit der Funktionstaste F3 können Sie in den Modus „Treeview“ wechseln und dort durch die Verzeichnisse auf dem Stick navigieren. Sobald Sie sich mit Enter für ein



**Steht rechts im Feld „Ventoy (Gerät)“ eine Versionsnummer in dicker, roter Schrift, dann ist auf dem Datenträger der Ventoy-Bootmanager bereits eingerichtet.**



**Ventoy verwendet die aus der Linux-Welt bekannten Shim und GRUB2 als Bootmanager.**



**Das Ventoy beiliegende Beispiel-Theme ändert unter anderem das Hintergrundbild mit dem „Ventoy“-Schriftzug.**

System entschieden haben, landen Sie in dessen Bootmenü.

ISO- und IMG-Dateien kann Ventoy vorab komplett in eine Art RAM-Disk in den Hauptspeicher laden. Insbesondere Rechner mit Legacy-BIOS lassen sich so manchmal doch noch zum Start überreden. Dies setzt jedoch voraus, dass die ISO- oder IMG-Datei komplett in den Hauptspeicher passt. Drücken Sie dann im Ventoy-Bootmanager F1 für Memdisk und starten Sie dann das gewünschte System.

Sperren sich Windows ISO-Dateien gegen einen Start, wechseln Sie im Ventoy-Bootmenü mit Strg+W in den WIMBOOT-Modus. Im unteren Bildschirmbereich erscheint eine Meldung dazu. Steuern Sie dann das ISO-Image mit Windows an und rufen Sie es auf. Windows zeigt auf einigen Systemen mit Legacy-BIOS nur Grafikmüll an. In diesem Fall versetzen Sie das Ventoy-Bootmenü mit F7 in den Textmodus und starten danach Windows.

### Ventoy aktualisieren

Die Startmedien auf dem Datenträger können Sie jederzeit löschen, aktualisieren und um weitere ISO- beziehungsweise IMG-Dateien ergänzen. Um den Ventoy-Bootmanager zu aktualisieren, stecken Sie den USB-Datenträger ein, starten eine aktuelle Ventoy-Version und stellen den Datenträger als „Gerät“ ein. Unter „Ventoy (Gerät)“ lesen Sie ab, welche Ventoy-Version auf dem ausgewählten Gerät eingerichtet ist. Im Bereich „Ventoy (lokal)“ zeigt es die eigene Version an. Die Symbole und Kürzel verweisen auf die entsprechende Konfiguration: Das Schlosssymbol steht für aktiviertes Secure Boot, „MBR“ beziehungsweise „GPT“ für die Art der Partitionstabelle.

Per „Aktualisieren“ schreibt Ventoy nicht nur den Bootmanager neu auf den

Datenträger, sondern überträgt auch die Konfiguration. So können Sie dem Datenträger nachträglich die Unterstützung von Secure Boot beibringen beziehungsweise sie wieder entfernen. Ihre ISO- und IMG-Dateien bleiben dabei auf dem Stick erhalten. Nur wenn Sie die Partitionstabelle ändern möchten, ist eine neue Installation notwendig, bei der Ventoy den Stick löscht. Apropos löschen: Unter den „Optionen“ können Sie Ventoy entfernen.

### Plug-ins und Themes

Sogenannte Plug-ins erweitern den Funktionsumfang und erlauben Änderungen an der Konfiguration. Das Theme-Plug-in ändert beispielsweise das Aussehen des Bootmenüs. Plug-ins gehören zum Lieferumfang von Ventoy, sind jedoch deaktiviert. Um das Theme- und die anderen Plug-ins zu nutzen, erstellen Sie auf dem USB-Stick in der Partition mit Ihren ISO-Dateien das Verzeichnis „ventoy“. Legen Sie dort die Textdatei „ventoy.json“ an und halten Sie darin die Konfiguration der Plug-ins im JSON-Format fest. Eine Vorlage finden Sie im Ventoy-Programmordner unter „plugin/ventoy/ventoy.json“. Für jedes aktive Plug-in gibt es einen eigenen Abschnitt. Hinter „theme“: {...} folgen beispielsweise sämtliche Einstellungen des Theme-Plug-ins, wie Dateipfade und Farbwerte.

Alle zum Theme gehörenden Dateien, etwa das Hintergrundbild und die Schriften, sind gesammelt in einem jeweils eigenen Unterverzeichnis. Dem Ventoy-Archiv liegt im Ordner „plugin/ventoy/theme“ ein Beispiel-Theme bei. Da Ventoy den Bootmanager GRUB2 einspannt, können Sie auch alle dafür entworfenen Themes verwenden. Die zeigen aber mitunter die Ventoy-spezifischen Informationen am unteren Rand nicht an, zum Beispiel Taskenkürzel und Meldungen. Die entspre-

chenden Code-Blöcke (hbox) können Sie zwar aus dem Beispiel-Theme übernehmen, aber die Abstimmung auf das neue Theme kann etwas fummelig sein.


In jedem Fall kopieren Sie den Ordner mit den Bestandteilen des Themes ins Verzeichnis „ventoy“ des USB-Sticks. In der „ventoy.json“ verweisen Sie den Bootmanager auf Ihr neues Theme, das im folgenden Beispiel im Unterordner „mytheme“ liegt:

```
{
  "theme": {
    "file": "/ventoy/mytheme/theme.txt"
  }
}
```

### Mehr Mehrwert

Ventoy bietet noch weitere interessante Plug-ins, über die Sie unter anderem in Linux-Systeme eigene (Konfigurations-) Dateien einschmuggeln können, einigen Live-Systemen das Speichern von Daten erlauben und Windows-Systeme aus WIM- und VHD(X)-Containern booten. Sämtliche Plug-ins sind ausführlich beschrieben in der etwas unübersichtlichen, aber lesenswerten Dokumentation (siehe [ct.de/y1ua](https://ct.de/y1ua)).

Auch wenn der Bootvorgang auf manchen Systemen mitunter klemmt, erstellt Ventoy mit wenigen Mausklicks hilfreiche und maßgeschneiderte Multiboot-Sticks. Das Tool selbst kommt ohne Installation aus und die ISO-Images lassen sich schnell austauschen oder aktualisieren. Ventoy gehört somit in den Werkzeugkasten aller, die flexible Boot-Sticks benötigen.

(ktn@ct.de) 

**Download, Dokumentation und Themes:**  
[ct.de/y1ua](https://ct.de/y1ua)



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

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



Bild: Albert Huim

# Zu neuen Ufern

## Nach dem Hype: Docker verstehen und loslegen

**Ab 2013 hat Docker die Containertechnik salonfähig gemacht. Von Kritikern erst als kurzfristiger Hype verschrien, ist Docker wenig später zur etablierten Technik geworden. Für den Einstieg ist es lange noch nicht zu spät: wie Sie von Containern profitieren und Software mit Docker betreiben.**

Von Jan Mahn

**T**echnische Neuerungen spalten oft die Gemüter: Auf der einen Seite gibt es die Early Adopter, die alles Neue sofort anfassen und ausprobieren müssen und mit dem Risiko leben, wenig später ein totes Pferd reiten zu müssen. Auf der anderen Seite stehen die Skeptiker, die sich das bunte Treiben lieber von außen anschauen und darauf warten, dass sich eine gewisse Stabilität einstellt – oft ist das eine gute Strategie, weil viele Hype-Themen nach wenigen Jahren still und leise in der Versenkung verschwinden. Auch bei Docker, eine Software, die 2013 erstmals erschien, war Vorsicht durchaus angebracht. Dennoch handelten viele die Technik

eines kleinen Open-Source-Start-ups schnell als Quasi-Industriestandard.

Viele Baustellen im Docker-Unterbau haben sich rasanter verändert, als die Entwickler ihre Dokus und die Vertriebler ihre Prospekte anpassen konnten. Nicht nur die Open-Source-Software Docker selbst, auch das Geschäftsmodell der Docker Inc. hat einige Kurswechsel hinter sich [1].

Wer bisher abgewartet hat, konnte sich einige Sackgassen und Irrwege ersparen. Nach über acht Jahren auf dem Markt zeichnet sich aber ab: Docker und Container bleiben erhalten und die Zeit radikaler Änderungen an der Software ist langsam vorbei.



Seit etwa 2016 berichten wir regelmäßig über Container-Technik im Allgemeinen und Docker im Speziellen, veröffentlichten Artikel mit Grundlagen und stellen viele Projekte auf Container-Basis vor, die Docker-Grundwissen voraussetzen. Häufig erreicht uns daher die Frage, welche schon veröffentlichten Artikel man lesen muss, um schnell ins Thema einzusteigen. Das ist nicht ganz so einfach: Weil sich vieles in der Containerwelt innerhalb kürzester Zeit weiterentwickelt hat, können wir oft schon zwei Jahre alte Artikel nicht mehr guten Gewissens empfehlen. Zeit, den Stand des Container-Universums im Herbst 2021 nachzuzeichnen. Für alle, die sich Containern bisher verweigert haben, die eine gewisse Reife der Software abwarten wollten, oder die jetzt das Gefühl beschleicht, trotz Docker-Erfahrung in den letzten Jahren wichtige Neuerungen verpasst zu haben. Der Artikel beschränkt sich auf Container mit Linux-Unterbau – Windows-Container auf Windows-Servern sind eine eigene Baustelle.

## Was habe ich davon?

Als reiner Desktop-PC-Anwender (sei es unter Linux, Windows oder macOS) haben Sie nichts verpasst, wenn die Dockerei bisher an Ihnen vorbeiging. Docker ist eine Software, die für Admins und Entwickler gemacht wurde. Sinnvolles Einsatzgebiet sind Serverdienste, aber auch für Kommandozeilenwerkzeuge kann Docker durchaus nützlich sein. Mit etwas Bastelei kann man theoretisch auch grafische Anwendungen mit Docker betreiben, erste Wahl für Desktop-Software sind die Container aber nicht.

Um den Nutzen von Containern und die Funktionsweise zu verstehen, lohnt ein Blick auf die Arbeitsschritte, die ohne Docker nötig sind, bis eine Serversoftware funktioniert. Anschauliches Beispiel ist die populäre Bloganwendung WordPress auf einem Linux-Server [2]. Damit WordPress läuft, braucht man einen Ordner mit den WordPress-Dateien selbst, eine PHP-Engine, einen Webserver (Apache, Nginx ...) und eine SQL-Datenbank (MariaDB oder MySQL).

Auf einem nackten Linux-Server würde man zur Installation damit beginnen, die Komponenten über den Paketmanager herunterzuladen, etwa per `apt install` in Debian, Mint oder Ubuntu. Anschließend konfiguriert man alle Bausteine einzeln in ihren Konfigurationsdateien (die unter Linux meist im Ordner `/etc` lie-

gen) und verdrahtet dann die Komponenten miteinander: Der Webserver muss mit der PHP-Engine sprechen und ihm Dateien mit der Endung `.php` zum Parsen vorwerfen, der PHP-Code muss die Datenbank erreichen und wissen, wo er hochgeladene Bilder im Dateisystem ablegen soll. Außerdem braucht der Webserver noch Regeln, damit hübsche URLs richtig übersetzt werden und WordPress die richtige Seite anzeigt. Bis man eine gute Schritt-für-Schritt-Anleitung zum Installieren von WordPress per Hand durchgespielt hat, vergehen etwa 30 Minuten.

Das große Problem mit solchen Installationen bemerkt man spätestens, wenn man auf die Idee kommt, auf dem Server mit der öffentlich zugänglichen Website noch eine Testumgebung einzurichten. In einer solchen möchte man typischerweise am Layout arbeiten, oder neue Versionen von WordPress, PHP oder der Datenbank ausprobieren. Auf derselben Maschine kann man solche Experimente meist vergessen. Schuld daran sind Abhängigkeiten und hartkodierte Pfade zu Konfigurationsdateien. Viele Anwendungen sind schlicht nicht darauf ausgelegt, dass in einem Betriebssystem mehrere Versionen parallel installiert sind. Schon zwei MariaDB-Instanzen verschiedener Versionen auf einer Maschine sind mit erheblichem Einrichtungsaufwand verbunden.

In ganz ferner Vergangenheit blieb einem nichts anderes übrig, als Hardware für einen zweiten Server anzuschaffen. Besser wurde das erst mit virtuellen Maschinen (VMs) – ein großer Fortschritt, weil man Hardware endlich ausreizen und mehrere Betriebssysteme parallel auf einer Maschine booten konnte. Hat man sich für das WordPress-Beispiel ein Installationsskript gebaut, das alle Einrichtungsschritte durchspielt, könnte man vergleichsweise zügig eine Testumgebung in einer virtuellen Maschine hochfahren und die virtuelle Festplatte auch mit Admin-Kollegen und Entwicklern teilen. Virtualisieren hat aber einen entscheidenden Nachteil: Jede VM bootet einen Kernel des eingesetzten Betriebssystems. Das blockiert, ohne dass eine Anwendung lief, schon mal etwa ein Gigabyte Arbeitsspeicher (unter Windows Server etwas mehr). Außerdem blockiert eine VM recht viel Festplattenspeicher, weil auf der virtuellen Festplatte ein komplettes Dateisystem mit dem Betriebssystem liegt.

Containertechnik wird immer wieder mit Virtualisierung in einen Topf geworfen,

unterscheidet sich aber grundsätzlich von ihr: Ein Container ist keine virtuelle Maschine, sondern ein gewöhnlicher Prozess, dem eine für ihn optimale Scheinwelt vorgedauert wird. Für einen Container wird kein Kernel gebootet, der Prozess im Container läuft mit dem Kernel des gastgebenden Systems, beansprucht daher nur so viel RAM wie der Prozess auch ohne Container bräuhete. Die Container-Runtime (eine solche steckt in Docker) ist dafür verantwortlich, die Scheinwelt aufrechtzuerhalten: Der Prozess im Container bekommt ein virtuelles Dateisystem vorgesetzt, in dem nur das existiert, was er braucht. Also die Anwendung selbst und alle Abhängigkeiten – in genau der richtigen Version.

Vom Rest des Betriebssystems sieht der Prozess nichts, keine anderen Prozesse und auch keine anderen Dateien. Unter Linux arbeitet Docker dabei mit einer Kernel-Funktion namens `Cgroups`, die schon lange vor Docker erfunden wurde. Ganz von der Außenwelt abgeschnitten ist der Prozess im Container aber nicht, dann wäre er ja für nichts zu gebrauchen. Die Container-Runtime kann ihm zum Beispiel eine virtuelle Netzwerkkarte vorsetzen, über die er mit der Außenwelt sprechen kann.

Durch die Kapselung der Prozesse in ihrer maßgeschneiderten Hülle kann man problemlos alles Mögliche parallel auf einer einzigen Maschine mit installiertem Docker Daemon (einen solchen Server nennt man auch Docker-Host) betreiben: eine WordPress-Instanz mit PHP 7, eine weitere mit PHP 8, eine Datenbank auf MariaDB- und eine auf MySQL-Basis. Weil kein RAM für Virtualisierung verschwendet wird, laufen all diese Container auch problemlos nebeneinander auf einem Ent-

## kompakt

- Docker kapselt Prozesse und ihre Abhängigkeiten und macht das Starten komplexer Anwendungen damit leichter.
- Anders als eine virtuelle Maschine blockiert ein Container nicht mehr Arbeitsspeicher als der Prozess darin.
- Mit neuen Lizenzbedingungen werden große Unternehmen zur Kasse gebeten.

wickler-Notebook mit überschaubarer Ausstattung. Das ist ein durchaus gängiges Szenario: Auf der lokalen Maschine probiert man eine Zusammenstellung von Containern aus und startet sie dann auf dem Server. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, verhält sich ein und derselbe Container überall gleich.

Durch die Kapselung verlieren auch Anwendungen ihren Schrecken, die in fremden Programmiersprachen geschrieben sind. Wer etwa um die Java-Welt bisher einen Bogen gemacht hat, kann Java-Anwendungen problemlos im Container ausführen, ohne sich damit befassen zu müssen, wie die Java-Runtime auf die Maschine kommt und was eine Java-Runtime überhaupt ist. Man braucht lediglich ein Container-Abbild, in dem Java und die Anwendung stecken. Auch das Aufräumen ist leicht: Stoppt und löscht man einen solchen Container, bleibt auf dem Docker-Host nichts zurück, weil Docker das für den Container erschaffene Dateisystem komplett entsorgt.

## Abbilder erzeugen

Erfolgreich wurde Docker, weil es nicht nur die gesamte Arbeit mit Low-Level-Techniken rund um Cgroups & Co. vom Nutzer fernhält, sondern auch den Umgang den mit Container-Abbildern sehr einfach gemacht hat. Solche Abbilder (Images) enthalten das Dateisystem für

den Container, verpackt in Tar-Archiven. Beim Start packt der Docker Daemon sie aus und setzt sie dem Container vor. Ein WordPress-Container mit Apache könnte zum Beispiel die Ordnerstruktur mit den WordPress-Dateien enthalten, außerdem die Binärdatei von Apache, Konfigurationsdateien und PHP. Was es nicht enthält, ist die SQL-Datenbank, auch wenn man diese für den Betrieb von WordPress braucht. Doch mehrere Prozesse in einem Container widersprechen der Docker-Philosophie: Jeder Container führt genau einen Prozess aus, in diesem Fall ist das der Webserver Apache. Die Datenbank gehört also unbedingt in einen weiteren Container.

Container-Abbilder knüpft man nicht per Hand zusammen, indem man alle Abhängigkeiten selbst in eine Tar-Datei verpackt. Stattdessen schreibt man eine Rezeptdatei, das Dockerfile. Dieses Rezept übergibt man dem Befehl `docker build`. Das Dockerfile ist eine gleichnamige Textdatei (ohne Dateiendung und mit einem Großbuchstaben am Anfang). Jede Zeile des Dockerfile beginnt mit einer Anweisung in Großbuchstaben, das Rezept für einen kleinen Container, der eine Website mit Nginx ausliefert, sieht zum Beispiel folgendermaßen aus:

```
FROM nginx:alpine
COPY index.htm /var/www/html/
```

Jedes Dockerfile enthält ziemlich am Anfang eine `FROM`-Anweisung. Damit legt man das sogenannte Base-Image fest, in diesem Fall ist das ein Nginx-Server auf Basis der kompakten Linux-Distribution Alpine. Der Befehl `COPY` kopiert eine Datei aus dem Dateisystem, auf dem der Bauprozess läuft, ins Abbild. In diesem Fall landet die Datei `index.htm`, die neben dem Dockerfile liegt, im Verzeichnis `/var/www/html`. Wichtig für das Verständnis: Ist das Abbild gebaut, liegen alle Dateien darin. Die lokalen Dateien, die zum Bau gebraucht wurden, sind zum Betrieb des Abbilds nicht mehr nötig.

Ein weiterer häufig benutzter Befehl ist `RUN`. Damit kann man während des Bauprozesses Kommandozeilenbefehle innerhalb des Containers ausführen. Braucht man im Container etwa ein Paket vom Paketmanager, schreibt man im Dockerfile:

```
RUN apk add curl nano
```

Der Paketmanager von Alpine heißt `apk`. Der `RUN`-Befehl installiert die Pakete `curl` und `nano` – dadurch landen die beiden Programme im Dateisystem, das anschließend zum Container-Abbild verschnürt wird. `RUN` kann man für alle Arten von Befehlen nutzen, etwa um mit `mkdir` Verzeichnisse anzulegen oder Programmcode im Container zu kompilieren.

Ist das Dockerfile fertig geschrieben, startet man den Bauprozess auf der Kommandozeile mit dem folgenden Befehl:

```
docker build -t meinname/webserver .
```

Der Punkt am Ende weist Docker an, das Dockerfile im selben Ordner zu verwenden, der Parameter `-t` gibt dem Abbild den Namen `meinname/webserver`. Unter diesem Namen ist es jetzt im lokalen System erreichbar.

## Abbilder verbreiten

Offen bleibt die Frage, wo im obigen Beispiel das Base-Image `nginx:alpine` herkommt. Hier kommt eine weitere Komponente ins Spiel, die die Firma Docker erfunden hat: die Container-Registry. Dockers Standard-Registry ist der Docker Hub, der auch eine Weboberfläche hat ([hub.docker.com](https://hub.docker.com)). Gute und geeignete Abbilder für eigene Projekte zu finden, ist eine Kunst, die man beim Dockern recht schnell lernen sollte. Grundsätzlich muss man dafür verinnerlichen: Der Docker

Seit der letzten Änderung des Geschäftsmodells müssen Nutzer von Docker Desktop zahlen, wenn sie in Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern arbeiten und dort Docker einsetzen. Der Docker Daemon für Server bleibt aber Open Source und kostenlos.



Hub ist keine kuratierte Auswahl, sondern eine öffentliche Datenhalde für Abbilder. Jeder Docker-Nutzer mit einem Account für docker.com kann mit dem Befehl `docker push` ein lokal gebautes Abbild in den Docker Hub verschieben, für obiges Beispiel etwa mit

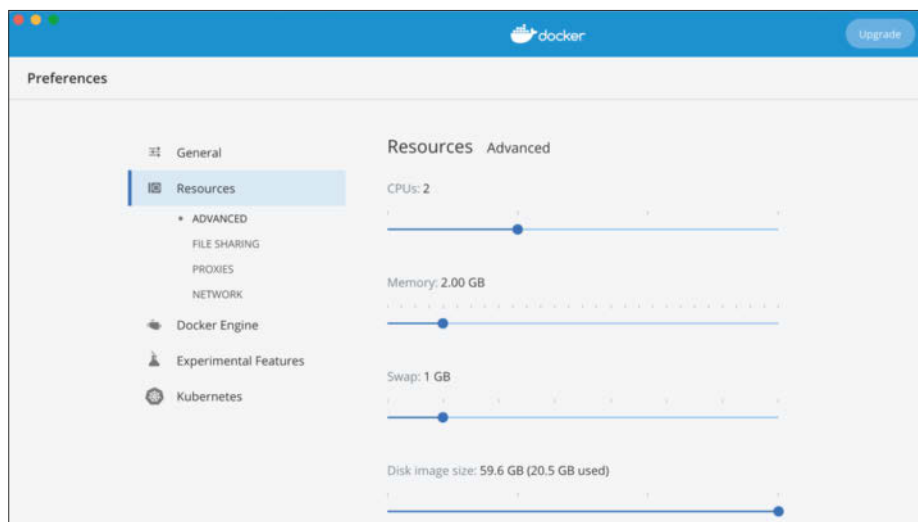
```
docker push meinname/webserver
```

Wenn man nicht aufpasst, stößt man daher schnell auf unsichere und schlechte Abbilder, oder gar solche, die in betrügerischer Absicht – zum Beispiel mit eingebautem Crypto-Miner – hochgeladen wurden.

Alle Abbilder liegen mit einer Bezeichnung nach dem Schema `benutzername/image-name:tag` im Docker Hub. Das Tag am Ende ist ein entscheidendes Detail: Tags kann man beim Hochladen an Abbilder hängen, um verschiedene Varianten zu kennzeichnen. Dabei gibt es keine verpflichtenden Regeln, nur Konventionen. Gängige Praxis ist es, Versionen einer Software nach dem Schema von Semantic Versioning (siehe S. 128) zu taggen. Eine Software in Version 2.3.1 bekommt dann die Tags `:v2`, `:v2.3` und `:v2.3.1`. Die aktuelle Version bekommt zusätzlich das Tag `:latest`. Wer Container mit einem solchen Tag-Schema einsetzt, ist gut beraten, auf produktiven Systemen etwa `:v2.3` zu nutzen und jede neue Major-Version zuerst in einer Testumgebung auszuprobieren. Welche Tags es für ein Abbild gibt, erfahren Sie in der Weboberfläche des Docker Hubs.

Das Basis-Abbild aus dem Beispiel (`nginx:alpine`) hört gleich auf mehrere Tags: Zum Zeitpunkt, als der Artikel entstand, waren das `1.21.3-alpine`, `mainline-alpine`, `1-alpine`, `1.21-alpine`, `alpine`. All diese Tags führen zum selben Ziel: Nginx in Version 1.21.3 mit einem Alpine-Unterbau.

Bei der Wahl des Unterbaus lohnt es, etwas genauer hinzusehen. Gibt es eine Alpine-Version, kann sich die durchaus lohnen, weil Alpine sehr kompakt ist und weniger Ballast mitschleppt, als etwa ein Debian Slim mitbringt. Am meisten Festplattenplatz und Downloadzeit spart man, wenn man auf einem Docker-Host möglichst wenige unterschiedliche Base-Images einsetzt. Eine weitere gute Idee von Docker ist der Aufbau von Images: Sie bestehen aus Schichten – jede Zeile im Dockerfile setzt eine Schicht obendrauf. Im Hintergrund ist das ein weiterer Ordner mit einem Tar-Archiv. Jede Schicht



**Teil von Docker Desktop ist eine grafische Oberfläche für Einstellungen. Die öffnet man in der Praxis aber sehr selten.**

enthält alle Abweichungen zur Schicht davor, also Hinzufügen und Löschen von Dateien und Ordern. Alle Schichten werden beim Start des Containers übereinander gelegt und zu einem Dateisystem verknüpft. Doch die Magie geht noch weiter: Beim Download aus der Registry erkennt Docker anhand einer Prüfsumme, wenn der Daemon eine verlangte Schicht schon heruntergeladen hatte. Wenn Sie auf einem System also zehn verschiedene Images mit Alpine-Basis nutzen, wird die Alpine-Schicht nur beim ersten Mal heruntergeladen.

## Vertrauenswürdige Abbilder

Weil jeder ohne Kontrolle alles Mögliche in den Hub schieben kann, sollten Sie von Images mit Namen wie `containerbastler76/nginx` die Finger lassen. Von vielen häufig genutzten Anwendungen finden Sie im Hub Abbilder ohne Benutzername und Schrägstrich davor, etwa `nginx` oder `mariadb`. Das sind sogenannte Official Images, die von den Maintainern der Software zusammen mit Entwicklern von Docker gepflegt werden. Sie sind in der Regel vertrauenswürdiger als Bastler-Images. Ab Seite 154 erfahren Sie, wie das Werkzeug Trivy die Images auf bekannte Sicherheitslücken untersucht.

Neben den offiziellen Images finden Sie bei der Suche im Hub Abbilder mit einem blauen Haken und dem Hinweis „Verified Publisher“. Auch die sind ziemlich vertrauenswürdige – hinter dem Account stecken wirklich die Entwickler der jeweiligen Software, das hat die Firma Docker verifiziert.

Ein Problem, das Sie heute bei der Auswahl von Images nur noch selten lösen müssen, ist die Wahl der richtigen Prozessorarchitektur. Früher war es durchaus üblich, ein Image für ARM-Prozessoren (wie den im Raspberry Pi) mit einem Tag wie `:1-alpine-arm` zu markieren. Heute werden die meisten Images (vor allem die offiziellen) als sogenanntes Multi-arch-Image veröffentlicht. Docker lädt dann die passende Version für den verwendeten Prozessor herunter.

## Installieren und einrichten

Mit diesem Wissen können Sie Ihren ersten Docker-Container, einen einfachen Nginx-Webserver, hochfahren. Dafür brauchen Sie nur noch Docker auf Ihrem System. Docker erscheint in zwei Varianten: Für Windows- und macOS gibt es die Software Docker Desktop. Die ist zum Ausprobieren und Entwickeln gedacht, nicht für den Einsatz auf Servern. Docker Desktop enthält mehr als den reinen Docker Daemon, der Container ausführt. Obendrein enthält das Paket eine grafische Oberfläche für Einstellungen und eine Übersicht über laufende Container. Das ist alles ganz nettes Beiwerk, aber nicht essenziell – Docker bedient man meist auf der Kommandozeile.

Mit der Desktop-Version hat die Firma Docker jetzt ihre Nische im großen Cloud-Markt gefunden, mit der sie Geld verdienen wollen. Anstatt am Betrieb von Containern zu verdienen (den Markt haben sie lange an Kubernetes verloren), lassen sie sich jetzt von großen Firmen bezahlen, die Docker Desktop nutzen wollen: Wer Do-

cker Desktop für Windows und macOS kommerziell nutzt und in einer Firma mit mehr als 250 Mitarbeitern oder mehr als 10 Millionen US-Dollar Jahresumsatz arbeitet, muss mindestens 5 US-Dollar im Monat zahlen. Die private oder kommerzielle Nutzung in kleinen Unternehmen bleibt kostenlos. Die Downloads für Windows und macOS (Intel- und Apple-Processor) finden Sie über [ct.de/y2jg](https://ct.de/y2jg).

Docker Desktop für macOS und Windows läuft mit einer Virtualisierungsebene: Auf dem Mac wird im Hintergrund eine einzige virtuelle Linux-Maschine für alle Container gestartet, von der man als Anwender aber nichts weiter mitbekommt. Wenn man viele Container gleichzeitig betreiben will, kann man ihr in der grafischen Oberfläche mehr Ressourcen zuweisen.

Auch unter Windows war eine VM lange die einzige Strategie – die virtuelle Maschine lief mit dem Windows-Hypervisor Hyper-V. Ab Windows 10 2004 (aus dem Frühjahr 2020) gibt es eine ressourcensparende Alternative: Docker läuft jetzt auch im neuen Windows Subsystem for Linux (WSL 2). Um diese Option im Docker-Installer direkt zu nutzen, sollten Sie vorab das WSL 2 unter Windows einrichten. Das geht auf einem neuen Windows 10 oder 11 sehr schnell mit einer Zeile auf der Kommandozeile oder in der PowerShell:

```
wsl --install
```

Anschließend kann man den grafischen Docker-Installer durchklicken und dort WSL 2 wählen.

## Open Source für Linux

Für Linux – sowohl für Server als auch für Linux-Entwicklermaschinen mit grafischer Oberfläche – gibt es den nackten Docker Daemon ohne die grafischen Extras der Docker-Desktop-Version. Dafür

ist diese Software vollständig Open Source (sogenannte Community-Version) und darf auch von Unternehmen jeder Größe ganz ohne Abo und Account benutzt werden. Es spricht nichts dagegen, die Community-Version auf einem Server produktiv einzusetzen. Eine regelmäßig von uns aktualisierte Installationsanleitung für verschiedene Distributionen lesen Sie in einem kostenlosen Online-Artikel, zu finden über [ct.de/y2jg](https://ct.de/y2jg). Sollten Sie sich für die Details nicht interessieren, hier die Kurzfassung. Mit folgendem Befehl laden Sie das Installationsskript für Bequeme herunter:

```
curl -fsSL https://get.docker.com &
  sudo sh get-docker.sh
```

Das führen Sie aus und schauen Docker beim Installieren zu:

```
sudo sh get-docker.sh
```

Damit der aktuell angemeldete Nutzer mit Docker arbeiten darf, fügen Sie ihn zur Gruppe docker hinzu:

```
sudo usermod -aG docker $USER
```

Wenn Sie Docker für Ihr System installiert haben, öffnen Sie eine Kommandozeile und prüfen Sie mit `docker version`, dass die Installation erfolgreich war. Dann kann es mit dem Dockern losgehen.

Geld verdienen möchte Docker neuerdings auch mit dem Docker Hub und hat auch dort die Spielregeln geändert: Ohne

Login kann man nur noch 100 Abbilder innerhalb von sechs Stunden herunterladen, um das Limit zu verdoppeln, braucht man einen Account (anzulegen über [docker.com](https://docker.com)), mit dem man sich per `docker login` auf der Kommandozeile anmeldet. Wer Geld bezahlt, kann das Limit auf 5000 Abfragen pro Tag erhöhen.

Jede Docker-Kartiere beginnt so richtig mit dem Befehl `docker run`, der den ersten Container startet. Ein Nginx-Webserver ist ein gutes Beispiel zum Start. Führen Sie folgenden Befehl auf einer Maschine mit Docker aus:

```
docker run -p 8080:80 nginx:alpine
```

## Erstes Erfolgserlebnis

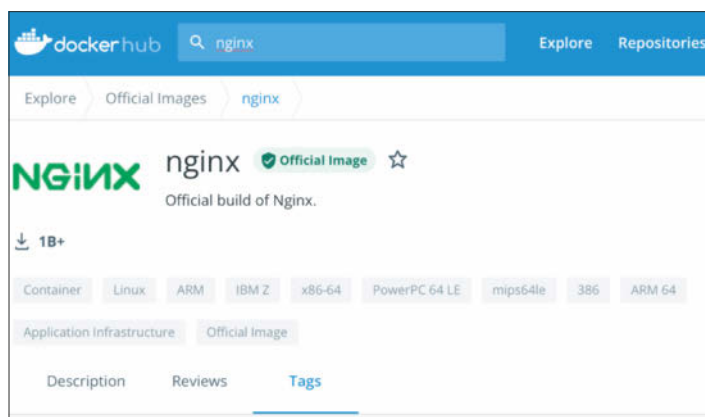
Mit dem Parameter `-p` wird ein Port der Netzwerkkarten des Computers an einen Port im Container weitergegeben. Die Syntax `8080:80` bedeutet: Leite Anfragen, die an Port 8080 aller Netzwerkkarten ankommen, an Port 80 im Container weiter. Wenn Sie den Befehl ausführen, sehen Sie zuerst, wie das Abbild schichtweise aus dem Hub geladen wird. Dann meldet Nginx, dass es Worker-Prozesse gestartet hat. Öffnen Sie einen Browser und darin die Adresse `http://localhost:8080` – Sie sollten die Nginx-Beispielseite sehen, die bereits Ihr erster Container ausliefert. Selbiges sollte (sofern keine Firewall im Weg ist) auch im internen Netzwerk mit der IP-Adresse Ihres Computers funktionieren, etwa `http://192.168.178.105:8080`.

Wenn sich Docker beschwert, dass der Port bereits belegt sei („port is already allocated“), ist das kein Unvermögen von Docker, sondern die grundlegende Funktionsweise von IP-Netzwerken: Nur ein Prozess darf gleichzeitig auf einem Port lauschen und irgendetwas auf Ihrem System hat diesen Port bereits okkupiert. Einen weiteren Container in einer weiteren Kommandozeile könnten Sie zum Beispiel auf Port 8081 starten: `-p 8081:80`. Wollen Sie nur eine Netzwerkkarte nutzen, setzen Sie deren IP-Adresse davor, zum Beispiel `-p 127.0.0.1:8081:80`.

Um laufende Container aufzulisten, öffnen Sie eine weitere Kommandozeilen-

## Ein Container ist keine virtuelle Maschine, sondern ein Prozess, dem eine für ihn optimale Scheinwelt vorgegaukelt wird.

Images, die im Docker Hub mit „Official Image“ markiert sind, werden von den Entwicklern der Software zusammen mit Docker-Mitarbeitern gepflegt und sind meist die beste Wahl.





# M3 2021

Die Heise-Konferenz zu Machine Learning  
und Künstlicher Intelligenz

**2 x online im Herbst · [www.m3-konferenz.de](http://www.m3-konferenz.de)**

**9. November:**

**NLP – Natural Language  
Processing in der Praxis**

**Transfomer**

**Sentiment-Analyse  
Question Answering  
Text Generation**

*Jetzt  
Frühbucher-  
Rabatt  
sichern!*

**Workshop  
16. November:**

**BERT, Sprachmodelle  
und Transfer  
Learning**

**24. November:  
Special Day »MLOps«**

**ML-Pipelines  
Modellreife  
Open-Source-Tools  
Industrielle KI**

sitzung und führen dort `docker ps` aus. Diese Tabelle verrät Ihnen jederzeit, was auf dem Docker-Host gerade läuft. Jeder Container bekommt eine zufällig ausgewürfelte ID und einen kreativen Namen. Wenn Sie Ihren Containern sprechende Namen geben wollen, übergeben Sie `docker run` vor dem Namen des Images den Parameter `--name mein-webserver`. Mit dem Namen oder der ID, die Ihnen `docker ps` verraten, können Sie mit Containern einige

Dinge anstellen: `docker stop <ID oder Name>` hält einen Container an. `docker rm <ID oder Name>` löscht ihn restlos. Hilfreich zum Fehlersuchen: `docker logs <ID oder Name>` zeigt die Logs eines Containers.

Diese Befehle sind das wichtigste Handwerkszeug im Docker-Alltag. Sobald Sie mehr als einen Container starten wollen, etwa um die oben erwähnte Zusammenstellung aus WordPress und Datenbank zu starten, wollen Sie aber nicht mehr mit `docker run` arbeiten.

## Container im Verbund

Das Mittel der Wahl für Container-Zusammenstellungen heißt Docker Compose – und da läuft aktuell ein größerer Umbruch: Dieses Werkzeug wurde lange Zeit parallel zur Docker-CLI (in Go geschrieben) in Python programmiert. Docker Compose war ein eigener Kommandozeilenbefehl namens `docker-compose` (mit Bindestrich). Das soll nicht mehr ewig so weitergehen und Compose ein Subcommand von `docker` werden. In Docker Desktop ist dieser Umzug bereits erledigt und der Befehl `docker compose` funktioniert bereits. In der Community-Version auf einer Linux-Maschine muss man „Compose V2“ noch als Erweiterung installieren. Wie das geht, lesen Sie ebenfalls im regelmäßig aufgefrischten Online-Artikel, zu finden über [ct.de/y2jg](https://ct.de/y2jg).

Die Befehle `docker-compose` und `docker compose` verhalten sich fast identisch, sodass Sie alte Anleitungen einfach übernehmen und den Bindestrich weglassen können. Die Idee von Docker Compose: Statt Container einzeln zu starten, schreiben Sie YAML-Dateien, die mehrere Container (die man dort Service nennt) mit ihren Einstellungen beschreiben. Solche Compose-

Dateien kann man irgendwo auf dem Desktop-PC oder Server anlegen. Am besten nutzt man für mehr Übersicht nur das Verzeichnis, in dem man auch all seine Softwareprojekte sammelt, und legt darin für jedes Docker-Projekt ein Verzeichnis

an – bestenfalls versioniert man die Projekte direkt mit Git.

Was im obigen Beispiel noch in einem Kommandozeilenauftrag zusammengeführt war, steht in einer Docker-Compose-Datei, die man standardmäßig `docker-compose.yml` nennt, recht übersichtlich untereinander und nach YAML-Spielregeln eingerückt. Die Angabe der Version am Anfang ist Pflicht und alles andere als intuitiv – sie ändert sich ab und zu, wenn die Docker-Entwickler Änderungen an der Compose-Syntax vornehmen. Aktuell gibt es Version 3.8.

Um Docker Compose zu testen, stoppen Sie zuerst Ihre zuvor gestarteten Container mit `docker stop` und legen dann die Datei `docker-compose.yml` an:

```
version: "3.8"
services:
  mein-webserver:
    image: nginx:alpine
    restart: always
    ports:
      - 8080:80
```

Erzeugt werden soll ein Container mit dem Service-Namen `mein-webserver`. Port 8080 soll wie im Beispiel oben an Port 80 im Container ankommen. Weil die Ports eine YAML-Liste sind (mit `-` eingeleitet), können Sie hier beliebig viele Weiterleitungen für einen Container einrichten. Sehr nützlich ist für Server die Zeile `restart: always`. Sie weist den Docker Daemon an, den Container immer wieder zu starten – nach einem Neustart des Servers fährt also auch der Container wieder hoch.

Zum Start der Compose-Zusammenstellung navigieren Sie auf der Kommandozeile in den Ordner mit der YAML-Datei und setzen den Befehl zum Start ab:

```
docker compose up -d
```

Der Parameter `-d` aktiviert den Detached-Modus, die Log-Ausgaben blockieren

dann nicht die aktuelle Kommandozeile – und der Container läuft im Hintergrund. Ein Besuch von <http://localhost:8080> im Browser sollte wieder die Nginx-Seite zeigen.

Das Gegenstück zu `docker compose up` ist `docker compose down`. Wichtig zum Verständnis: Docker Compose arbeitet immer mit der Datei `docker-compose.yml` im aktuellen Verzeichnis. Wenn Sie mehrere Zusammenstellungen auf einer Maschine haben, können Sie die separat hoch- und runterfahren, indem Sie das Verzeichnis wechseln und dort `docker compose` ausführen.

## Lernpfad

Jetzt sind Sie bereit für die ersten nützlichen Docker-Projekte. Am schnellsten lernt man Vorteile und Tücken von Containern, wenn man sich einen Raspi oder eine Entwicklermaschine schnappt, dort fertige Compose-Projekte ausprobiert und ein paar Stellschrauben verändert. Über [ct.de/y2jg](https://ct.de/y2jg) finden Sie von uns in der Vergangenheit vorgestellte Projekte, die sich für den Start gut eignen, unter anderem eine WordPress-Zusammenstellung, Nextcloud und einen Passwort-Tresor. Dabei begegnen Ihnen zwei weitere Konzepte: Mit Volumes speichern Sie Daten dauerhaft, sodass sie das Entfernen eines Containers überstehen. Mit Umgebungsvariablen steuern Sie die Funktion des Containers.

Wenn Sie sich sicher mit fertigen Abbildern und Zusammenstellungen fühlen, können Sie sich ans Schreiben eigener Dockerfiles für eigene Software wagen und diese mit `docker push` im Docker Hub veröffentlichen. Inspiration für gute Dockerfiles gibt es jeweils in GitHub-Repositories großer Projekte, die mit derselben Programmiersprache arbeiten. Wenn Sie bisher mit dem Dockern gewartet haben, sind Sie jetzt im Vorteil: Die meisten Probleme haben in den vergangenen acht Jahren schon andere für Sie gelöst.

([jam@ct.de](mailto:jam@ct.de)) 

## Literatur

- [1] Jan Mahn, Wal-Abgesang, Die Zukunft der Container-Technik mit und ohne Docker, c't 2/2020, S. 140
- [2] Jo Bager, Loslegen mit WordPress, Was das Content-Management-System so einzigartig macht, c't 23/2021, S. 60

**Projekte für den Einstieg und Dokus:**  
[ct.de/y2jg](https://ct.de/y2jg)



# 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](http://www.emedia.de/history-mini)



(0541) 800 09 126



leserservice@emedia.de



eMedia Leserservice, Postfach 24 69, 49014 Osnabrück

# Frachtkontrolle

## Container-Images mit Trivy auf Sicherheitslücken durchleuchten

**Docker verführt wegen der einfachen Handhabung dazu, Container-Images als Blackbox zu behandeln. Welche Abhängigkeiten in einem Image stecken und ob diese Sicherheitslücken mitbringen, ist nicht immer klar ersichtlich. Mit dem Open-Source-Scanner Trivy klopfen Sie Ihre Images auf Schwachstellen ab.**

Von Niklas Dierking

Container erfreuen sich bei Entwicklern, Administratoren und Anwendern großer Beliebtheit, weil sie viel Arbeit abnehmen. Alle Abhängigkeiten, die ein laufender Prozess im Container benötigt, stecken bereits im Container-Image. Einen einsteigerfreundlichen Überblick über Docker verschafft Ihnen der Artikel ab Seite 146.

Der Docker Hub ist die größte Sammlung von Container-Images (eine sogenannte Container-Registry). Dort kann jeder Images für alle möglichen Anwendungsbereiche hochladen. Ob ein Image vertrauenswürdig ist oder Sicherheitslücken enthält, ist jedoch nicht leicht auf Anhieb zu erkennen.

Ein Forscherteam der Technisch-Naturwissenschaftlichen Universität Norwegen untersuchte im vergangenen Jahr 2500 zufällig ausgewählte Docker-Images aus dem Docker Hub auf bekannte Sicherheitslücken. Von den zertifizierten Images wiesen 82 Prozent mindestens eine Sicherheitslücke auf, die laut Bewertungssystem CVSS (Common Vulnerability Scoring System) als „schwerwiegend“ gelten. Bei den Community-Images waren es 68 Prozent der Abbilder. Am besten haben die offiziellen Images abgeschnitten, die das

Unternehmen Docker selbst auf Schwachstellen kontrolliert. Aber auch diese enthielten noch zu 46 Prozent eine schwerwiegende Lücke. Die Studie haben wir unter [ct.de/y2pe](https://ct.de/y2pe) verlinkt.

Mit dem Open-Source-Tool „Trivy“ durchleuchten Sie Images nach bereits katalogisierten Sicherheitslücken. Trivy gleicht dazu die Betriebssystempakete des Basis-Image (Alpine, Debian, Ubuntu), sprachenspezifische Pakete (npm, yarn, cargo), Bibliotheken und weitere Abhängigkeiten mit einem eigenen Schwachstellenregister ab. Das befüllt Trivy aus der etablierten Schwachstellendatenbank NVD (National Vulnerability Database), die sich aus dem CVE-Verzeichnis (Common Vulnerabilities and Exposures System) speist und Sicherheitslücken mit dem Bewertungssystem CVSS (Common Vulnerability Scoring System) einen Schweregrad zuweist. Darüber hinaus nutzt Trivy die CVE-Tra-

cker und Security-Ratgeber diverser Open-Source-Projekte wie den Ubuntu-CVE-Tracker, die Rustsec-Advisories oder die Go Vulnerability Database.

### Images durchleuchten

Sie können Trivy einsetzen, um lokale Container-Images zu scannen, ebenso wie entfernte Abbilder, die in einer Container-Registry wie dem Docker Hub oder der GitHub-Container-Registry abgelegt sind. Das funktioniert auch mit Images, die Sie mit dem Befehl `docker save` als Tar-Archiv exportiert haben. Die Software unterstützt das von Docker verwendete OCI- und das Podman-Format. Ebenso durchsucht Trivy den Code öffentlicher GitHub-Repositories nach bekannten Schwachstellen. Trivy gibt es als Paket für die Linux-Distributionen RHEL, CentOS, Debian, Ubuntu und Arch-Linux sowie für macOS via Homebrew-Paketmanager. Eine Anleitung, wie Sie Trivy auf Ihrem System installieren, finden Sie in der

Dokumentation des Projekts, die wir unter [ct.de/y2pe](https://ct.de/y2pe) verlinkt haben.

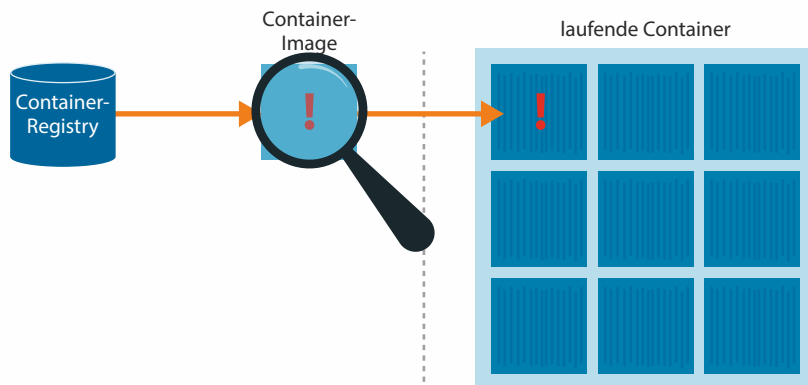
Auch Trivy selbst läuft im Container. Damit können Sie sich die Installation sparen und den Scanner auch unter Windows und macOS mit installiertem Docker einsetzen. Ersetzen Sie dazu in den beiden folgenden Befehlen einfach `trivy` durch diesen Befehl:

```
docker run -it aquasec/trivy
```



### Container-Scanner

Trivy sucht lokale und entfernte Container-Images nach bekannten Sicherheitslücken ab. Dabei prüft Trivy sowohl Betriebssystempakete (Alpine, Debian, Ubuntu) als auch Programmiersprachen-spezifische Pakete (yarn, npm, cargo). Das hilft Nutzern bei der Risikoeinschätzung.





Sie bedienen Trivy mittels Kommandozeile. Wenn Sie Trivy auf dem Hostsystem installiert haben, dann scannen Sie ein Image, beispielsweise Python 3.4 mit Alpine-Linux als Basis, mit dem folgenden Befehl:

```
trivy image python:3.4-alpine
```

Außer Container-Images können Sie auch öffentliche GitHub-Repositories nach Schwachstellen durchsuchen:

```
trivy repo https://github.com/
5knqyf263/trivy-ci-test
```

Wenn Sie Trivy installiert haben, dann lädt das Tool beim ersten Scan die Schwachstellendatenbank herunter, was einige Sekunden in Anspruch nehmen kann. Die nachfolgenden Scans erfolgen deutlich schneller, weil Trivy die Datenbank lokal als Cache ablegt und künftig nur noch Änderungen herunterlädt. Nutzen Sie Trivy selbst als Docker-Container, dann wird die Datenbank nicht automatisch zwischengespeichert, es sei denn, Sie reichen einen Ordner für den Cache in den Container hinein. Das erledigen Sie, indem Sie den `docker run`-Befehl wie folgt anpassen:

```
docker run --rm -v ${PWD}/cache:
5/root/.cache/ aquasec/trivy
5python:3.4-alpine
```

Nach dem Abgleich mit der Schwachstellendatenbank präsentiert Trivy Ihnen die Ergebnisse des Scans standardmäßig in einer Tabelle auf der Kommandozeile.

In der Kopfzeile der Tabelle finden Sie eine Zusammenfassung der Ergebnisse. Für das Beispiel-Image `python:3.4-alpine` hat Trivy insgesamt 37 Schwachstellen gefunden, denen es die Schweregrade „Unknown“, „Low“, „Medium“, „High“ und „Critical“ in der Spalte „Severity“ zuordnet. In der Tabelle finden Sie unter „Library“ auf der linken Seite das Paket oder die Programmbibliothek, die die Schwachstelle enthält. „Vulnerability-ID“ listet die Kennung, mit der die Schwachstelle katalogisiert wurde. Der Spalte „Installed Version“ entnehmen Sie, in welcher Version die betroffene Abhängigkeit vorliegt. Besonders praktisch: Unter „Fixed Version“ informiert Trivy Sie direkt, in welcher Version die Entwickler das Problem behoben haben. In der „Title“-Spalte ganz rechts lesen Sie eine Kurzbeschreibung der Schwachstelle und

LIBRARY	VULNERABILITY ID	SEVERITY	INSTALLED VERSION	FIXED VERSION	TITLE
expat	CVE-2018-20843	HIGH	2.2.6-r0	2.2.7-r0	expat: large number of colons in input makes parser consume high amount...
	CVE-2019-15903			2.2.7-r1	expat: heap-based buffer over-read via crafted XML input
libbz2	CVE-2019-12900	CRITICAL	1.0.6-r6	1.0.6-r7	bzip2: out-of-bounds write in function bz2_decompress
libcrypto1.1	CVE-2019-1543	HIGH	1.1.1a-r1	1.1.1b-r1	openssl: ChaCha20-Poly1305 with long nonces
	CVE-2020-1967			1.1.1g-r0	openssl: Segmentation fault in SSL_check_chain causes denial of service

**Trivy listet alle relevanten Informationen zu gefundenen Schwachstellen in einer übersichtlichen Kommandozeilenausgabe auf. CVE-Nummer und Kurzbeschreibung dienen der weiteren Recherche.**

finden einen Link mit weiterführenden Informationen.

### Blick schärfen

Lassen Sie sich von der Flut der gefundenen Schwachstellen zunächst nicht verunsichern. Nur weil ein Container-Image bekannte Schwachstellen enthält, heißt das nicht automatisch, dass in Ihrem konkreten Anwendungsfall ein Sicherheitsrisiko besteht. So könnte es möglich sein, dass der Prozess im laufenden Container gar nicht mit der betroffenen Abhängigkeit interagiert.

Um die Analyse einzugrenzen, können Sie Trivy auch anweisen, nur besonders schwerwiegende Schwachstellen auszugeben. Mit folgendem Befehl lassen Sie sich beispielsweise nur Lücken anzeigen, die als „High“ oder „Critical“ eingestuft werden:

```
trivy image --severity HIGH,CRITICAL \
python:3.4-alpine
```

Wenn Sie bereits recherchiert haben, dass bestimmte Lücken für Ihren Anwendungsfall nicht relevant sind, dann können Sie in dem Verzeichnis, in dem Sie Trivy ausführen, auch eine Textdatei namens `.trivyignore` anlegen. Dort gelistete Schwachstellen ignoriert Trivy beim nächsten Scan. Beispiel:

```
# Risiko ist akzeptabel
CVE-2019-19242
# Für Anwendungsfall nicht relevant
CVE-2020-11655
```

Seine volle Stärke entfaltet Trivy, wenn Sie Scans automatisieren, beispielsweise mit-

tels GitHub Actions. So können Sie beispielsweise spezifizieren, welchen Exit-Code Trivy ausgeben soll, wenn bestimmte Schwachstellen gefunden werden:

```
trivy image --exit-code 0 --severity \
MEDIUM,HIGH python:3.4-alpine
```

```
trivy image --exit-code 1 --severity \
CRITICAL python:3.4-alpine
```

Das ist besonders hilfreich, wenn Sie planen, Trivy in automatisierte Buildprozesse oder eine CI/CD-Lösung einzubinden. In diesem Beispiel schlägt der Buildprozess fehl, wenn Trivy eine kritische Sicherheitslücke aufspürt und den Exit-Code 1 ausgibt. Der Prozess läuft aber durch, falls es sich lediglich um eine mittelschwere Schwachstelle handelt. Die Entwickler stellen in der Dokumentation des Projektes Vorlagen bereit (siehe [ct.de/y2pe](https://github.com/aquasecurity/trivy)), um Trivy in GitHub Actions und weitere CI/CD-Lösungen wie GitLab CI oder Travis CI zu integrieren.

### Fazit

Mit Trivy verschaffen Sie sich im Handumdrehen einen Überblick über mögliche Schwachstellen in Container-Images und können so eine Risikoeinschätzung vornehmen. Das Scan-Tool hilft Administratoren und Container-Enthusiasten bei der Suche nach Images mit der kleinstmöglichen Angriffsfläche. Fortgeschrittene Anwender unterstützt Trivy als Kontrollmechanismus in automatisierten Buildprozessen. (ndi@ct.de) **ct**

**Trivy-Dokumentation und GitHub-Repository:** [ct.de/y2pe](https://github.com/aquasecurity/trivy)



Bild: Albert Hulm

# Da lang, dort lang, hier lang

## Interaktive Textabenteuer mit Twine entwerfen

**Lesen, schreiben, spielen – wer sich nicht entscheiden kann, erschafft mit Twine seine eigene interaktive, nichtlineare Geschichte. Der Spieler bestimmt den Ausgang. Die Zeiten, in denen der Lieblingscharakter zwingend sterben muss, sind damit vorbei.**

Von Gerugon

**D**as kostenlose Open-Source-Tool Twine belebt eine jahrzehntealte Erzählkunst wieder, bei der Geschichten mit vielerlei Wendungen und mehreren Enden

versehen sind. In den klassischen Detektivgeschichten und Rollenspielbüchern musste man noch zur angegebenen Seite blättern. In der fertigen Twine-Geschichte klickt man – wie für Interactive Fiction typisch – auf eine der gegebenen Optionen und landet automatisch im passenden Handlungsstrang. Treten Sie in die Fußstapfen des Filmproduzenten Charlie Bookers, der unter anderem Twine nutzte, um seinen interaktiven Film „Black Mirror: Bandersnatch“ zu entwickeln.

Twine lässt sich direkt im Browser nutzen. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten: Die erstellten Dateien landen im Browser-Cache. Räumt man vorschnell auf, ist die schöne Geschichte schnell ebendies: Geschichte. Alternativ gibt es offline nutzbare Programme für macOS, Linux und Windows. Für unser Beispiel nutzen wir die

Windows-Version. Man kann Deutsch als Programmsprache auswählen. Viele der ursprünglich englischsprachigen Texte wurden jedoch nicht vollständig ins Deutsche übersetzt. Twine erzeugt am Ende ein HTML-Paket, das sich in jedem Webbrowser anzeigen lässt.

Das Programm nimmt nicht einfach reinen Manuskripttext entgegen, sondern erfordert dafür die Verwendung einer Markup-Sprache mit Befehlen zur Steuerung und visuellen Gestaltung. Programmierkenntnisse benötigen Sie für den Einstieg allerdings nicht. Das System unterstützt verschiedene solcher Sprachen. Als Standardsprache ist „Harlowe 3.2.2“ ausgewählt. Diese eignet sich insbesondere für Einsteiger. Zum leichteren Verständnis geben wir mögliche Textpassagen vor und laden Sie ein, diese nach Ihren Wünschen



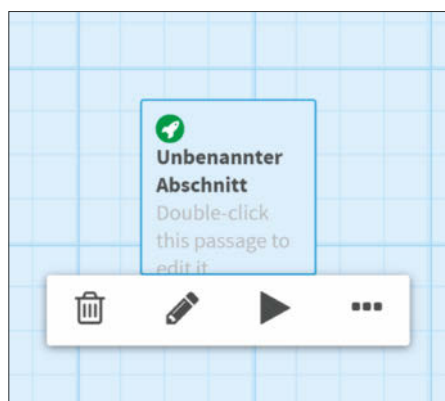
zu verändern. Wer lieber direkt losklicken möchte, findet unser Beispiel zum Download (siehe [ct.de/yt22](https://ct.de/yt22)).

## Beginn der Geschichte

Beim Start zeigt Twine die Übersicht aller eigenen Geschichten. Noch herrscht hier gähnende Leere. Um das zu ändern, klicken Sie rechts auf den grünen Button „+Geschichte“ und vergeben einen Projektnamen, zum Beispiel „Homeoffice – Fluch oder Segen“. Dieser lässt sich auch später noch ändern, ohne die gesamte Story kaputtzumachen.

Mittig auf dem karierten Hintergrund zeigt Twine den ersten Abschnitt des neuen Spiels. Das kleine Raketensymbol oben links auf dem Kärtchen kennzeichnet den Startpunkt der Geschichte. Die Abschnitte stellen einzelne Spielsequenzen dar. Sobald sich der Mauszeiger auf einer Karte befindet, zeigt Twine mehr Optionen an: Löschen, Bearbeiten, von hier aus testen. Außerdem gibt es ein weiteres Untermenü, in dem sich die Form der Karte festlegen lässt. Wählen Sie „tall“, um den Startpunkt gesondert zu kennzeichnen.

Öffnen Sie den ersten Abschnitt via Doppelklick und geben Sie „Zuhause“ als Titel ein. Denn hier beginnt die Reise des Spielers. Im unteren Bereich fügen Sie den ersten Textabschnitt der Geschichte hinzu. Das ist das Erste, was der Spieler später sieht: „Es ist ein Tag wie jeder andere. Du bist soweit fertig, den Arbeitsalltag anzugehen ...“ Schmücken Sie den Text beliebig aus. Wichtig ist nur, dass verschiedene Verkehrsmittel genannt werden, mit denen der Spieler zur Arbeit gelangt: „Du überlegst, ob Du die Bahn



**Den Startpunkt der Geschichte** kennzeichnet Twine mit einer Rakete. Mittels Doppelklick lässt sich der Inhalt bearbeiten.

nimmst, das Auto oder einen langen Spaziergang machst“.

## Verzweigungen anlegen

Nun gilt es, die einzelnen Optionen in klickbare Links zu verwandeln. Diese führen wiederum zu neuen Abschnitten. Markieren Sie beispielsweise „die Bahn“ und klicken Sie auf den Link-Button. Twine klappt ein zusätzliches Menü auf, in dem sich allerhand Anpassungen für Links vornehmen lassen. Für unser simples Beispiel fügen Sie hinter „Go to this Passage“ als neuen Abschnittstitel „Arbeitsweg Bahn“ ein. Ein Klick auf das grüne Add-Feld schließt das Link-Menü. In Ihrem Text sehen Sie nun die Veränderung innerhalb des Satzes:

[[die Bahn->Arbeitsweg Bahn]]

Setzen Sie nun noch Links für „das Auto“ und „langen Spaziergang“.

Sobald Sie den Editor für den Zuhause-Abschnitt schließen, sehen Sie wieder die Arbeitsfläche. Diese ist nun um drei

## ct kompakt

- Interactive Fiction im Eigenbau: Twine hilft dabei, entscheidungsgesteuerte Handlungsabläufe anzulegen.
- Schritt für Schritt entsteht eine spielfertige Geschichte, bei Bedarf mit Bildern. Virtuelle Kärtchen erfassen die untereinander verknüpften Szenarien.
- Das Ergebnis ist ein HTML-Paket, das Spieler ohne weitere Hilfsmittel im Browser nutzen.

weitere Abschnitte ergänzt. Ein Pfeil vom Zuhause-Abschnitt zum „Arbeitsweg Bahn“-Abschnitt symbolisiert den gesetzten Link.

Die noch leeren Karten warten darauf, mit Leben gefüllt zu werden. Zu Fuß wird

Verzweigungen zwischen den Abschnitten erstellt man über den Link-Button im Twine-Editor.

Nachdem Du einen freien Platz ergattert hast, setzt sich nach dem nächsten Halt ein weiterer Fahrgast auf den Platz neben Dir. Sein Coffee to go riecht verführerisch. Während Du vor Dich hindöst, bremst die Bahn abrupt und der Kaffee Deines Mitreisenden landet auf Deiner Kleidung. So ein Mist!

Zum Glück hast Du **Wechselkleidung im Büro**.

So kannst Du nicht zum wichtigen Termin. Es hilft nichts, Du musst **zurück nach Hause**.

man vielleicht angerempelt, im Auto sucht man ewig nach einem Parkplatz und in der Bahn verschüttet ein Fahrgast seinen Kaffee auf der Kleidung des Protagonisten.

## Entscheidungen treffen

Jetzt ist ein guter Zeitpunkt, um die bisherige Geschichte aus der Sicht des Spielers zu begutachten. Der Play-Knopf unten rechts in der Übersicht öffnet ein neues Browserfenster. In diesem können Sie sich durch die Handlung klicken. Nachdem Sie im Spiel die erste Wahl getroffen haben und quasi den nächsten Abschnitt geöffnet haben, erscheint am linken Rand ein kleiner Pfeil, der nach links zeigt. Mit diesem können Sie Ihre Entscheidung rückgängig machen. Sollten Sie diesen angeklickt haben, erscheint ein Pfeil, der nach rechts zeigt. Dieser stellt die zuvor zurückgenommene Aktion wieder her.

Oft gibt das Spieldesign vor, dass Sie beziehungsweise die Spieler wieder an einen zuvor besuchten Punkt in der Geschichte zurückkehren müssen. Wenn beispielsweise in der Bahn Kaffee auf der Kleidung landet, gibt es entweder Wechselsachen im Büro oder es geht zurück nach Hause. Dieses Zurückgehen ist jedoch nicht zu verwechseln mit dem zuvor beschriebenen Rückgängig-machen-Pfeil.

Wechseln Sie wieder zu Twine. Um die zwei Optionen (zurück nach Hause/weiter ins Büro) anzulegen, fügen Sie zunächst den gewünschten Text zur „Arbeitsweg Bahn“-Karte hinzu: „Während Du vor Dich hindöst, bremst die Bahn abrupt und der Kaffee eines Mitreisenden landet auf Deiner Kleidung. So ein Mist!“ Geben Sie nun die zwei Auswahlmöglichkeiten vor: „Zum Glück hast Du Wechselkleidung im Büro“ und „Es hilft nichts, Du musst zurück nach Hause“. Um eine Option als solche zu kennzeichnen, können Sie diese kursiv formatieren und mit einer

**Links stellt Twine standardmäßig blau dar. Je nachdem, wie sich der Spieler entscheidet, kommt der Protagonist ins Büro oder muss wieder zurück nach Hause.**

Leerzeile vom Rest des Textes absetzen. Ob der gesamte Text zum Link wird oder nur ein Teil davon, ist Geschmackssache. In unserem Beispiel ist nur „Wechselkleidung im Büro“ beziehungsweise „zurück nach Hause“ anklickbar.

Auf der Twine-Arbeitsfläche entsteht so langsam ein verzweigtes Netz aus einzelnen Textabschnitten.

## Ausschmücken

Um ein wenig mehr Abwechslung ins Design zu bringen, können Sie Bilder einfügen. So könnte der Spaziergang durch Wiesen und Felder verlaufen und durch ein Bild illustriert werden. Dazu nutzen Sie ein HTML-Tag, damit der Browser das Bild später anzeigt:

```

```

Am einfachsten funktioniert das mit Bildern, die auf einem öffentlich erreichbaren Server liegen. Der Nachteil: Um das Spiel zu spielen, benötigt man eine Onlineverbindung.

Sie können auch lokal gespeicherte Bilder einbinden, sodass zum Spielen keine Internetverbindung nötig ist. Dann müssen Sie Bilddateien und fertige HTML-Spieldatei gemeinsam verschicken, am

besten in komprimierter Form. Wie Sie eine spielbare HTML-Datei erzeugen, erklären wir am Ende des Artikels. Sofern die Bilder im selben Ordner wie die HTML-Datei liegen, benötigt Twine keine weitere Pfadangabe:

```

```

Einen gravierenden Nachteil gibt es bei dieser Variante: Sie sehen die Bilder in der Vorschau nicht, da Twine für die Vorschau eine Datei im Ordner für temporäre Dateien erzeugt und die Pfadangabe zum Bild nicht stimmt.

Standardmäßig fügt Twine Text und Bild untereinander ein. Sollen beide Elemente nebeneinander erscheinen, müssen Sie Spaltenangaben hinzufügen. Oberhalb des Textes geben Sie in einer separaten Zeile |= (linke Spalte) ein und oberhalb des Bildes ebenfalls in einer separaten Zeile =| (rechte Spalte). Auf diese Weise lassen sich auch zweispaltige Textblöcke generieren.

Manchmal gibt es Texte, die an mehreren Stellen der Geschichte auftauchen sollen. Diese müssen Sie nicht jedes Mal erneut eintippen oder aus anderen Abschnitten kopieren. Stattdessen legen Sie dafür eigene Abschnitte an, die Sie über den Befehl `display` immer wieder einbinden können. Erstellen Sie beispielsweise zwei Karten, die für unterschiedliche Wetersituationen stehen, eine für Regen, eine für Sonnenschein. Jetzt können Sie den Zuhause-Abschnitt durch die gewünschte Wetterangabe ergänzen, zum Beispiel:

```
(display: "Wetter-Sonne")
```

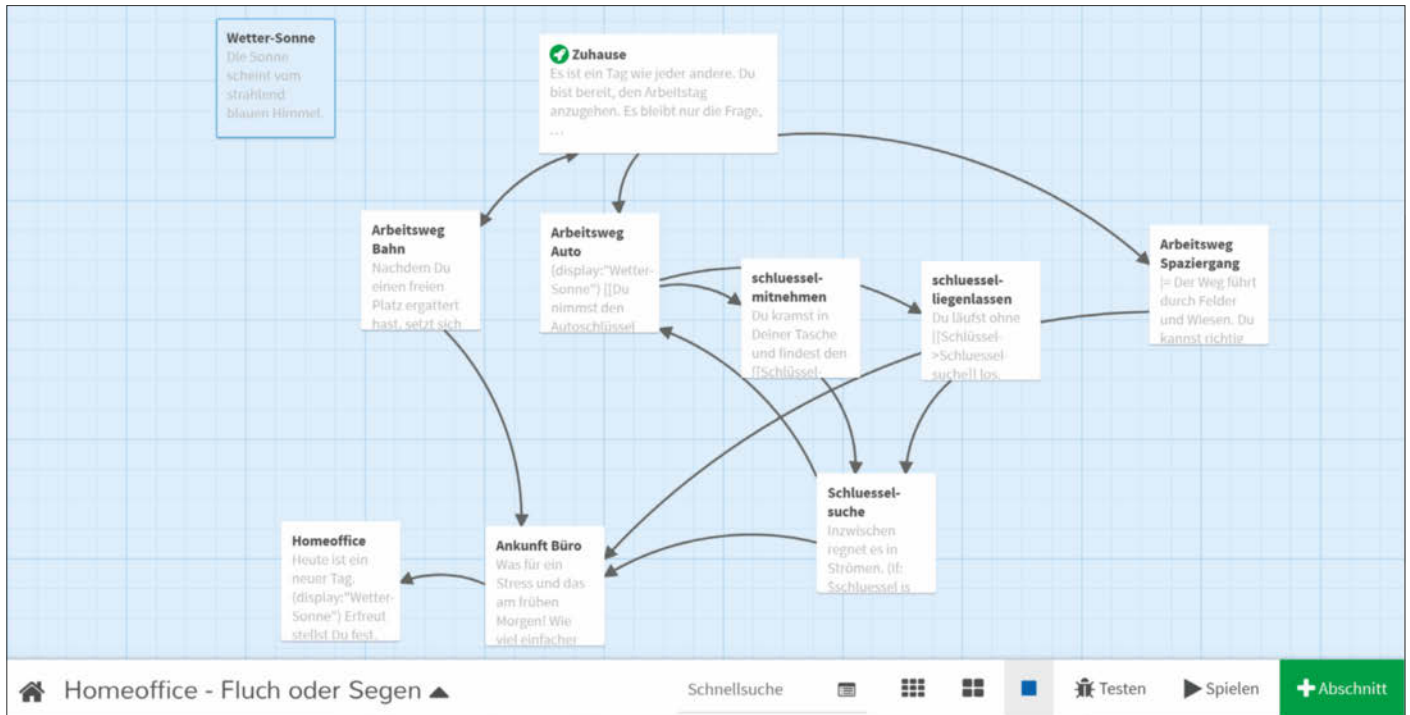
Während des Spaziergangs könnte es zu regnen beginnen, weshalb der Protagonist wieder nach Hause muss, aufs Auto umsteigt oder nass im Büro ankommt. Da diese Wetter-Abschnitte keine Beziehungspfeile erhalten, können Sie die Kar-

Der Weg führt durch Felder und Wiesen. Du kannst richtig durchatmen und Kraft für den stressigen Arbeitstag tanken.



**Kurze Spaltenbefehle oberhalb der definierten Elemente lassen Text und Bild nebeneinander erscheinen.**





Im Lauf der Zeit entsteht eine verzweigte Geschichte mit unterschiedlichsten Handlungsoptionen.

ten zur besseren Übersicht an den Rand der Arbeitsfläche schieben. Es hat noch einen weiteren Vorteil, solche Verweise zu nutzen: Falls Sie die Beschreibung ergänzen wollen, müssen Sie das nur auf der Wetterkarte tun und nicht in jedem einzelnen Abschnitt, in dem das Wetter eine Rolle spielt.

### Da geht noch mehr

Viel mehr Möglichkeiten kommen durch Variablen und Bedingungen hinzu. Mit ihnen lässt sich eine Twine-Geschichte noch lebendiger gestalten. So kann man den Spieler auffordern, seinen Namen einzugeben, und ihn später immer wieder direkt ansprechen:

```
(set: $name to (prompt:
  "Wie heißt du?", ""))
```

Jede Variable beginnt mit einem Dollarzeichen, gefolgt von einer frei wählbaren Bezeichnung. `set` weist der Variable den aktuellen Wert zu. In diesem Fall den eingetippten Namen.

Bedingungen lassen Geschichten noch lebendiger werden. Der Spieler könnte sich entscheiden, ob der Protagonist morgens den Autoschlüssel einstecken soll oder ob er ihn liegen lässt. Je nachdem, wie er sich entscheidet, muss

der Protagonist noch mal zurück ins Haus und den Schlüssel holen – oder er kann direkt zur Arbeit starten. Anstatt zwei neue Abschnitte zu erstellen, schreibt man beide Möglichkeiten auf eine Karte:

```
Inzwischen regnet es in Strömen.
(if: $schlüssel is true)[Erleichtert
schließt Du Dein Auto auf.]
(else:)[So ein Mist, Du mußt noch
einmal ins Haus zurück.]
```

### Das Ende ist der Anfang

Bauen Sie auf diese Weise die Geschichte aus und legen Sie beliebig viele Verzweigungen an. Vielleicht ist der Protagonist so genervt, weil er keinen Parkplatz findet, dass er das Auto weiter entfernt abstellt und doch die Bahn nutzt. Aber ach, ach, dort geht es auch nicht besser, denn dort erwartet ihn der Kaffeeunfall. Vielleicht kommt er auch gar nicht an seinem Arbeitsplatz an, weil er zwischendrin entnervt aufgibt, nach Hause fährt und für diesen Tag Urlaub einreicht. Alternativ könnte er ankommen, dort seinem Chef sein Leid klagen und für den nächsten Tag Homeoffice beantragen. Von dort könnte die nächste Geschichte ihren Lauf nehmen.

Um Ihre Geschichte als spielbare Datei zu speichern, klicken Sie unten auf

den Namen und wählen „Als Datei veröffentlichen“. Geben Sie nun noch einen Dateinamen mitsamt der Endung `.html` an. Zur Erinnerung: Falls Sie lokal gespeicherte Bilder in Ihrer Geschichte verwenden, achten Sie unbedingt darauf, dass Sie die HTML-Datei so ablegen, dass die Pfadangabe zu den Bildern stimmt.

Bei all dieser Tüftelarbeit sind Sie nicht allein. Auf der Twine-Homepage finden Sie ein ausführliches Wiki in englischer Sprache, das sogenannte Cookbook. Für noch detailliertere Erklärungen gibt es zu jedem der vier Formate ein separates digitales Handbuch. Diejenigen, denen das Nachlesen darin zu aufwendig ist, können andere Twine-Nutzer nach hilfreichen Tipps fragen: Ein Forum und ein eigener Discord-Server dienen dem direkten Austausch.

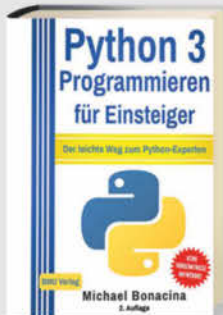
Twine lässt sich auch für andere Zwecke als zum Geschichtenschreiben einsetzen. Wie wäre es mit einer interaktiven Einladung? Wer am Fest teilnehmen möchte, bekommt weitere Infos zu Location und Geschenk Wünschen angezeigt. Wer leider keine Zeit hat, erhält dann beispielsweise die Meldung „Wie schade, dann ein andermal“. (abr@ct.de) **ct**

**Beispiel, Download, Forum:** [ct.de/yt22](https://ct.de/yt22)

# 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](https://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.

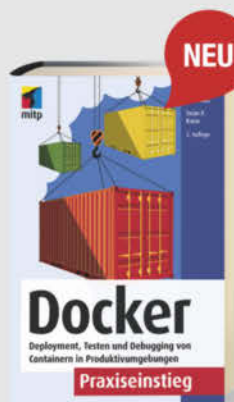
ISBN 9783836267120  
[shop.heise.de/dsgvo-websites](https://shop.heise.de/dsgvo-websites) **39,90 €** >



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](https://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](https://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](https://shop.heise.de/buch-legohacks) **29,90 €** >



Wolfgang Ertel, Ekkehard Löhmann  
**Angewandte Kryptographie (6. Aufl.)**

Ziel des Buches ist es, Grundwissen über Algorithmen und Protokolle zu vermitteln und kryptographische Anwendungen aufzuzeigen. Mit so wenig Mathematik wie nötig, aber vielen Beispielen, Übungsaufgaben und Musterlösungen.

ISBN 9783446463134  
[shop.heise.de/kryptographie6](https://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](https://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](https://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

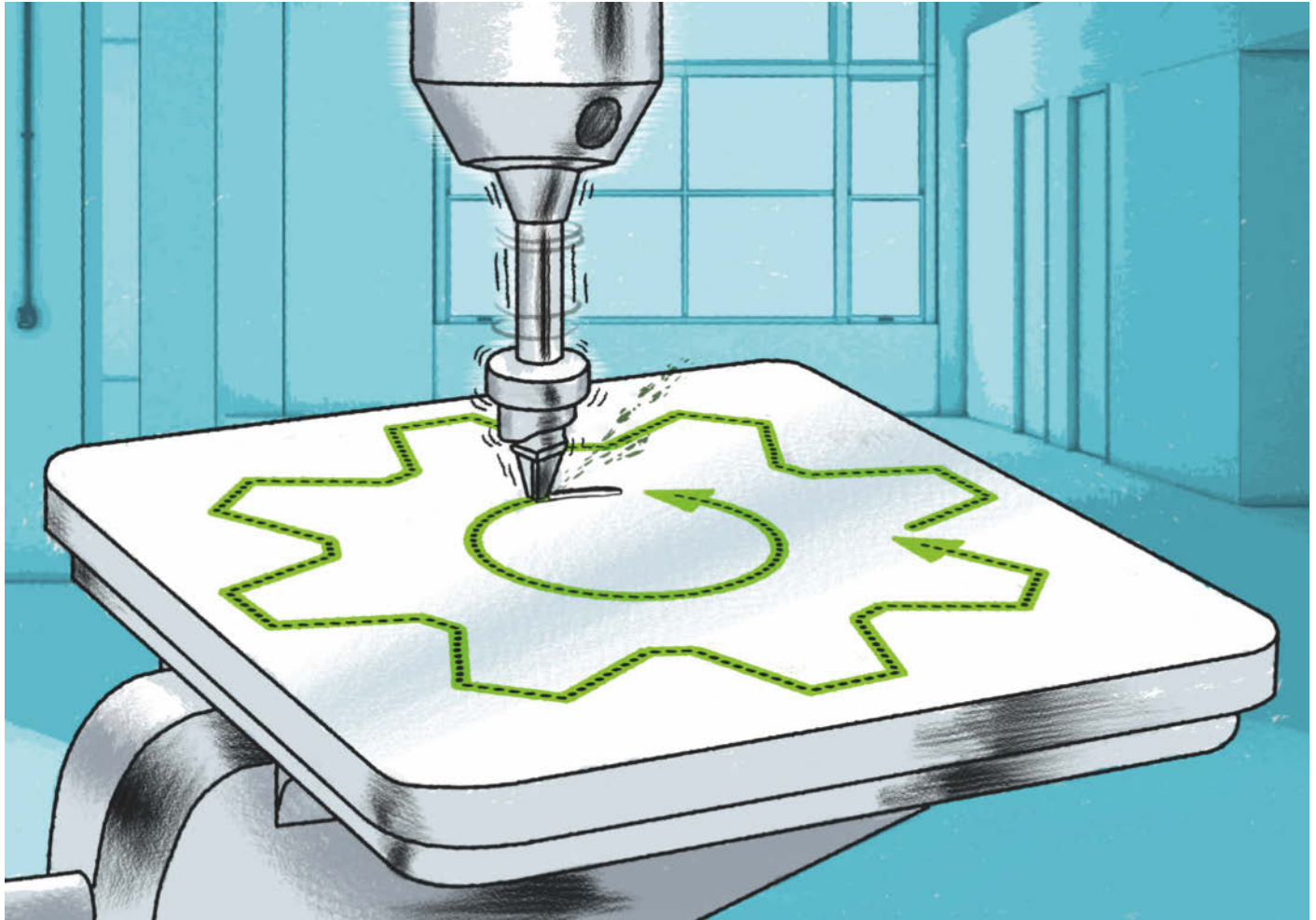
29,90 € ➔

heise Shop

shop.heise.de ➔

➤ Bestellen Sie ganz einfach online unter **shop.heise.de** oder per E-Mail: **service@shop.heise.de**





# Frei-Pfad-Planer

## FreeCAD erzeugt G-Code für CNC-Fräsen

**FreeCAD taugt nicht nur zum Entwerfen von Bauteilen, es enthält auch einen Arbeitsbereich, um Bewegungen einer CNC-Fräse zu planen. Das Open-Source-Programm kann teure CAM-Software ersetzen.**

Von Pina Merkert

**D**ie Schneide aus gehärtetem Stahl beschleunigt auf 20.000 Umdrehungen pro Minute, die Z-Spindel setzt sich in Bewegung und drückt das wirbelnde Messer mit so viel Gewalt ins Metall, dass die Kristallstruktur des Aluminiums zerreißt. Die Späne brechen, wirbeln im Abluftstrom der Motorkühlung nach oben, geraten in einen Sog und verschwinden im Staubsauger.

CNC-Fräsen sind faszinierende Maschinen, weil sie enorme Kräfte entfalten

und dennoch präziser arbeiten als ein Mensch das könnte. Zudem sind sie mächtige Maschinen, da sich mit ihnen Teile fertigen lassen, die man manuell nicht hinbekäme.

In diesem Beispiel sind es Aluplatten, um einen 3D-Drucker zu versteifen, gefräst aus einem 5 Millimeter dicken Blech aus

AlMg4,5Mn (eine Aluminium-Knetlegierung) auf einer Fräse namens OX-CNC [1]. Genauso entstehen aber auch Teile aus Holz oder Kunststoff. Wer eine stabilere

Frisch aus  
**c't Nerdistan**

Fräse als die OX-CNC besitzt, kann mit FreeCAD sogar die Bearbeitung von Stahl programmieren.

Obwohl sie sich raffiniert bewegen, enthalten CNC-Fräsen erstaunlich dumme Computer. Sie arbeiten stupide Programme in der sehr einfachen Programmiersprache G-Code [2] ab. Beobachten und Nachregulieren wie ein Mensch das machen würde, kennen CNC-Fräsen nicht: Das Programm schreibt die zu fräsenden Bewegungen vor und die Maschine führt sie aus, egal wie sehr der Motor jault und die Maschine vibriert. Deswegen ist es die Aufgabe des Maschinenbedieners, ein G-Code-Programm so zu schreiben, dass die Maschine nicht überlastet wird und Maße und Reihenfolge aller Bewegungen korrekt festlegt.

FreeCAD kann ein solches G-Code-Programm mit Tausenden von einzelnen Befehlen automatisch erzeugen. Die dafür nötige „Path“-Workbench ist dabei. Die Bedienung ist ähnlich wie in kommerzieller CAM-Software, da aber einige Details anders funktionieren, zeigen wir den Workflow am Beispiel unserer Aluplatten vom Anordnen der Teile bis zum Export mit dem richtigen Postprozessor. Das Beispiel geht von einer mit GRBL- und cnc.js-gesteuerten OX-CNC aus. Die Formeln, um für Ihre eigene CNC-Fräse die richtigen Geschwindigkeiten zu wählen, finden Sie in [3].

## FreeCAD installieren

FreeCAD können Sie von [freecadweb.org](http://freecadweb.org) herunterladen. Linuxern empfehlen wir wie üblich die Installation über die Paketverwaltung der Distribution oder als Flatpak. Für Windows und macOS laden Sie die Installer von der Website herunter. Wir haben mit Version 0.19 gearbeitet.

Wie oft bei freier Software ist FreeCAD schon lange mit einer Versionsnummer unter 1 im Umlauf. Mehr zur Versionierung von Software lesen Sie auf Seite 128. FreeCAD kann zwar noch nicht alles, was die Entwickler für Version 1 vorgesehen haben, ist aber durchaus für den produktiven Einsatz auch in Unternehmen geeignet.

## Zeichnen oder importieren

Sie können alle Teile, die Sie fräsen wollen, direkt in FreeCAD entwerfen (wie das geht, erklärt [4]). Stattdessen können Sie aber auch STEP-Dateien importieren. Das heißt, Sie können für das Design auch jedes andere CAD-Programm benutzen.

Wir haben beispielsweise Onshape [5, 6] verwendet, weil wir dort die Original-Pläne des EVA-Hotends für besagten 3D-Drucker in den virtuellen Zusammenbau der Maschine einbinden konnten. Um STEP-Dateien zu importieren, legen Sie zunächst mit Datei/Neu ein Dokument an und laden dann mit Datei/Importieren die 3D-Entwürfe.

Als nächsten Schritt empfehlen wir, die Objekte direkt so auszurichten, dass sie zum Koordinatensystem der Maschine passen. Dabei müssen Sie sich überlegen, wie Sie den Nullpunkt festlegen möchten und wo das Rohmaterial mit welchen Spannwerkzeugen auf der Maschine befestigt wird.

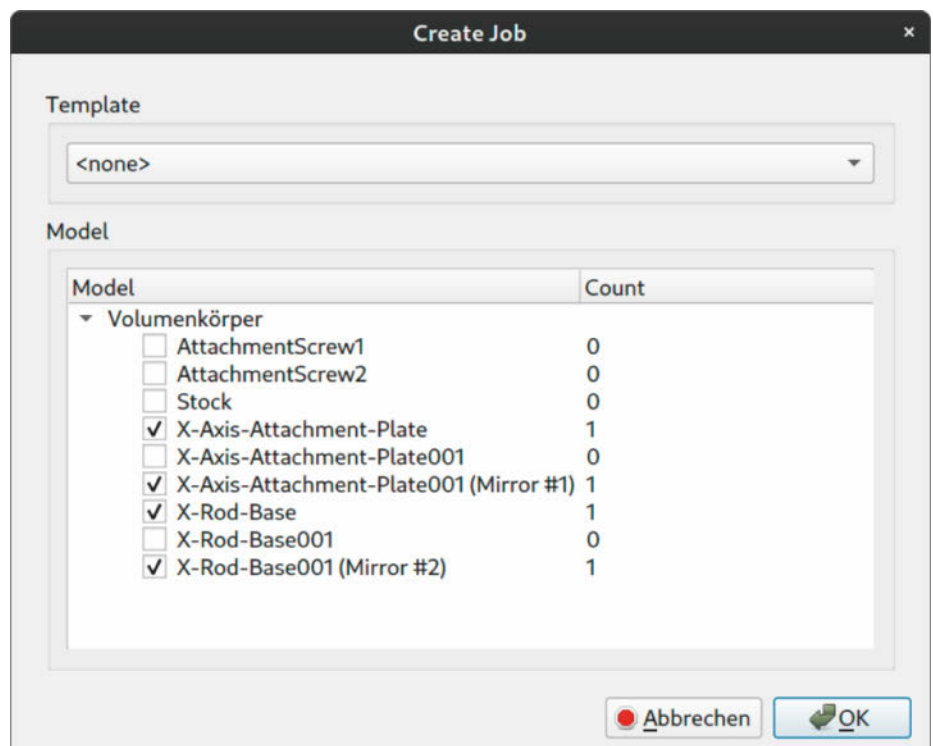
Als Rohmaterial diene uns ein quadratisches Blech mit 50 Zentimetern Seitenlänge. Unsere OX-CNC hat im Raster von 10 Zentimetern M5-Einschlagmuttern in der Opferplatte versenkt. Wir haben gute Erfahrungen damit gemacht, per Hand Löcher im Blech vorzubohren und das Blech mit M5-Schrauben in den Löchern zu fixieren. Sehr gut funktionieren auch direkt in die Opferplatte geschraubte Holzschrauben, da hier die Köpfe nicht stark über die Oberkante des Blechs herausstehen. Spannpratzen klemmen ebenfalls sehr gut, da sie aber höher sind, können sie mit der Z-Achse der Maschine

## c't kompakt

- G-Code-Programme mit Fräspfaden werden schnell zu lang, um sie per Hand zu schreiben.
- FreeCAD bietet ein durchdachtes grafisches Interface, um sie automatisch zu erzeugen.
- Sonst übernehmen teure CAM-Tools diese Aufgabe, die meist nicht unter Linux laufen. Das kostenlose FreeCAD funktioniert auf allen Desktop-Betriebssystemen.

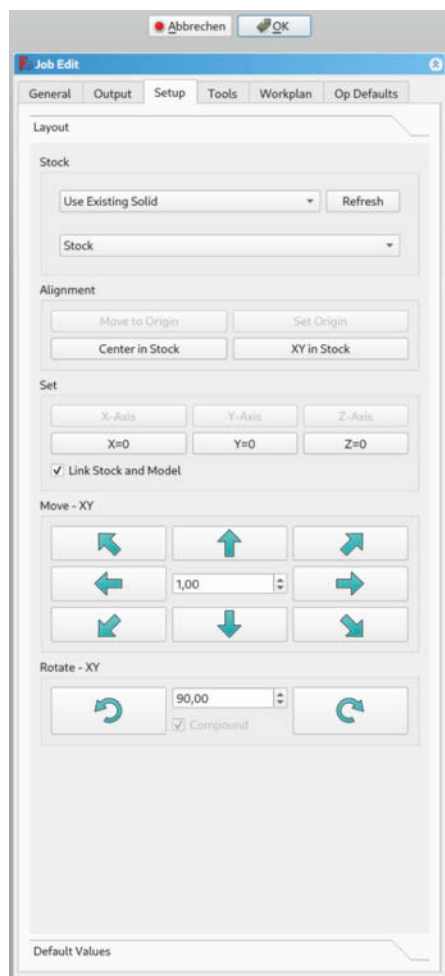
kollidieren. Anfänger machen häufig Fehler bei der Aufspannung, was zu gebrochenen Fräsern oder Schrittverlusten führen kann und stets auch das Rohmaterial ruiniert.

Um all das leichter durchdenken und planen zu können, wechseln Sie zunächst in die Part-Workbench. Diese bringt Werkzeuge mit, um sehr schnell Grundkörper wie Quader und Zylinder zu erstellen. In der linken Seitenleiste, dem „Combo View“ sehen Sie oben alle Objekte und unter der Unterteilung ihre Eigenschaften einschließlich der Position im Raum. Um



Der „Job“ sammelt die Fräsbahnen für die Bearbeitungsschritte. Beim Erstellen wählen Sie zuerst aus, welche Objekte er bearbeiten soll.





**Um die Fräsbahnen simulieren zu können, stellen Sie beim Job ein, wie das Rohmaterial aussieht. Im Beispiel haben wir dafür vorab einen Quader erstellt, den wir im Reiter „Setup“ auswählen konnten.**

unser Rohmaterial darzustellen, haben wir einfach einen Quader erstellt und seine Seitenlängen eingegeben. FreeCAD versteht Angaben mit Einheiten wie „5 mm“ oder „50 cm“.

Für die Positionierung müssen Sie entscheiden, wie Sie das Koordinatensystem für diesen Fräsauftrag ausrichten möchten. Meist ist es sinnvoll, den Nullpunkt auf der Oberseite des Materials zu positionieren, damit Sie diese vor dem Fräsen auf der Oberseite antasten können. Alle Bearbeitungsschritte finden dann mit negativen Z-Koordinaten statt. X und Y dürfen aber durchaus positiv sein, wofür Sie den Nullpunkt in der vorderen linken Ecke positionieren. Wir haben den Quader, der das unbearbeitete Blech darstellt daher so verschoben, dass seine vordere linke Ecke auf dem Nullpunkt liegt. Das Achsenkreuz am Nullpunkt blenden Sie

mit der Tastenkombination A+C ein (es reicht, die Tasten kurz hintereinander zu drücken), falls es nicht zu sehen ist.

## Puzzeln

Nun gilt es, alle zu fräsenden Teile so im Rohmaterial anzuordnen, dass wenig Verschnitt übrig bleibt, sich das Blech gut aufspannen lässt und die Teile genug Abstand haben, damit der Fräser dazwischen passt. Schalten Sie dafür das Rohmaterialobjekt zuerst mit Strg+D in den Gitternetzmodus. Danach haben Sie freie Sicht, um die Teile ins Rohmaterial zu puzzeln.

Wir haben die vor dem Fräsen gebohrten Befestigungslöcher für die Aufspannung mit 5 Millimeter großen Zylindern markiert. Für die Löcher erstellen wir keine Fräsbahnen, aber es hilft, beim Anordnen zu sehen, wo die Löcher sind. Falls Sie mit Pratzen spannen wollen, können Sie diese auch als komplexere Objekte in der Part-Workbench modellieren, um die Bewegungen gekonnt drumherum zu planen.

Um genug Abstand zu halten, müssen Sie wissen, welche Fräser Sie einsetzen. Wir haben unsere Pfade für einen einschneidigen Fräser mit 4 Millimetern Durchmesser geplant, da dieser mit einem Helix-Pfad schöne 5-Millimeter-Löcher fräsen kann. Profimaschinen, deren Spindel langsam genug für Spiralbohrer drehen kann, würden für Bohrungen einen Werkzeugwechsel vorsehen. Eine einfache CNC-Maschine mit weniger gut regelbarem Motor wie die OX macht auch mit einem kleineren Schaftfräser und einer Helix, aber mit genug Zeit ausreichend exakte Löcher.

Beim Anordnen der Bauteile gilt es zuletzt noch zu bedenken, wie sie sich verhalten, wenn sie komplett ausgefräst sind. Wenn sich Teile während der Bearbeitung lösen können, besteht die Gefahr, dass der Fräser sie erfasst und wegschleudert. Das beschädigt nicht nur das hergestellte Teil, sondern eventuell auch die Fräse und schlimmstenfalls ihren Besitzer. Üblicherweise umgeht man das Problem mit Haltestegen. Je mindestens drei Stege sollten das Bauteil mit einem festgespannten Teil

des Rohmaterials verbinden. Stellen Sie sich schon beim Anordnen vor, wo Sie später die Haltestege positionieren möchten.

## Pfade sammeln

Sobald alle Teile innerhalb des Rohmaterials positioniert sind, wechseln Sie zur Path Workbench. Dort erzeugen Sie einen „Job“, ein Objekt, das im Combo View auftaucht, die Operationen bündelt und Grundeinstellungen für alle Bearbeitungsschritte speichert. Beim Erstellen wählen Sie zunächst die zu fräsenden Objekte, nicht aber Hilfskörper wie Pratzen oder Zylinder, die Löcher markieren.

Danach öffnen sich sofort die Einstellungen mit mehreren Reitern. Im ersten können Sie einen Namen und eine Beschreibung vergeben. Im zweiten stellen Sie den Postprozessor ein, also welchen G-Code-Dialekt FreeCAD exportiert. Für die OX-CNC mussten wir dort von „centroid“ auf „grbl“ umstellen.

Im Reiter „Setup“ stellen Sie das Rohmaterial ein. Standardmäßig geht FreeCAD von einem Quader aus, der in alle Richtungen ein Millimeter größer als die Objekte ist. Wenn Sie im Drop-Down-Menü „Use existing Solid“ auswählen, erscheint darunter ein weiteres Drop-Down-Menü, in dem Sie den Quader auswählen können.

Unter „Tools“ wählen Sie den Fräser aus. Mit der Tastenkombination P+T öffnen Sie eine Seitenleiste mit Ihrer Werkzeugbibliothek. Mit einem Klick auf den Button mit drei Fräsern öffnet sich ein Fenster, in dem Sie die Bibliothek bearbeiten können. Für die Form der Fräser bringt FreeCAD Beispielgeometrien für die üblichen Formen wie Schaftfräser (EndMill) oder Fasenfräser (Chamfer) mit. Die Formen sind parametrisierte FreeCAD-Dateien im Verzeichnis /usr/share/freecad/Mod/Path/Tools/Shape. Sie können also eigene Formen hinzufügen, wenn Ihnen die neun mitgelieferten Formen nicht reichen. Für unser Beispiel haben wir einen Schaftfräser mit 4 Millimetern Durchmesser und einer Länge von 20 Millimetern erstellt und in den Job eingefügt. Für eine

**Den Vorschub stellen Sie beim Werkzeug ein. Dabei sollten Sie die Einheit mit angeben, beispielsweise „200 mm/min“.**

Tools				
Name	#	mm/s	mm/s	Spindle
4mm_1Flute_Endmill001	1	6.66667	2.91667	+0

bessere Übersicht haben wir das „Default Tool“ gelöscht.

Wichtig ist, dass Sie danach sinnvolle Vorschubgeschwindigkeiten für horizontale Bewegungen und fürs Eintauchen einstellen. FreeCAD rechnet intern mit Millimetern pro Sekunde. Sie können aber die Einheit mit eingeben, sodass Sie die in GRBL üblichen Millimeter pro Minute nicht per Hand umrechnen müssen. FreeCAD speichert die Eingabe als Formel genauso, wie Sie sie eingeben, zeigt aber nach der Bearbeitung den umgerechneten Wert an.

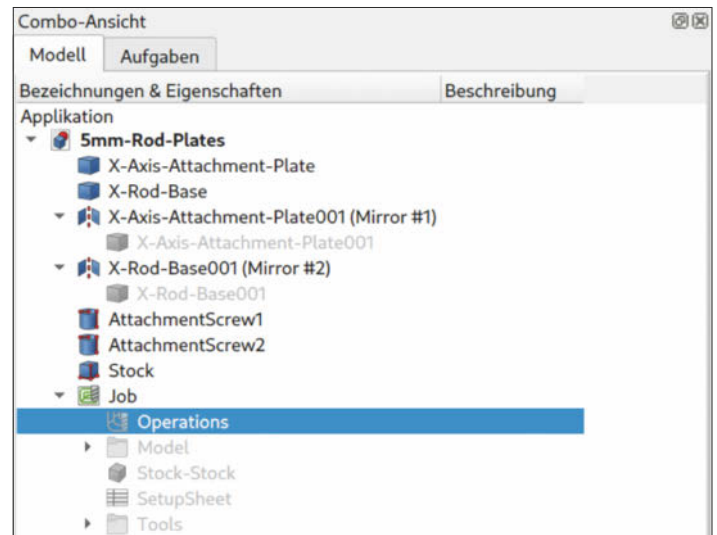
Die beiden letzten Reiter brauchen Sie vorerst noch nicht. Sie kommen jederzeit mit einem Doppelklick auf den Job im Combo View zu den Reitern zurück. Wenn Sie beispielsweise später die Reihenfolge der Bearbeitungsschritte ändern möchten, geht das im Reiter „Workplan“, der bei der Erstellung aber noch leer ist.

## Taschen fräsen

Nun sammeln Sie im Job Bearbeitungsschritte. Im Beispiel besteht der erste Schritt daraus, mehrere Taschen auszufräsen. Mit einer „Tasche“ bezeichnen Maschinenschlosser ein Loch oder eine Vertiefung. Die Form des Teils gibt im Beispiel kreisrunde Löcher vor, da sie aber gefräst und nicht gebohrt werden, dürfen Taschen durchaus auch eckig sein. Lediglich in den Ecken ergeben sich zwangsläufig Rundungen mit dem Radius des Fräasers.

Jeder Bearbeitungsschritt bezieht sich auf eine „Basisgeometrie“. Bei den Taschen wählen Sie dafür die Innenwände aus. Gehören die ausgewählten Flächen zu mehr als einem Loch, erzeugt FreeCAD

**Im Job sammeln sich unter „Operations“ die einzelnen Bearbeitungsschritte. Die Reihenfolge können Sie auch im Nachhinein noch mit dem Reiter „Workplan“ in den Job-Einstellungen ändern.**



automatisch Pfade für jede Tasche. Sie müssen aber alle gleich tief sein. Würde das Objekt weitere, nicht ganz durchgehende Vertiefungen vorgeben, müssten Sie dafür weitere Taschen-Operationen erzeugen.

Gehen Sie für alle Bearbeitungen die vertikalen Reiter der Reihe nach durch. Der nächste Schritt sind die „Tiefen“. Hier stellen Sie ein, wo die Fräsarbeit beginnt, in welcher Tiefe sie endet und wie viel Material der Fräser in jedem Durchgang maximal entfernen darf. Um nicht zu hart ins Material zu stoßen, empfiehlt es sich, ein kleines Stück über der Oberkante zu beginnen und unter der Unterkante zu enden, damit am Boden kein Steg übrig bleibt. Die Fräse wird dann einfach ein bisschen in die Opferplatte hineinfläsen. Dafür ist diese ja da. Die Standardeinstellung für die Tiefenschritte (einmal Fräserdurchmesser) ist für die OX-CNC viel zu

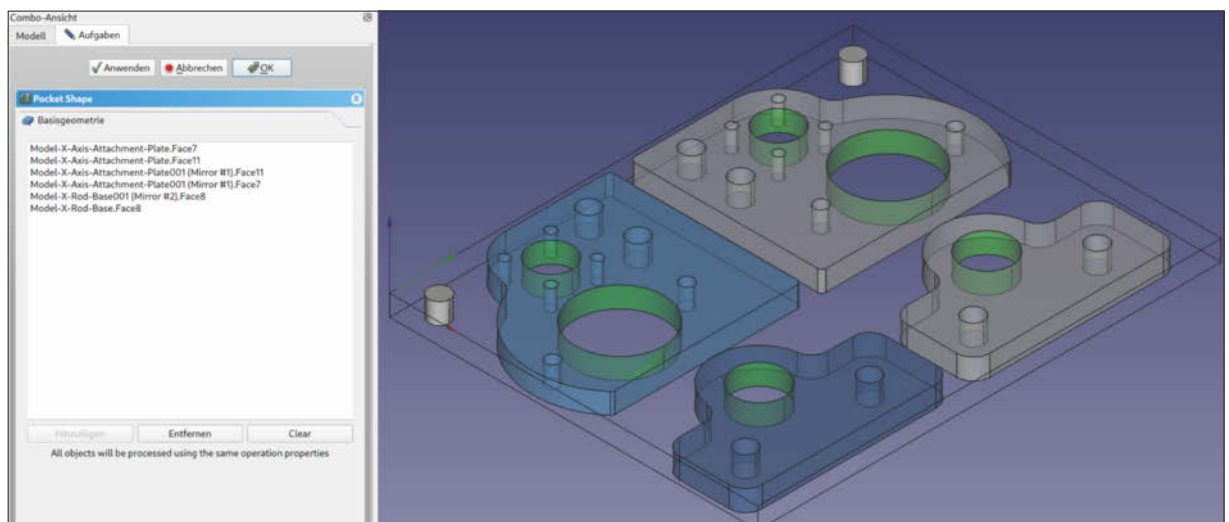
groß. Wir haben mit 0,5 Millimetern in Alu gute Erfahrungen gemacht.

Bei den „Höhen“ können Sie die Standardeinstellungen oft stehen lassen. Stellen Sie genug Abstand ein, damit der Fräser beim Verfahren zum Startpunkt und zwischen den Taschen nicht mit Spannschrauben oder Pratzen kollidieren kann. Der Abstand darf aber auch nicht größer sein als die Verfahrenswerte der Z-Achse.

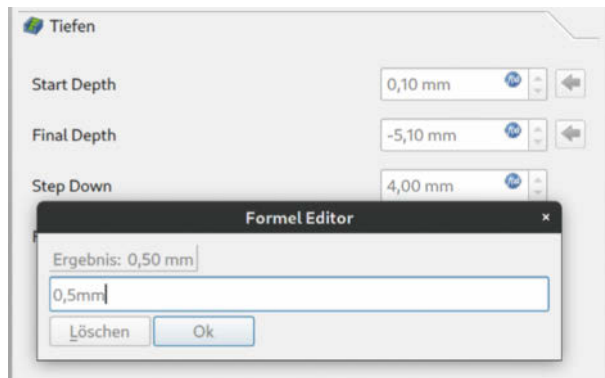
Bei „Operation“ sollten Sie stets prüfen, dass beim „Tool Controller“ der richtige Fräser ausgewählt ist. Der „Cut Mode“ stellt Gleichlauf- („Climb“) und Gegenlauf- („Conventional“) ein. CNC-Fräsen haben meist kein Spindelspiel und produzieren beim Gleichlauf- fräsen bessere Oberflächen. Wir haben in einem YouTube-Video erklärt, warum das so ist (siehe [ct.de/yjxg](https://www.youtube.com/watch?v=yjxg)).

Das „Pattern“ legt das Muster fest, mit dem der Fräser Material im Inneren der

**Jede Bearbeitung beginnt damit, dass Sie die Geometrie auswählen, auf die sie sich bezieht.**







**Stellen Sie bei den Tiefenschritten unbedingt einen für Ihre Maschine zumutbaren Wert ein. Für die OX-CNC sind in Alu 0,5 Millimeter realistisch.**

Tasche entfernt. „ZigZag“ ist Standard, wir haben uns im Beispiel für „Spiral“ entschieden. Bei „Step Over Percent“ sollten Sie im Normalfall 50 einstellen, damit die Schneiden des Fräasers möglichst im 90°-Winkel ins Material eintauchen. Mehr spart Zeit, belastet aber die Maschine und den Fräser stärker; mit weniger entlasten Sie die Maschine. Meist ist es sinnvoller, die Tiefschritte an die Belastbarkeit der Maschine anzupassen, statt einen ungünstigen Eintauchwinkel des Fräasers zu riskieren.

Taschen bearbeiten immer die Innenseite der Basisgeometrie. Bei Konturoperationen können Sie auswählen, ob der Fräser ihr innen oder außen folgen soll. Mit dem Anwenden-Button sehen Sie eine Vorschau der Pfade als grüne Linien in der 3D-Ansicht. Die Vorschau hilft, keine Fehler bei der Bearbeitungsseite und beim Muster zu machen.

## Mit Dressups modifizieren

Die Konturoperation stellen Sie im Prinzip genauso ein wie die Tasche. Sie arbeitet mit Kanten statt Flächen als Basisgeometrie, weshalb Sie nach dem Auswählen der unteren Umrisskanten unbedingt die korrekte Starthöhe prüfen müssen. Der Rest der Einstellungen ist gleich oder sogar einfacher. Nach dem Klick auf OK entsteht ein Pfad, der die Teile aus dem Blech schneidet.

Ein solcher Pfad wäre jedoch gefährlich, da den frisch geschnittenen Aluteilen jede Verbindung zur Aufspannung fehlen würde. Abhilfe schaffen Haltestege, die Sie in der Konturoperation aber nicht einstellen können. FreeCAD löst das stattdessen mit einem „Dressup“. Ein Dressup modifiziert einen bereits berechneten Pfad. Die verfügbaren Modifikatoren finden Sie im Menü unter Pfad/Pfad Dressups. Wählen Sie also zuerst die Konturoperation im Combo View aus und fügen sie dann über das Menü ein Haltesteg-Dressup ein. In

der Seitenleiste können Sie nun die Stegflanken einstellen: Breite (10 mm reichen), Höhe (1,5 mm ist noch gut zu entfernen) und Steigungswinkel (45° passt). Darunter finden Sie eine Liste der Stegpositionen, einschließlich eines Buttons zum Hinzufügen. FreeCAD zeigt die Positionen als grüne Kugeln in der 3D-Ansicht an. Eine neue Stegposition können Sie mit einem Klick auf eine Stelle der grünen Pfadlinie in der 3D-Ansicht festlegen, mit dem Editieren-Button können Sie bestehende Stegpositionen auf gleiche Art umsetzen.

Ein Klick auf „Anwenden“ macht die Stege sichtbar, da sich die grünen Pfadlinien an den Stegpositionen anheben. Unserer Erfahrung nach klappt das meistens ziemlich gut. Hin und wieder konnte FreeCAD unsere gewünschten Stege aber nicht erzeugen. Prüfen Sie also für alle Stegpositionen, ob FreeCAD sie tatsächlich umgesetzt hat.

Dressups lassen sich auch aufeinander anwenden. Sobald die Haltestege platziert sind, können Sie daher problemlos

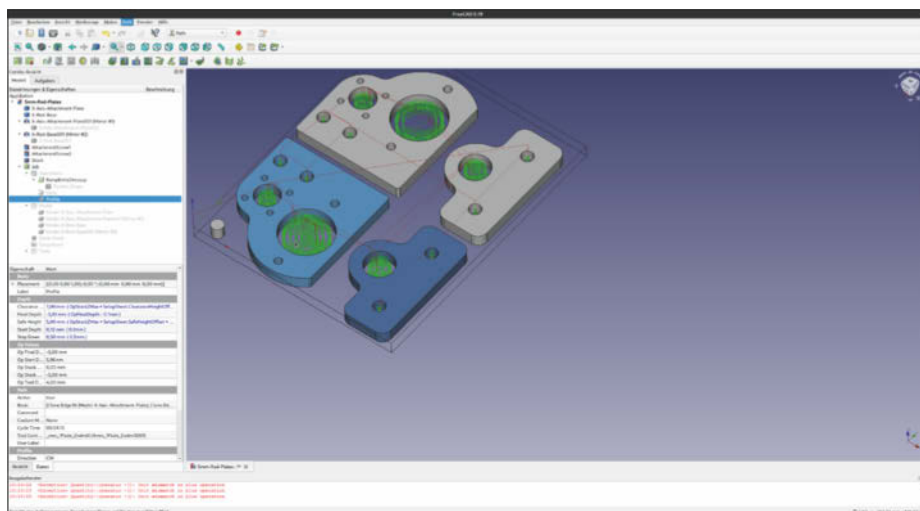
noch ein Eintauchwinkel-Dressup hinzufügen, damit der Fräser mit einer Rampe statt senkrecht ins Material fährt.

## Simulation

Die Fräspfade benutzen zwar Flächen und Kanten aus dem CAD-Design als Referenz, stellen aber nicht automatisch sicher, dass das ausgefräste Teil auch aussieht wie das virtuelle Objekt. Um zu prüfen, was die Pfade produzieren, integriert FreeCAD eine voxelbasierte Simulation der Bearbeitung. Sie nutzt ein Raster aus Würfeln im Raum (Voxel), weshalb das virtuell gefräste Objekt ein wenig wie Minecraft aussieht. Um abzuschätzen, was die Fräse machen wird, ist die Simulation aber genau genug.

Eine neue Simulation erzeugen Sie mit der Tastenkombination P+M. Sie läuft schneller als in Echtzeit, braucht aber dennoch mehrere Minuten, um alle Bewegungen nachzuvollziehen. Sie starten sie mit dem Play-Knopf und können zuschauen, während sie läuft. Dabei sehen Sie, wo der Fräser entlangläuft und ob irgendwo Material stehen bleibt, das weggeschleudert werden könnte. Nehmen Sie sich dabei auch einen Moment Zeit, um voranzusehen, ob eine der Bewegungen zu einer Kollision mit der Aufspannung führen könnte. Wir erwähnen das so oft, weil die meisten unserer Fehler mit der CNC-Fräse solche ärgerlichen und vermeidbaren Kollisionen waren.

Für den Export von G-Code ist die Simulation nicht notwendig, weshalb Sie sie löschen können, wenn Sie das Voxel-Objekt in der 3D-Ansicht stört.



**Die Pfade für Taschen entfernen auch das Material im Inneren. In der Vorschau erkennen Sie das an den grünen Linien im Abstand des halben Fräserdurchmessers.**

# Besserer Code, effizientere Entwicklung

Software-  
entwicklung

Jetzt Ticket  
sichern



Mit unseren Workshops und Konferenzen erweitern Sie Ihren Horizont und verbessern Ihre Entwickler-Skills.

## Unser Angebot

**Continuous Lifecycle  
& ContainerConf**

17. – 18. November 2021

KONFERENZ

**Reactive Streams  
Programmierung mit  
RxJava**

18. – 19. November 2021

WORKSHOP

**betterCode ( ) .NET 6**

23. November 2021

KONFERENZ

**Mobile Apps  
mit Flutter**

23. – 24. November 2021

WORKSHOP

**betterCode ( ) PHP**

25. November 2021

KONFERENZ

**betterCode ( ) API**

01. Dezember 2021

KONFERENZ

Mehr Informationen:

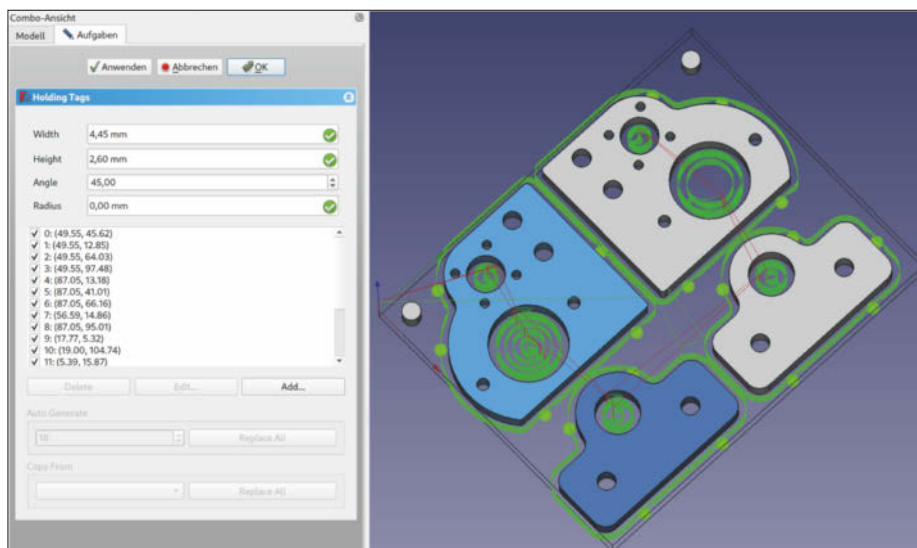
[heise-academy.de/softwareentwicklung](https://heise-academy.de/softwareentwicklung)

## Export

Erst beim Export passt FreeCAD Vorschübe und Koordinaten im G-Code an den Dialekt der Maschine an. Achten Sie deshalb beim Exportieren (Tastenkombination zweimal P) darauf, dass im Job der richtige Postprozessor ausgewählt ist. FreeCAD zeigt nach dem Auswählen des Dateinamens ein Fenster mit dem kompletten G-Code-Programm an. Für GRBL sollten dort hinter den F-Befehlen dreistellige Vorschübe stehen, was zeigt, dass die Umrechnung auf Millimeter pro Minute geklappt hat. Wenn die Vorschau gut aussieht, bestätigen Sie sie mit OK.

Auf unserer OX-CNC laden wir danach diese Datei in cnc.js und prüfen in der dortigen Vorschau, ob die Fräsbahnen von der Größe und von der Lage des Nullpunkts zum aufgespannten Material passen. Danach starten wir den Motor, fahren den Nullpunkt an und aktivieren die Absaugung. Nach einem Druck auf den Play-Button in cnc.js läuft dann alles automatisch, während die Fräse dem G-Code-Programm folgt.

Unserer Erfahrung nach muss man sich an die richtigen Einstellungen mit verschiedenen Projekten herantasten. Für die optimalen Vorschubgeschwindigkeiten und Tiefschritte lohnt es sich, mit jeder



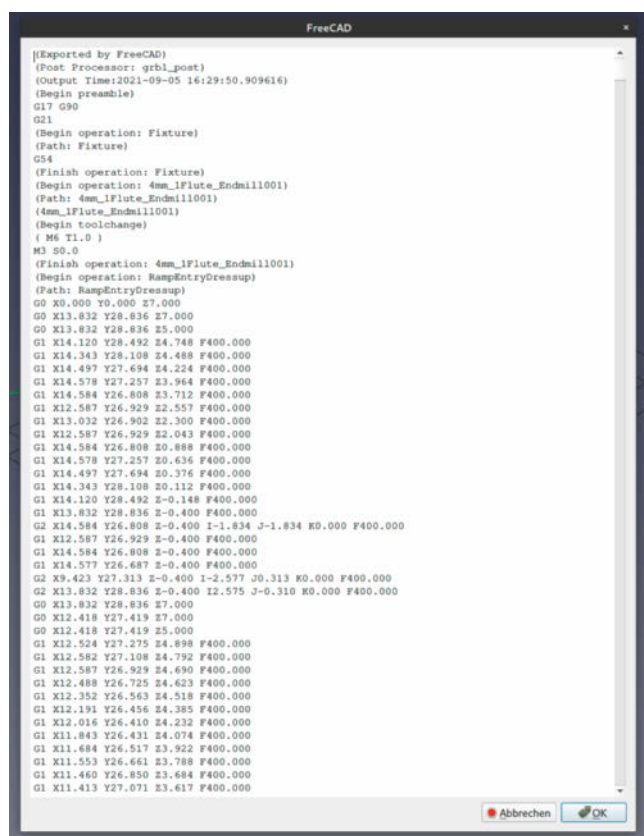
**Das Haltesteg-Dressup fügt Stege an den mit grünen Kugeln markierten Stellen ein. Das klappt leider nicht immer, weshalb Sie prüfen sollten, ob die erzeugten Pfade tatsächlich Stege freilassen.**

Fräser-Material-Kombination eine kleine Test-Fräsung zu machen. Welche Pfade beim Spantransport Probleme machen und wann die Maschine in Schwingung gerät, finden Sie bei den ersten Projekten heraus. Oft liefert die CNC auch mit suboptimalen Pfaden ein verwendbares Teil und jeder neue Versuch zeigt Wege, den

G-Code für das nächste Teil noch ein bisschen zu optimieren.

FreeCAD macht als CAM-Tool für die heimische CNC eine gute Figur. Unter Linux gibt es wenig Alternativen. Die Pfadoperationen für übliche Konstruktionsteile funktionieren gut und der Workflow ist ähnlich schnell wie beispielsweise in Fusion360. Pfade für Gravuren und künstlerische Objekte lassen sich mit FreeCAD aber nicht oder nur mit großer Mühe erzeugen. Außerdem scheitert das Programm hin und wieder beim Erzeugen von Haltestegen. Hier könnte aber jede neue Version Abhilfe schaffen, da FreeCAD seit vielen Jahren konsequent verbessert wird. Für Holz- und Metallprojekte auf der OX-CNC ist FreeCAD unser bevorzugtes CAM-Tool.

(pmk@ct.de) 



**Beim Export zeigt FreeCAD den erzeugten G-Code an. Am Code erkennen Sie, ob der richtige Postprozessor ausgewählt war.**

## Literatur

- [1] Pina Merkert, Stark wie eine OX, Stabile Portalfräse OX-CNC selbst bauen, c't 7/2021, S. 142
- [2] Pina Merkert, Bewegungsprogramm, G-Code verstehen, programmieren und mit Python generieren, c't 25/2017, S. 174
- [3] Christoph Schmith, Feeds & Speeds, Optimale Parameter für die eigene CNC-Fräse finden, c't 8/2021, S. 118
- [4] Christoph Schmith, CAD-Content, 3D-Konstruktion mit FreeCAD, c't 13/2018, S. 140
- [5] Pina Merkert, Browser Aided Design, Einstieg in Onshape: 3D-Designs im Browser, c't 24/2020, S. 150
- [6] Pina Merkert, 3D-Modell selbst gezüchtet, Ersatzteile konstruieren mit Onshape, c't 4/2021, S. 146

**Erklärvideo: Gleichlauf- und Gegenlauffräsen:** [ct.de/yjxg](https://www.ct.de/yjxg)





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



[ct.de/angebot](https://ct.de/angebot)

**Jetzt gleich bestellen:**

 [ct.de/angebot](https://ct.de/angebot)

 +49 541/80 009 120

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





# Totgespielt

## Far Cry 6: Keine Revolution

**Trotz großem Produktionsaufwand gelingt Ubisoft mit dem Blockbuster Far Cry 6 nur ein zynisches Gewaltspektakel, das das politisch brisante Thema einer Revolution zur Nebensache degradiert.**

Von Andreas Müller

**A**lles ist wie gehabt im neuen Far Cry 6: blutige Machetenkills in Großaufnahme, zynische Sprüche und brutale Hahnenkämpfe. Ubisoft befüttert damit weiter das Narrativ vom gewaltstrotzenden Videospiel. Von einer solchen Multimillionen-Dollar-Produktion hätte man mehr erwarten dürfen.

### Blutiges Action-Spektakel

Far Cry 6 spielt auf der fiktiven tropischen Insel Yara und erzählt eine Geschichte über Unterdrückung und Revolution. Doch während andere Hersteller mit Mut, Kreativität und enormem Produktionsaufwand bedrückende Schuld- und Sühne-Dramen wie The Last of Us 2 oder gesellschafts-

kritische Open-World-Abenteuer wie Red Dead Redemption 2 auf den Markt brachten, bleibt Far Cry 6 mit seinem Blockbuster einer einfachen Formel treu: Held oder Heldin rettet eine Insel vor einem Diktator und bringt dabei möglichst viele Menschen um. Zwischentöne oder wenigstens der Versuch, Themen wie Massenmord und Faschismus oder sonstigem Missbrauch gerecht zu werden, gehen im Getöse unter.

Seit Far Cry 2 hat sich am Spielprinzip der Reihe kaum etwas verändert: In der Egoperspektive rennt man durch eine exotische Landschaft, nimmt feindliche Basen ein oder liefert sich schnelle, bildgewaltige Verfolgungsjagden. Genug zu tun gibt es immer: Wie bei fast jedem großen Open-World-Abenteuer der letzten Jahre sind zahlreiche Missionen zu erfüllen, die quer über die Insel führen. Mit der Zeit wird das Waffenarsenal größer und ein paar Rollenspielelemente peppen das Gemenge aus Geballer und Gemeuchel auf. Im aktuellen Teil trägt man außer vielen Knarren einen Rucksack, der Lenk raketen verschießt, EMP-Störsignale sendet und Heilkräfte hat. Wer will, kann einen Alligator als Helfer rekrutieren und mit anderen ins Koop-Abenteuer ziehen. Spielerisch ist das nicht sonderlich anspruchsvoll, da die Gegner meist durch

Masse statt Klasse auffallen. Geheilt wird mit einer dicken Zigarre, die man sich auf die Wunde drückt oder indem man eine Kugel mit einer Zange aus dem Fleisch zieht.

### Effektspektakel

Die zahlreichen Kämpfe und Explosionen sehen besonders auf hochgezüchteten PCs und der aktuellen Konsolengeneration hervorragend aus. Wenn man durch hohes Gras schleicht, sich wild über eine Ölplattform ballert oder mit den Schergen des Diktators eine erbitterte Schlacht um einen Hafen liefert, ist das Spiel in seinem Element. Hierbei versammelt das Entwicklerstudio das Beste der vergangenen Teile zu einem beeindruckenden Effektspektakel, das man so in diesem Jahr bestenfalls noch beim kommenden Call of Duty sehen wird.

Viel Produktionsaufwand scheint in die technische Umsetzung geflossen zu sein. Doch mag es noch so knallen – inhaltlich hat Far Cry 6 wenig zu sagen. Nach eigenen Angaben fühlten sich die Macher von realen Revolutionen wie in Kuba inspiriert, doch von politischer Brisanz ist wenig zu spüren. Stattdessen stürzen sich hippe junge Adrenalinjunkies in ein blutiges Abenteuer, für das sie oft nur vermeintlich coole Sprüche übrig haben. Nur ganz selten, wenn etwa der Sohn des Diktators mit den abscheulichen Untaten seines Vaters konfrontiert wird, ist das nagende Gewissen in ihm zu spüren. Der Rest ist eine Ego-Shooter-Sause, die man so schon sehr oft gesehen und gespielt hat.

### Fazit

Far Cry 6 ist das von der Reihe gewohnte Actionsspektakel: zynisch, laut und blutig. Das eigentlich spannende Thema der Revolution eines Inselstaats dient nur als Tapete für einen brutalen Ego-Shooter mit endlosen Schießereien, bei dem man vergeblich nach neuen Ideen sucht. Das wird schnell zu einem mühsamen Abklappern der immer gleichen Missionen in einem allseits bekannten Inselszenario. Immerhin sieht es beeindruckend aus.

(lmd@ct.de) **ct**

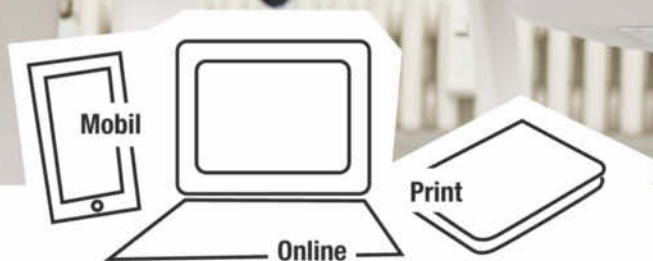
### Far Cry 6

Action-Shooter	
Vertrieb	Ubisoft, <a href="https://www.ubisoft.com/de-de/game/far-cry/far-cry-6">ubisoft.com/de-de/game/far-cry/far-cry-6</a>
Systeme	Windows, Playstation 4/5, Xbox One/Series, Google Stadia
USK	ab 18 Jahre
Preis	70 €

# Mit uns sparen Sie Zeit & Nerven

Wir kümmern uns um Ihr erfolgreiches  
regionales Marketing. Und Sie gewinnen  
Zeit – für was auch immer.

Mobil, Online oder Print –  
wir übernehmen das für Sie.



Erfolgreiches  
Marketing  
vor Ort.





# Auseinandergenommen

## EuGH erlaubt das Dekompilieren von Software zur Fehlerbeseitigung

**Das strenge deutsche Urheberrecht gestattet nur sehr eingeschränkt Eingriffe in den Quellcode von Software, wenn der Urheber diese nicht erlaubt. Der Europäische Gerichtshof (EuGH) hat nun klargestellt, wann und wie Nutzer bei Programmfehlern selbst Hand anlegen dürfen.**

Von Joerg Heidrich

Computerprogramme sind urheberrechtlich geschützt. Voraussetzung: Es muss sich dabei um individuelle geistige Schöpfungen handeln. Der Schutz von Software orientiert sich im Bereich der Europäischen Union an der EU-Richtlinie 2009/24/EG „über den Rechtsschutz von Computerprogrammen“; im deutschen Urheberrechtsgesetz (UrhG) regeln ihn die Paragraphen 69a bis g. Der gewährte Schutz bezieht sich auf alle Ausdrucksformen eines Computerprogramms. Er erstreckt sich sowohl auf den Objektcode als auch auf den Quellcode, einschließlich dessen,

was das Gesetz „Entwurfsmaterial“ nennt. Das können beispielsweise Ablaufpläne oder UI-Skizzen sein. Nicht erfasst sind dagegen reine Ideen und Grundsätze, die einer Software oder auch einer Schnittstelle zugrunde liegen.

Die Frage, unter welchen Voraussetzungen Nutzer in Software eingreifen und diese verändern dürfen, gehört zu denjenigen, um die im europäischen Gesetzgebungsprozess besonders heiß gestritten worden ist. Um in den Quellcode eines nicht quelloffenen Programms einzugreifen, ist es erforderlich, dieses zu disassemblieren oder zu dekompile. Aus urheberrechtlicher Sicht bedeutet das bereits eine Bearbeitung von geschützten Inhalten. Grundsätzlich steht das Recht dazu nur dem Urheber zu – oder demjenigen, dem er es ausdrücklich gestattet. Wer aber ein Programm kauft oder mietet, um es zu nutzen, erwirbt dieses Recht normalerweise nicht. Im klassischen Softwaregeschäft stehen schon die Geheimhaltungsinteressen der Hersteller einer Freigabe des Dekompilierens entgegen. Lizenzen für freie und quelloffene Software, die Bearbeitung und Weiterentwicklung des Quellcodes erlauben, bilden in dieser Hinsicht die große Ausnahme.

### Exklusive Rechte

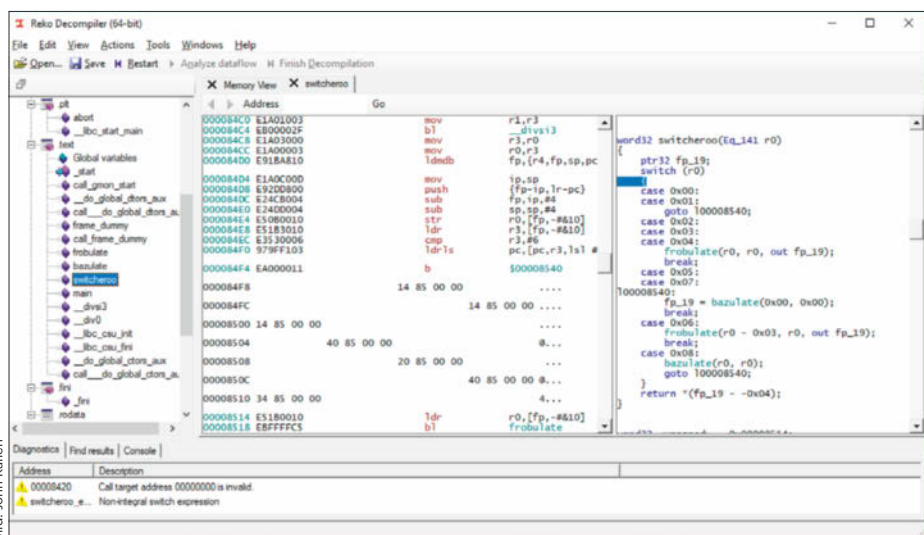
§ 69c UrhG regelt die Befugnisse, die von Haus aus allein dem Rechteinhaber zustehen. Dazu gehört etwa „die dauerhafte oder vorübergehende Vervielfältigung“ eines Computerprogramms, und zwar „mit jedem Mittel und in jeder Form“. Auch fürs Laden, Anzeigen, Ablaufenlassen, Übertragen und Speichern von Software braucht man die Zustimmung des Rechteinhabers – wenn dabei eine Vervielfältigung nötig ist. Ebenso geschützt sind die Rechte auf Übersetzung, Bearbeitung, Arrangement und anderweitige Umarbeitungen eines Computerprogramms. Ein rechtmäßiger Nutzer darf allerdings grundsätzlich auch ohne ausdrückliche Erlaubnis eine Sicherungskopie anfertigen, wenn das „für die Sicherung künftiger Benutzung erforderlich ist“.

Unter diesen Gesichtspunkten ist es nicht ohne Weiteres erlaubt, Software zu dekompile. Das gilt auch für denjenigen, der eine ordnungsgemäße Nutzungslizenz hat. Allerdings erlaubt § 69e UrhG unter sehr starken Einschränkungen ausnahmsweise einen solchen Eingriff. Diese Vorschrift schafft einen Kompromiss zwischen dem Interesse des Softwareherstellers, sein Programm-Know-how geheim zu halten, und den Nutzerinteressen. Allerdings ist dieser Kompromiss in der Praxis nur sehr eingeschränkt nützlich.

### Enges Bedingungskorsett

Laut Gesetz ist die Übersetzung der Codeform ohne Urhebererlaubnis nur zu einem eng begrenzten Zweck statthaft – nämlich „um die erforderlichen Informationen zur Herstellung der Interoperabilität eines unabhängig geschaffenen Computerprogramms mit anderen Programmen zu erhalten“. Der Nutzer darf sich dabei lediglich diejenigen Programmteile vornehmen, die als Schnittstellen relevant sind.

Das Auseinanderpflücken von Objektcode kann zudem nur dann gerechtfertigt sein, wenn die zur Anpassung nötigen Informationen nicht mit einfacheren Mitteln zu gewinnen sind. So bietet etwa Open-Source-Software, bei der Schnittstellen-



**Der quelloffene Reko-Decompiler arbeitet auf .NET-Basis. Er dient dazu, binären Objektcode zu analysieren und in verschiedene Hochsprachen rückzuführen.**

informationen ohne Weiteres zugänglich sind, keine Notwendigkeit des Dekompilierens – dann ist eine solche Maßnahme auch rechtlich nicht statthaft. Durch diese Regel will der Gesetzgeber Anreize zur freiwilligen Offenlegung von Schnittstelleninformationen schaffen. Dabei gilt es sogar als zumutbar, dass sich der Interessent zunächst an den Hersteller wendet und diesen bittet, ihm das Benötigte mitzuteilen. Wenn der Hersteller dieser Bitte nachkommt, entfällt für den Nutzer die Möglichkeit, sich selbst durch Dekompilierung ein eigenes Bild zu verschaffen.

Zu all dem kommt noch, dass die durchs notwendige Dekompilieren gewonnenen Erkenntnisse nur sehr eingeschränkt verwendet werden dürfen. Ohne Urhebererlaubnis sind etwa die Weitergabe an Dritte und die Verwendung für eigene Softwareprojekte „mit im Wesentlichen ähnlicher Ausdrucksform“ verboten.

## Gerichte sagen Nein

Angesichts dieser sehr rigiden Gesetzeslage wundert es wenig, dass auch die bisher zu diesem Thema ergangenen Gerichtsurteile sehr restriktiv ausgefallen sind. So hat etwa das Oberlandesgericht (OLG) Frankfurt am Main 2015 einem Softwarenutzer das Recht abgesprochen, eine Software aus Datenschutzgründen zu dekompiieren [1]. In dem Verfahren hatte sich der Beklagte darauf berufen, eine solche Maßnahme sei nötig und berechtigt, um einen Trackingcode für Google Analytics aus der von ihm genutzten Software zu entfernen. Das sahen die Richter anders.

Einen anderen Fall hatte bereits 2012 das OLG Hamburg in derselben Richtung entschieden [2]. Dabei stellten die Richter fest, dass selbst solche Veränderungen am Programmcode, die nur im Arbeitsspeicher stattfinden, Urheberrechte verletzen können. Dabei ging es um den Einsatz einer Cheat-Software, die man auf einem Speicherstick für eine Playstation Portable installierte und die dann Spielprogramme im Arbeitsspeicher des Geräts manipulieren konnte. Den Richtern zufolge sei die Dekompilierungs-Ausnahmeregelung nach §69e UrhG dafür nicht anwendbar, da die Cheat-Software keine eigene Funktionalität losgelöst von dem Programm aufweise, in das sie eingreift.

## Hilfreiches aus Luxemburg

Ausgehend von einem Fall aus Belgien hat der Europäische Gerichtshof (EuGH) diese Art der sehr rigiden Urheberrechts-

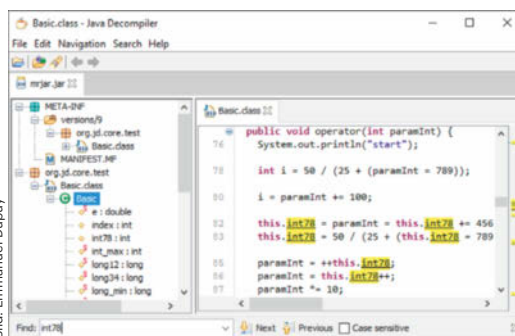


Bild: Emmanuel Dupuy

auslegung nun zumindest etwas aufgeweicht [3]. Das höchste europäische Zivilgericht hat seinen Sitz in Luxemburg. Es entschied Anfang Oktober 2021, dass ein rechtmäßiger Erwerber von Software diese grundsätzlich zur Fehlerbeseitigung dekompiieren darf. Wenn Fehler die Funktion der Software beeinträchtigen, sind Korrekturen erlaubt. Damit beendete das Gericht einen Rechtsstreit, der bereits länger als ein Jahrzehnt lief.

Die Klägerin in dem Verfahren ist Top System, eine Gesellschaft belgischen Rechts, die Computerprogramme entwickelt und IT-Dienstleistungen erbringt. Top System hatte vor dem Handelsgericht Brüssel bereits am 6. Juli 2009 Selor und den belgischen Staat verklagt. Selor ist ein für die Auswahl von Verwaltungsmitarbeitern zuständiges öffentliches Organ. Im Auftrag von Selor hatte der Softwareanbieter mehrere Anwendungen entwickelt. Diese enthielten zum einen Funktionen aus der Top-System-Basissoftware, zum anderen solche, die auf die spezifischen Bedürfnisse der Verwaltung zugeschnitten waren. Im Jahr 2008 traten verschiedene Funktionsprobleme auf, die sich nicht einvernehmlich lösen ließen. Bei Selor sah man keine andere Möglichkeit mehr, als den Softwarefehlern auf eigene Faust zu Leibe zu rücken.

Top System wollte durch die Klage gerichtlich festhalten lassen, dass beim Dekompilieren die Urheberrechte des Unternehmens verletzt worden seien. Außerdem forderte der Softwareanbieter Schadenersatz – zum einen wegen der Dekompilierung, zum anderen, weil eine Kopie des Software-Quellcodes angefertigt worden sei.

## Beheben von Fehlern erlaubt

Selor räumte ein, einen Teil der Software dekompiert zu haben, um eine fehlerhafte Funktion darin zu deaktivieren. Das sei auch gerechtfertigt gewesen, denn Entwicklerfehler hätten zuvor die bestimm-

**Der Java-Decompiler JD ist selbst nicht quelloffen. Der Entwickler gestattet es aber, ihn kostenlos nichtkommerziell einzusetzen. Das zum Projekt gehörende Werkzeug JD-GUI zeigt den Quellcode von Java-„class“-Dateien an.**

ungsgemäße Verwendung unmöglich gemacht. Das belgische Gericht legte Fragen aus dem Verfahren schließlich dem EuGH zur Beantwortung vor, weil diese die Auslegung der EU-Richtlinie 2009/24/EG berühren.

Die Richter in Luxemburg entschieden, die Richtlinie sei dahingehend auszulegen, dass der rechtmäßige Erwerber eines Computerprogramms dieses ganz oder teilweise dekompiieren dürfe, um Fehler zu berichtigen, die das Funktionieren des Programms beeinträchtigen. Das umfasse auch die Berechtigung, eine Funktion im Programm zu deaktivieren, an der die ordnungsgemäße Arbeit mit der dazugehörigen Anwendung scheitert.

Die Richtlinie sei nicht so eng zu verstehen, dass nur Interoperabilitätszwecke das Dekompilieren eines Programms ohne Urhebererlaubnis rechtfertigen würden. Vielmehr müsse es dem rechtmäßigen Erwerber eines Programms möglich sein, dieses bestimmungsgemäß zu nutzen. Um das sicherzustellen, sei in manchen Fällen ein Zugriff auf das Ergebnis eines Dekompilierungsvorgangs unerlässlich. Der Softwarenutzer dürfe eine solche Dekompilierung jedoch nur in dem Ausmaß vornehmen, in dem sie für die Berichtigung erforderlich ist, und müsse dabei zudem gegebenenfalls mit dem Urheberrechtshaber vertraglich vereinbarte Bedingungen berücksichtigen.

Unterm Strich hebt der EuGH mit dieser Entscheidung zwar nicht die gesamte bisherige Rechtslage in Deutschland aus den Angeln. Er erweitert aber das Spektrum der Ausnahmefälle, in denen ein Dekompilieren erlaubt ist. (psz@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] OLG Frankfurt am Main, Urteil vom 27.1.2015, Az. 11 U 94/13; heise.de/s/037k
- [2] OLG Hamburg, Urteil vom 13.4.2012, Az.: 5 U 11/11; heise.de/s/nmkl
- [3] EuGH, Urteil vom 6.10.2021, Az. C-13/20; heise.de/s/2g4j



# Sie fragen – wir antworten!

## Word: Textteile verstecken

**?** Ich möchte in Word verschiedene Fassungen von Textabsätzen ausprobieren. Das Hantieren mit unterschiedlichen Dokumentversionen ist mir aber zu umständlich. Kann ich Textteile ausblenden, ohne sie zu löschen?

**!** Ja, das geht. Markieren Sie den betreffenden Textabschnitt und öffnen den Schriftart-Dialog, zum Beispiel per Rechtsklick über das Kontextmenü oder mit der Tastenkombination Strg+D. Aktivieren Sie dann das Schriftattribut „Ausgeblendet“. Ohne Umweg über den Schriftarten-Dialog geht es mit der Tastenkombination Strg+Umschalt+H.

Der markierte Text verschwindet komplett und hinterlässt nicht etwa eine weiße Lücke. Allerdings nur dann, wenn die Anzeige aller Formatierungszeichen über das Absatz-Symbol unter „Start/Ab-satz“ deaktiviert ist. Schalten Sie es ein, wird der auszublendende Text punktiert unterstrichen angezeigt. Diese Darstellungsart ist auch nötig, um die Ausblendung wieder aufzuheben. Dazu markieren Sie den unterstrichenen Text wieder und entfernen das „Ausgeblendet“-Häkchen

im Schriftartendialog oder drücken wieder Strg+Umschalt+H.

Ein paar wichtige Hinweise: Die Zeichen- und Wortzählung in der Statusleiste von Word oder über „Überprüfen/Wörter zählen“ zählt ausgeblendeten Text immer mit. Beim Ausdruck fehlt ausgeblendeter Text hingegen, auch wenn er in Word aktuell angezeigt wird.

Der mit „Ausgeblendet“ gekennzeichnete Text wird nie versteckt, wenn unter „Datei/Optionen/Anzeige“ im Abschnitt „Diese Formatierungszeichen immer auf dem Bildschirm anzeigen“ ein Häkchen bei „Ausgeblendeten Text“ gesetzt ist. Das ist aber nicht die Standardeinstellung. (swi@ct.de)

## Große SSDs in Notebooks

**?** Ich suche gerade nach einem neuen Gaming Laptop mit großer SSD. Fast alle Hersteller bieten nur SSDs bis 1 TByte Größe an, Lenovo auch bis 2 TByte (z. B. ThinkPad T15g G2), wobei dies als maximal unterstützte Größe angegeben wird. Bezieht sich diese Angabe nur auf die Lage der Bootpartition oder sind 4 oder 8 TByte große SSDs in aktuellen Notebooks generell nicht nutzbar?

Fragen richten Sie bitte an

[hotline@ct.de](mailto:hotline@ct.de)

[c't Magazin](#)

[@ctmagazin](#)

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter [www.ct.de/hotline](http://www.ct.de/hotline).

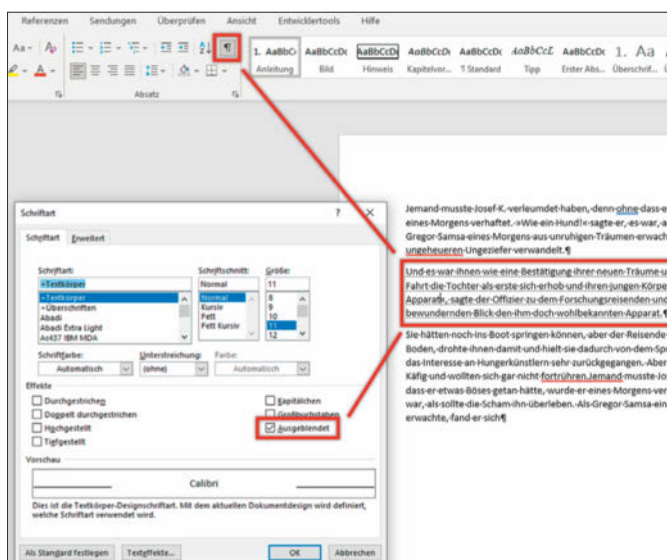
**!** Die Frage lässt sich nicht pauschal beantworten. Hinsichtlich des Übertragungsprotokolls oder der Partitionierung gibt es keine Stolpersteine oder Einschränkungen, die den Einsatz größerer SSDs verhindern würden.

Weil Notebooks aber als kompakte Komplettsysteme gebaut werden, müssen die Hersteller SSDs auch anhand ihres Energiebedarfs und somit ihrer Wärmeentwicklung aussuchen.

Für größere Speicher muss mehr Wärme abgeführt werden – wenn das nicht gelingt, droht ein Abfall der Transferraten. Außerdem liegen Notebook-SSDs oft nahe am WLAN-Modul und müssen durch zusätzliche Blechdeckel abgeschirmt werden – weitere Anlässe für Platzmangel und Wärmestaus. Zum Schutz davor sind im BIOS mancher Notebooks Whitelists zulässiger Komponenten hinterlegt.

Und schließlich haben etliche Notebooks der 13-/14-Zoll-Klasse nur SSD-Schächte im M.2-2230-Format, die mit nur 30 Millimetern Länge viel kleiner sind als die weitaus verbreiteteren M.2-2280-SSDs (80 Millimeter Länge). M.2-2230-SSDs sind im freien Handel kaum zu bekommen und auch für Notebook-Hersteller derzeit mit maximal 1 TByte lieferbar. Dort passen mit derzeitiger Technik dann also tatsächlich nicht mehr Speicherchips hinein.

Insofern empfiehlt sich, lieber gleich ein Notebook mit viel Speicherplatz ab Werk zu wählen. In unserem Preisvergleich finden Sie viel mehr als nur das von



**Markierte Textteile lassen sich in Word per Schriftattribut komplett ausblenden, wenn die Anzeige aller Formatierungszeichen ausgeschaltet ist. Andernfalls erscheinen sie punktiert unterstrichen.**



Ihnen genannte Lenovo-Notebook, welches ab Werk mit mehr als 1 TByte ausgestattet ist (ct.de/yyr2).

Manche Hersteller wie Dell oder Lenovo haben hauseigene Webshops, in denen man Geräte individuell konfigurieren kann und somit nicht auf vorgegebene Ausstattungsvarianten „von der Stange“ angewiesen ist. Bei kleineren Anbietern wie Schenker ist die individuelle Konfiguration sogar dominierender Teil des Geschäftsmodells. (mue@ct.de)

## Excel: Intelligentes Auto-Ausfüllen

**?** Ich möchte in Excel Daten, zum Teil auch nur auszugsweise, aus mehreren Spalten zusammenziehen und in eine neue Spalte schreiben. Mit Stringfunktionen ist das zwar möglich, aber mühsam und fehlerträchtig. Geht das nicht einfacher?

**!** Möglicherweise hilft Ihnen dabei die ab Excel 2013 verfügbare „Blitzvorschau“, eine Erweiterung der AutoAusfüllen-Funktion. AutoAusfüllen erkennt zum Beispiel, wenn Sie Zeilen fortlaufend nummerieren möchten und füllt nach dieser Regel weitere Zeilen auf, indem Sie nur einen Rahmen nach unten aufziehen. Die Blitzvorschau macht Ähnliches, erkennt aber wesentlich komplexere Muster als nur fortlaufende Zahlen. Sie müssen dem Programm nur einmal vormachen, was Sie möchten.

Angenommen, Sie wollen wie im Bild in der Spalte F die Inhalte von Spalte A und B durch ein Leerzeichen getrennt zusammenführen, dann ein Komma als Trennzeichen, gefolgt von nur der Jahreszahl des Datumsfeldes in C, noch ein Komma und dann den Inhalt eines Währungsfeldes in F mit zusätzlichem Eurozeichen.

Geben Sie den Inhalt genauso wie gewünscht in die erste Zeile der neuen Spalte ein. Sobald Sie in der zweiten Zeile damit beginnen, die ersten Zeichen der Spalte A einzutippen, erkennt das Pro-

	A	B	C	D	E	F
1	Hersteller	Modell	EZ	km	Preis	
2	Aston Martin	DB 6	12.03.1963	34512	323.500,00	Aston Martin DB 6, 1963, 323500 €
3	BMW	1802	14.04.1976	66540	9.700,00	BMW 1802, 1976, 9700 €
4	Citroen	2 CV	21.07.1985	90430	5.600,00	Citroen 2 CV, 1985, 5600 €
5	Citroen	11 CV	30.11.1955	54453	17.500,00	Citroen 11 CV, 1955, 17500 €
6	Ford	Mustang	23.12.1967	112400	13.900,00	Ford Mustang, 1967, 13900 €
7	Lancia	Gamma Coupe	23.09.1978	78234	6.990,00	Lancia Gamma Coupe, 1978, 6990 €

**Mit der Blitzvorschau bietet Excel eine erweiterte AutoAusfüllen-Funktion, bei der Sie dem Programm nur vormachen müssen, welche Daten Sie aus anderen Spalten zusammenführen möchten.**



**In Thunderbird ist nicht immer ersichtlich, welches Adressbuch man gerade geöffnet hat – das Thunderbird-eigene oder die Kontaktliste von Apple. Nur das von Thunderbird lässt sich in Thunderbird bearbeiten.**

gramm im Idealfall Ihre Absicht und macht Ihnen den Vorschlag, die Liste selbstständig nach dem vorgegebenen Muster zu ergänzen. Sind Sie einverstanden, brauchen Sie nur die Eingabetaste zu drücken. Das klappt zwar meistens nur direkt nach der Eingabe der Beispieldaten. Sobald Sie noch etwas anderes in der Tabelle tun, funktioniert die automatische Vorschau oft nicht mehr. Das ist aber kein Problem; Sie können die Blitzvorschau auch manuell anschieben: Setzen Sie den Cursor in die Musterzelle, die Sie per Hand eingegeben haben und klicken dann auf „Daten/Blitzvorschau“ oder drücken Sie Strg+E. (swi@ct.de)

## Keine Adressbearbeitung in Thunderbird für macOS

**?** Ich habe in Thunderbirds Adressbuch einige Einträge, die ich aktualisieren will, aber sie lassen sich nicht bearbeiten. Eine Fehlermeldung erhalte ich auch nicht. Wie kann man das reparieren?

**!** Vermutlich handelt es sich nicht um Einträge von Thunderbirds eigener Adressverwaltung, sondern um solche, die Sie in der Kontakte-App von macOS angelegt haben. Die kann Thunderbird tatsächlich nicht bearbeiten. Ein kurzer Hin-

weis der Entwickler in einem Dialog wäre hilfreich gewesen.

Um zu prüfen, in welchem der beiden Adressbücher die fraglichen Einträge stehen, wählen Sie in Thunderbird „Fenster/Adressbuch“. Klicken Sie dann im Adressbuch-Menü auf „Ansicht/Fensterlayout“ und stellen Sie sicher, dass die Option „Verzeichnisliste“ aktiviert ist.

Spätestens dann sollte links im Adressbuchprogramm eine neue Spalte mit der Überschrift „Alle Adressbücher“ zu sehen sein. Klicken Sie darauf und wählen Sie „Mac OS-X Adressbuch“ aus. Geben Sie dann im Suchfeld die Namen der zu ändernden Einträge ein. Wenn diese unter den Treffern aufgeführt werden, dann stecken sie in der Kontakte-Anwendung und lassen sich dort auch bearbeiten. (dz@ct.de)

## AppleTV ohne Tonaussetzer

**?** Ich nutze meine Apple-TV-Box auch für Musikstreamingdienste. Wenn ich jedoch zwischen dem Wiedergabebildschirm und den Playlisten umschalte, kommt es immer wieder zu Tonaussetzern. Wie kann ich diese vermeiden?

**!** Die Tonaussetzer stammen sehr wahrscheinlich von Ihrem Fernseher oder AV-Receiver. Wenn diese den Bildmodus wechseln, fällt der Ton beim Umschalten oft für zwei bis drei Sekunden aus. Apple TV kann nämlich verschiedene Bildformate (Full HD, 4K) mit verschiedenen Bildraten (24 Hz, 50 Hz, 60 Hz) und Farbtiefen (SDR, HDR) ausgeben. Für Filme sind oft 24 Hz optimal, für flüssiges Scrollen in Menüs jedoch 60 Hz. Je nachdem, ob der Farb- und Helligkeitsumfang eines Filmes dem Standardumfang (Standard Dynamic Range, SDR) oder bei vielen 4K-Filmen dem erhöh-

ten Umfang (High Dynamic Range, HDR) entspricht, kann eine Ausgabe in SDR oder HDR von Vorteil sein. Offenbar nutzt der Wiedergabebildschirm Ihrer Musikstreaming-App ein anderes Bildformat als die Listendarstellung, deshalb kommt es zu den Tonaussetzern beim Umschalten.

Sie können Apple TV aber anweisen, Filme und Menüs stets mit 60 Hz in HDR auszugeben. Dann fallen die Formatwechsel und damit verbundenen Tonaussetzer beim Umschalten weg. Dazu gehen Sie ins Setup-Menü des Apple TV und deaktivieren unter „Video und Audio/an Inhalte anpassen“ die beiden Punkte „An Dynamikbereich anpassen“ und „An Bildrate anpassen“. Fortan skaliert Apple TV alle Darstellungen und Bildraten auf das maximale Format hoch, das Ihr Fernseher akzeptiert (beispielsweise 4K HDR mit 60 Hz). Die Bildformate rechnet die kleine schwarze Box recht ordentlich um. In unseren Tests konnten wir bei der Filmwiedergabe keine nennenswerten Beeinträchtigungen feststellen. (hag@ct.de)

## Thunderbird: Umbruch in Plain-Text-Mails loswerden

Ich verschicke meine E-Mails im Reintext-Format („Plain Text“) und habe mein E-Mail-Programm Thunderbird entsprechend konfiguriert. Allerdings nervt mich der erzwungene Umbruch nach wenigen Zeichen. Lässt sich das irgendwie umgehen? Im Einstellungsmenü konnte ich dazu nichts finden.

Sie können die Zeichenzahl, nach der ein Umbruch stattfinden soll, beliebig festlegen und auch ganz abschalten. Die Option dazu verbirgt sich allerdings in den Eingeweiden der Thunderbird-Konfigura-

tion. Rufen Sie das Einstellungsmenü unter „Extras/Einstellungen/Allgemein“ auf und klicken Sie ganz am Ende der Liste auf „Konfiguration bearbeiten...“. Im sich öffnenden Thunderbird-Tab geben Sie mailnews.wraplength ein.

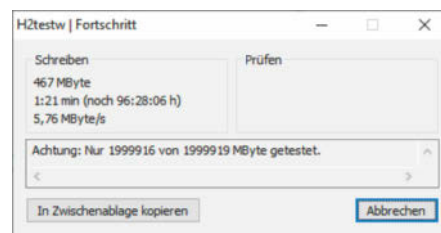
Die Umbruchbreite ist ab Werk auf einen Wert von 72 eingestellt. Sie können sie entweder auf einen festen Wert ändern, der ihnen besser passt oder mit 0 komplett abschalten, was bewirkt, dass sich die Textzeilenlänge an der Fensterbreite orientiert. (csp@ct.de)

## Gefälschte SSD mit H2testw entlarven

Ich habe ein externes SSD-Laufwerk mit angeblich 8 TByte Kapazität gekauft. Es ist ab Werk in vier Partitionen zu je 2 TByte aufgeteilt. Beim Versuch, viele Daten auf eine der Partitionen zu kopieren, bekomme ich Fehlermeldungen und nur wenige Dateien werden kopiert. Ich habe den Verdacht, dass es sich um eine Fälschung handelt und habe daher einen Test mit H2testw gestartet. Es dauerte damit über 9 Stunden, 200 GByte zu schreiben. Kann ich einfach die ersten 200 von H2testw erzeugten Dateien per Copy & Paste vervielfältigen?

Nein, das funktioniert nicht. H2testw schreibt unterschiedliche Dateien, um beim Lesetest den Inhalt zu überprüfen. Zudem schreibt das Programm mit der maximalen Geschwindigkeit des jeweiligen Laufwerks; die Dateien zu kopieren, wäre also gar nicht schneller.

Es steht eher zu vermuten, dass sie tatsächlich eine gefälschte SSD gekauft haben. Um das etwas schneller zu überprüfen, können Sie die Anzahl der Testfiles begrenzen. Handelt es sich um ein gefälschtes



**Wenn der Test einer 2-TByte-SSD fast 100 Stunden dauern soll, dann handelt es sich mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit um eine Fälschung.**

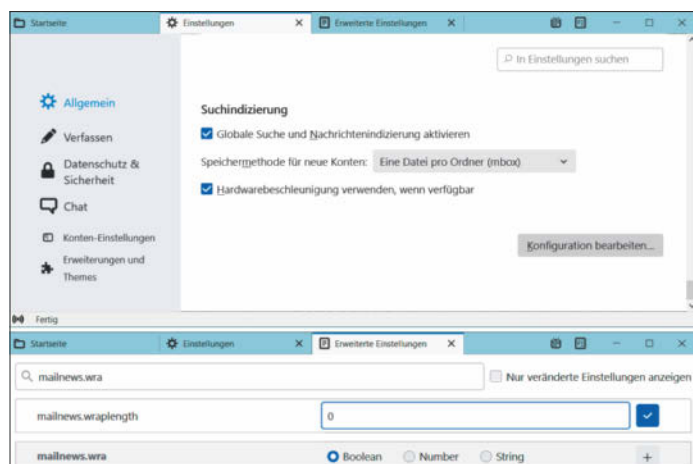
Laufwerk, bietet es möglicherweise weniger als 256 GByte reale Kapazität. Versuchen Sie daher zunächst einen Testlauf von H2testw mit 300 GByte, was vermutlich bei Ihrem Gerät an die 12 Stunden dauern wird. Schlägt dieser Test fehl, handelt es sich um ein gefälschtes Laufwerk. Falls nicht, können Sie den Test mit einer größeren Anzahl Dateien wiederholen. (ll@ct.de)

## Standard-Betriebssystem nach Ubuntu-Installation

Ich habe mir zum Ausprobieren neben Windows 10 ein Ubuntu-Linux auf meinen PC gespielt. Doch Ubuntu drängt sich beim Booten zu stark in den Vordergrund, denn meistens will ich mit Windows arbeiten. Wie kann ich den Eintrag im Linux-Bootmanager so ändern, dass in Zukunft automatisch Windows gestartet wird?

Dazu müssen Sie die Konfiguration des Linux-Bootmanagers Grub ändern. Starten Sie den PC und merken Sie sich bei der Auswahl des zu startenden Betriebssystems, in welcher Zeile die gewünschte Windows-Installation steht (die Zählung startet bei null). Starten Sie dann unter Ubuntu ein Terminalfenster und öffnen Sie die Grub-Konfigurationsdatei mit `sudo nano /etc/default/grub`.

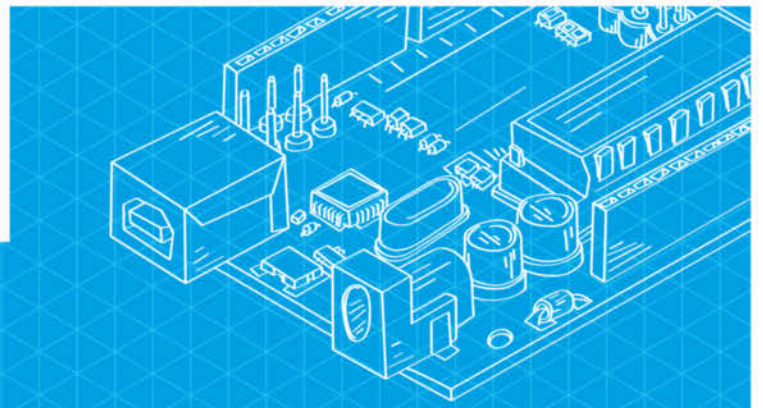
Statt Nano können Sie natürlich auch einen anderen Texteditor Ihrer Wahl benutzen. Die erste nicht auskommentierte Zeile sollte den Eintrag `GRUB_DEFAULT = 0` enthalten. Ersetzen Sie die 0 durch die Position des gewünschten Betriebssystems im Bootmanager, speichern Sie die Datei mittels Strg+O und beenden Sie Nano mittels Strg+X. Nun schreiben Sie eine neue Grub-Konfiguration mit dem Befehl `sudo grub-mkconfig -o /boot/grub/grub.cfg`. Nach dem nächsten PC-Start sollte dann automatisch wieder Windows erscheinen. (ll@ct.de)



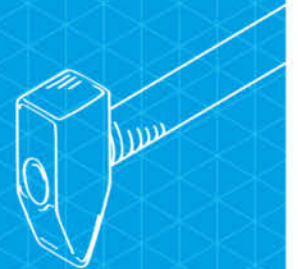
**Um die Zeilenlänge von E-Mails im Plain-Text-Format in Mozillas Thunderbird zu ändern, passen Sie in den erweiterten Einstellungen den Wert „mailnews.wraplength“ an.**



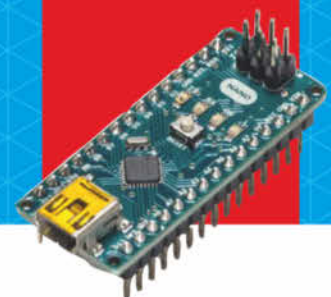
# Make:



## DAS KANNST DU AUCH!



**GRATIS!**



## 2× Make testen und 6 € sparen!

### Ihre Vorteile:

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

**Für nur 15,60 Euro statt 21,80 Euro.**

\* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen: [make-magazin.de/miniabo](http://make-magazin.de/miniabo)





# Solid State Disks

**SSDs haben Festplatten als schnelles Laufwerk zum Start von Betriebssystem und Anwendungen abgelöst. Warum es verschiedene SSD-Typen gibt und die auch noch unterschiedlich schnell sind, beantworten wir in dieser FAQ.**

Von Lutz Labs

## Auflösung des Akronyms SSD

**?** Warum Solid State Drive? In einer SSD dreht sich doch keine Scheibe!

**!** SSD steht für Solid State Drive oder Solid State Disk, Festkörper-Laufwerk oder -Scheibe. Ja, in einer SSD dreht sich keine Scheibe, dennoch hat sich die Bezeichnung durchgesetzt.

## Haltbarkeit der Daten

**?** Wie lange halten die Daten in einer SSD, wenn man sie stromlos lagert?

**!** Die in einer SSD benutzten Flash-Zellen altern durch die Benutzung, genauer durch das Löschen der nicht mehr benötigten Daten; man spricht vom Wear Out. SSDs halten Daten auch stromlos viele Jahre lang – aber nur, wenn die Zellen noch nicht zu stark geschädigt wurden.

Richten Sie sich bei der Abschätzung nach den Angaben des Herstellers: Wenn dieser beispielsweise eine Garantie von fünf Jahren bei einer Schreiblast von 500 TByte gibt, dann sind die Daten nach dem Backup auf die frische SSD nach fünf Jahren wahrscheinlich noch fehlerfrei lesbar. Wenn die SSD jedoch bereits mit 100 TByte beschrieben wurde, dann sinkt die sogenannte Data Retention Time auf 2,5 Jahre, nach voller Ausnutzung der 500 TByte liegt sie dann nur noch bei etwa einem halben Jahr.

## Bauformen

**?** Festplatten gibt es nur noch in 2,5- und 3,5-Zoll-Gehäusen. Welche Bauformen gibt es bei SSDs?

**!** Im Desktop-PC sind zwei verschiedene Bauformen üblich: M.2-SSDs im

Format 2280, die 22 Millimeter breit und 80 Millimeter lang sind, setzen sich immer mehr durch. Klassisch sind mittlerweile fast schon SSDs im 2,5-Zoll-Gehäuse, welches den Festplatten der gleichen Größe nachempfunden ist und die damit auch in die gleichen Schächte hineinpassen. Modernere Versionen sind nur 7 Millimeter hoch, frühere Modelle und auch viele 2,5-Zoll-Festplatten 9,5 Millimeter.

Zur Aufrüstung eines Desktop-PCs dienen weiterhin Steckkarten mit PCIe-Schnittstelle, die entweder Platz für eine oder mehrere M.2-SSDs bieten oder den Speicher selbst beherbergen. Diese waren vor einigen Jahren erforderlich, als nur wenige Mainboards einen M.2-Slot hatten. M.2-SSDs gibt es übrigens nicht nur in 80 Millimeter Länge, sondern auch mit 30, 42, 60 und 110 Millimeter. Solche SSDs sind jedoch eher selten.

Auch in Servern kommen SSDs im 2,5-Zoll-Format zum Einsatz, hier muss man jedoch unterscheiden: 2,5-Zoll-SSDs mit SATA- oder SAS-Anschluss werden von moderneren Bauformen langsam verdrängt, während solche mit PCIe-Anschluss (U.2) immer weitere Verbreitung finden. U.2-SSDs passen oftmals nicht in die vorhandenen Schächte, da sie nicht nur einen anderen Anschluss haben, sondern auch durch voluminöse Kühlkörper mit 15 Millimetern deutlich dicker sind. Der Um-

stieg auf U2-SSDs erfordert daher häufig auch neue Racks.

Zu den neuen Bauformen gehören auch SSDs im EDSFF-Format (Enterprise and Data Center Standard Form Factor) und Streifen im M.3-Format. Beiden gemein ist, dass sie den vorhandenen Raum wesentlich besser ausnutzen, sich besser kühlen lassen und im laufenden Betrieb über die Frontseite des Racks getauscht werden können.

EDSFF-SSDs gibt es wiederum in verschiedenen Bauformen, unter anderem in einer circa 32 Zentimeter langen als E1.L bezeichneten Variante – nach dieser haben diese SSDs den Spitznamen Ruler-SSDs bekommen, weil sie eben wie ein Lineal aussehen. In eine E1.L-SSD passen bis zu 32 TByte Flash-Speicher, weiter gibt es noch die mit 11 Zentimeter deutlich kürzere E1.S-Version und höhere E3-Versionen.

M.3-SSDs ähneln den M.2-SSDs, mit einem wichtigen Unterschied: Sie sind etwa einen Zentimeter breiter, sodass zwei Speicherchips nebeneinander darauf Platz finden. Bei beidseitiger Bestückung passen auf eine M.3-SSD so bis zu 16 Speicherchips, was die Kapazität gegenüber M.2-SSDs praktisch verdoppelt. Auch bei M.3-SSDs gibt es eine alternative Bezeichnung, man findet sie gelegentlich auch unter dem Namen NF1. Mechanisch und elektrisch passen sie in übliche M.2-Slots – sofern um den Slot herum ausreichend Platz ist.

## Schnittstellen

**?** Welche Schnittstellen gibt es und an welchen SSDs kommen sie zum Einsatz?

**!** Die traditionelle SATA-Schnittstelle (Serial ATA) ist am weitesten verbreitet – auch die allermeisten Festplatten nutzen SATA. Der Ersatz einer Festplatte durch eine 2,5-Zoll-SATA-SSD ist damit sehr einfach.



**Klassische SATA-SSDs im 2,5-Zoll-Gehäuse benötigen zwei Kabelstränge für Strom- und Datenanschluss, die modernen M.2-SSDs schraubt man meistens direkt aufs Mainboard.**

SATA kommt bei M.2-SSDs ebenfalls vor, aber immer seltener. Bei diesen und auch bei PCIe-Steckkarten, U.2-, EDSFF- und M.3-SSDs hat sich die Anbindung per PCI Express (PCIe) durchgesetzt. Meistens kommen vier PCIe-Lanes gleichzeitig zum Einsatz, egal ob es sich dabei um PCIe 3.0 oder PCIe 4.0 handelt. Die schnellsten SSDs erreichen sequenzielle Geschwindigkeiten bis zu 7,5 GByte/s, bei Zugriffen auf zufällige Adressen maximal 1,3 Millionen IOPS (Input/Output Operations Per Second).

In großen Serverschränken trifft man häufig noch auf einen Sonderfall: SAS, Serial Attached SCSI. Dieser Anschluss ist sozusagen die Profi-Version von SATA mit einigen erweiterten Funktionen, etwa Dualport-Fähigkeiten, die zu einer höheren Ausfallsicherheit eines Gesamtsystems führen können. SAS-Anschlüsse gibt es praktisch nur am 2,5-Zoll-Gehäuse, es gibt Festplatten und SSDs mit SAS.

Sonderfall U.3: Dieser Stecker kann sowohl PCIe als auch SAS und SATA verbinden. U.3 kommt daher vor allem in Racksystemen zum Einsatz, die damit sehr flexibel werden: Man kann in den Laufwerksschacht hineinstecken, was immer man will, das Stagesystem erkennt das Laufwerk und bindet es unabhängig von seiner Technik mit ein.

## Protokolle

? Was ist der Unterschied zwischen den Protokollen AHCI und NVMe?

! Außer der physikalischen Schnittstelle brauchen SSDs ein Protokoll, mit dem sie angesprochen werden. Das bei SATA-SSDs verwendete Advanced Host Controller Interface (AHCI) stammt aus der Zeit, als Festplatten das am weitesten verbreitete Speichermedium waren. AHCI organisiert die Anfragen der CPU in einer Warteschlange, die bis zu 32 Einträge aufweisen kann. Die Firmware der Festplatte arbeitet diese so ab, dass sie den Kopf möglichst wenig bewegen muss. Für SSDs spielt dies naturgemäß keine Rolle, da diese keine bewegten Teile aufweisen.

Nonvolatile Memory Express (NVMe) wurde speziell für die deutlich schnelleren PCIe-SSD entwickelt. NVMe stellt 65.535 Kanäle bereit, die jeweils 65.535 Befehle enthalten können – die meisten PCIe-SSDs erreichen erst bei vielen

gleichzeitigen Anfragen hohe Leistung. Zudem lassen sich PCIe-SSDs mittels der Erweiterung NVMe-oF (over Fabric) aus einem PC lösen und über ein Netzwerk ansprechen; der Host kann damit auf eine fast unendliche Menge an Speicher zugreifen.

## TLC versus QLC

? Was ist der Unterschied zwischen TLC-Speicher und QLC-Speicher?

! Da müssen wir etwas weiter ausholen. Die ersten Flash-Zellen konnten lediglich jeweils 1 Bit speichern, das aber sehr schnell und sehr ausdauernd. Der Controller muss bei diesen Zellen beim Auslesen nur prüfen, ob die Zellspannung unter- oder oberhalb der Hälfte liegt. Zur Kosteneinsparung bei der Produktion kamen die Hersteller dann auf den Gedanken, feinere Unterschiede zu machen: Aus der Single Level Cell (SLC) wurde die Multi Level Cell (MLC) mit einer Speicherkapazität von 2 Bit. Der Controller muss vier verschiedene Spannungsniveaus unterscheiden, die Haltbarkeit sinkt, die Geschwindigkeit auch.

TLC oder Triple Level Cell speichert 3 Bit pro Zelle, der Controller muss acht Spannungsniveaus auseinanderhalten. Damit einher ging erneut verminderte Haltbarkeit und Geschwindigkeit, zudem stieg die Fehlerrate, sodass eine verbesserte Fehlerkorrektur eingeführt wurde. TLC-Flash hat sich inzwischen auf breiter Front durchgesetzt, außer bei Spezialanwendungen wird kaum noch ein anderer Speichertyp genutzt.

Vier Bit speichert jede QLC-Zelle (Quadruple Level Cell), die Fehlerrate steigt gegenüber TLC (vor allem bei längerer Nutzung) erneut an, Geschwindigkeit und Haltbarkeit sinken. QLC-Flash ist in der Herstellung am günstigsten, mit jeder weiteren Stufe aber sinkt der Kostenvorteil gegenüber der letzten Erhöhung. Aktuell arbeiten die Entwickler bereits an



**U.2-SSDs sind häufig dicker als 2,5-Zoll-SATA-SSDs. Zum Anschluss an ein Desktop-Mainboard braucht man ein spezielles Kabel sowie meistens einen Adapter für den M.2-Slot.**

Zellen mit 5 Bit Speicherkapazität (Penta Level Cell, PLC).

Die Hersteller setzen bei TLC- und QLC-SSDs einen sogenannten SLC-Cache ein, bei dem ein Teil der Zellen in einen 1-Bit-Modus geschaltet ist. Neue Daten schreibt der Controller dann zunächst in diesen Teil; wenn nichts zu tun ist, verschiebt er sie in den TLC- oder QLC-Bereich. Damit sind die SSDs zumindest für eine begrenzte Datenmenge sehr schnell – im Büroalltag fällt der eigentlich langsamere Speicher so gar nicht auf.

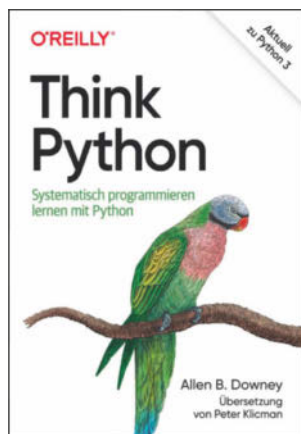
Wer jedoch häufiger mit großen Datenmengen hantiert, etwa beim Videoschnitt, wird die Nachteile von QLC-Flash bemerken: Die Schreibgeschwindigkeit der SSD kann unter das Niveau einer Festplatte sinken, bei einigen SSDs liegt sie unter 100 MByte/s. Büroarbeiter können mit dem Kauf einer QLC-SSD also Geld sparen; wer seine SSD aber stärker beansprucht, sollte besser zu einer teureren TLC-SSD greifen. (ll@ct.de)

## Literatur

- [1] Tim Niggemeier, Blitzschneller Speicher, Flash-Grundlagen, Teil 1: Von SLC bis QLC, c't 10/2021, S. 136
- [2] Tim Niggemeier, Vergesslicher Speicher, Flash-Grundlagen, Teil 2: Lebensdauer der Daten, c't 11/2021, S. 116
- [3] Tim Niggemeier, Beschleunigter Speicher, Flash-Grundlagen, Teil 3: Firmware-Architekturen, c't 12/2021, S. 136

## Geschwindigkeitsvergleich SATA-SSDs vs. PCIe-SSDs

	seq. Transferraten schreiben/lesen [MByte/s]	IOPS schreiben/lesen
	besser ▶	besser ▶
Samsung 860 Pro (SATA)	540/560	89000/99000
Samsung 970 Pro (PCIe 3.0)	3260/3586	470000/580000
Seagate FireCuda 530 (PCIe 4.0)	7038/7448	1122347/934480



Allen B. Downey

**Think Python**Systematisch programmieren lernen  
mit Python

O'Reilly (dpunkt), Heidelberg 2021  
(Der Buchverlag gehört wie c't  
zu Heise Medien)  
ISBN 978-3960091691  
286 Seiten, 27 €  
(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book:  
aktueller Sonderpreis 18 €)

## Auf unverschlungenen Wegen

**Viele Informatiknovizen lernen Python bereits als erste Programmiersprache kennen. Die jetzt in Deutsch vorliegende zweite Auflage von „Think Python“ vermittelt ballastfrei das, was man zum Schreiben anspruchsvoller Programme mit der einsteigerfreundlichen Vielzwecksprache braucht.**

Bei seiner Lehrtätigkeit baute Downey zunächst auf Java auf. Er bemerkte aber, dass viele Studenten vorrangig mit den syntaktischen Feinheiten dieser Sprache kämpften und sich nicht auf Problemlösen konzentrieren konnten. Mit der Zeit reduzierte er sprachspezifische Lerninhalte immer mehr, stattdessen rückte er die eigentliche Programmierung in den Mittelpunkt. Sein zentrales Lehrbuch hatte er unter einer Open-Source-Lizenz freigegeben; ein Leser passte es an Python an. So entstand „Think Python“, dessen englischsprachige Fassung auch aktuell noch als PDF zum kostenlosen Download bereitliegt (800 kByte, [heise.de/s/1BBr](http://heise.de/s/1BBr)). Die im Sommer 2021 erschienene vorzügliche deutsche Übersetzung kann Pythonisten hierzulande als leichtgängiger Schlüssel zur praktischen, problemorientierten Programmierarbeit dienen.

Downey lässt bewusst viele Facetten von Python außen vor. Er hat das im Blick, was wichtig ist, um anspruchsvollere Programme zu bauen. So geht er in den Kapiteln über Funktionen nicht auf Default-Parameter und benannte Parameter ein. Dafür widmet er dem wichtigen Thema Schnittstellendesign ein eigenes Kapitel und erklärt, was eine gute Funktionssignatur ausmacht. Ebenso verfährt er in anderen Bereichen. So beschreibt er nur knapp die gängigsten Datenstrukturen, erläutert aber anhand greifbarer Beispiele, wo sie sich gewinnbringend einsetzen lassen.

Selbst komplexe Inhalte wie die objektorientierten Eigenschaften von Python handelt er auf wenigen Seiten ab und beschränkt sich auf das Handwerkszeug, das zur Arbeit mit Klassen, Objekten und Methoden unbedingt notwendig ist. Die Einstiegsschwelle für die Lektüre liegt ausgesprochen niedrig. Die vielen kurzen Kapitel, von denen jedes Debugging-Tipps und ein kleines Glossar mitbringt, erleichtern es Lesern, ihr Lernpensum einzuteilen. Übungen helfen, den Stoff zu vertiefen. Die Lösungen lassen sich mit den Beispiel-Quelltexten kostenlos herunterladen (1,3-MByte-ZIP, [heise.de/s/mmmM](http://heise.de/s/mmmM)).  
(Maik Schmidt/psz@ct.de)

## Rechtssicher fotografieren

**Darf ich Natur, Architektur und vor allem Personen unbekümmert fotografieren? Was ist, wenn ich die Fotos veröffentlichen will? Wolfgang Rau klärt viele urheber- und persönlichkeitsrechtliche Fragen.**

Viele Fotografen setzen sich ungern mit juristischen Fragen auseinander. Umso wichtiger ist es aufzuklären, denn Fallstricke lauern überall: Wann muss ich die Erlaubnis von abgebildeten Personen einholen? Wie sieht es bei seltenen Tierarten in Naturschutzgebieten aus? Was muss man beim Haus-, Design- und Markenrecht beachten?

Zu Beginn klärt der Autor Fragen des Urheberrechts. Es unterscheidet zwischen dem Schutz von Lichtbildwerken, die eine gewisse Schöpfungshöhe erreichen müssen, und dem von Lichtbildern, zu denen auch Smartphone-Bilder gehören. Eine für Laien schwer einzuschätzende Zone bildet die Reproduktionsfotografie, also die Abbildung fremder geistiger Werke. Im Folgenden wendet sich Rau der Fotografie von Natur, Architektur, Sachen und Tieren zu. Neben Hausrecht, Privat- und Intimsphäre spielen dort Panoramafreiheit sowie Marken- und Designschutz eine Rolle. Ein großes Kapitel widmet sich der Aufnahme von Menschen und der nötigen Einwilligung unter anderem von Minderjährigen, bei Fotos von Gruppen, bei Paparazzo-Aufnahmen von Prominenten und bei Nacktaufnahmen. Eine Sonderrolle und damit auch ein eigenes Kapitel nehmen die Streetfotografie und das Straßenbild mit Passanten ein.

Etwas trockener geht es beim Thema DSGVO zu sowie bei der Drohnenfotografie im deutschen Luftraum. Im Anschluss beschreibt Rau das Foto- und Bildrecht bei Facebook, Instagram, Twitter, WhatsApp und anderen Internetdiensten. Schließlich geht es um die Wahrung der eigenen Rechte, um Unterlassungs-, Beseitigungs- oder Schadensersatzanspruch. In einem ausführlichen Abschnitt beschreibt der Autor, was es beim Aufsetzen von Verträgen zu beachten gilt. Auf knapp 50 Seiten geht er abschließend auf rechtliche Besonderheiten in Österreich und in der Schweiz ein.

Wolfgang Rau betreibt eine Anwaltskanzlei, die sich auf Foto- und Bildrecht spezialisiert. Sein Buch liest sich dennoch allgemein verständlich, denn der Autor verzichtet auf juristische Fachsprache. Er beschreibt das Urheberrecht aus einer für Fotografen relevanten Perspektive. Das Buch ist sehr textlastig, aber immer wieder durch Fotobeispiele in Schwarz-Weiß illustriert. Damit eignet es sich als Nachschlagewerk und Informationsquelle für Fotografen ohne weitere Kenntnisse der Juristerei. (akr@ct.de)



Wolfgang Rau

**Fotorecht**

Ihr Ratgeber für den fotografischen Alltag

Rheinwerk, Bonn 2021 (4. Aufl.)  
(Der Buchverlag gehört wie c't  
zu Heise Medien)  
ISBN 978-3836284776  
524 Seiten, 40 €  
(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 36 €)



# iLearn!

## Mac & i special

Über 200 Seiten: Mit den Highlights aus drei Jahren Mac & i

iOS 13 bis 15

### 500 iPhone-Tipps

für Einsteiger, Fortgeschrittene und Profis

- ➔ Safari, Mail, Nachrichten, Fotos-App, Kamera-App
- ➔ Kalender, Erinnerungen, Kontakte, Notizen, Musik-App
- ➔ Bücher, Dateien, Karten, Apple-ID, Bildschirmzeit
- ➔ Schlüsselbund, Continuity, AirPlay, Bedienungshilfen, Siri...

Besser fotografieren und filmen

PLUS: Tipps zu Hörbüchern, Messengern, zum Reisen, zur Tastatur, fürs Fahrrad, zum Datenschutz, zur Akkulaufzeit ...

Eigene Oberfläche gestalten • Coole Funktionen ergänzen  
**iPhone individualisieren**

Auch als PDF



[shop.heise.de/mi-iphone21](https://shop.heise.de/mi-iphone21)

**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
- ▶ Besser fotografieren und filmen
- ▶ iPhone individualisieren, coole Funktionen ergänzen
- ▶ Für Abonnenten portofrei

Heft für 12,90 € • PDF für 9,99 €





# SPAMOLOGIE

VON CHRISTIAN ENDRES

**W**orin der Sinn unserer Wissenschaft liegt, fragen Sie sich. Nun, unsere Forschung betrifft, wie Juristen sagen würden, unerwünschte Massenbotschaften, auf Neudeutsch Spam genannt. Aber wir sind keine Juristen. Lassen Sie uns zum besseren Verständnis ein wenig ausholen.

Es ist leicht, Spam achtlos zu löschen. Gewissermaßen Useralltag.

Aber hinter jeder Spam-E-Mail verbirgt sich eine reale Geschichte, mit der irgendwann einmal alles begonnen hat.

Die Wahrheit hinter dem Spam, wie wir gern sagen – aus einer Zeit, als die Themen und Aufhänger der späteren Spam-Mails noch Lebensgeschichten und Schicksale waren, bevor diese von skrupellosen Kriminellen gekapert und als Grundlage endloser Werbeflut missbraucht wurden.

Wir haben es uns zur Aufgabe gemacht, Spam-Mails bis zu ihrem Ursprung, bis zu ihrem wahren und oftmals schockierenden menschlichen Kern zurückzuverfolgen.

Unsere spamologische Arbeit führt zu bisweilen verblüffenden Tatsachen, zu bewegenden Schicksalen und echten Tragödien. Zu Dingen, die man keineswegs erwartet, wenn man lediglich die verzerrten, verfälschten, verwässerten Mutationen im eigenen Posteingang betrachtet, die mit routinierter Leichtigkeit gehasht, gefiltert, gebrandmarkt, geblockt und gelöscht werden.

Doch, wie gesagt: Hinter jeder Spam-Mail stecken eine wahre Geschichte und ein echtes Schicksal.

Man muss sie nur suchen und ausgraben.

Und genau hier setzt die Spamologie an.

\* \* \*

Jekaterina ist einundneunzig. Als wir mit ihr über ihren Sohn Michail sprechen, schwingen Stolz und Trauer in ihrer Stimme mit.

In den 1990ern stieg Michail zum obersten Zuhälter von ganz Moskau auf. Niemand stand – oder lief – im Nachleben der russischen Metropole, ohne dass Michail seinen Segen gab. Der Rubel rollte. Doch die Konkurrenz war trotz aller Einschüchterungen gierig, die Polizei ungeachtet von Bestechung und Absprachen hungrig. Ein großer Friedensgipfel der königlichsten Bosse und der korruptesten Bullen, bei dem alle Anwesenden die Finger nervös am Abzug hatten, eskalierte vollends, als eine unbestechliche Fraktion der Polizei das Treffen mit einem Höchstaufgebot an Männern und Munition stürmte. Moskaus wichtigste Zuhälter und ihre Organisationen wurden in jener Nacht praktisch ausgelöscht.

**Für fast alles, was existiert, gibt es eine maßgeschneiderte Forschungsdisziplin – warum nicht auch für das alltägliche Ärgernis jedes E-Mail-Nutzers? Ein Spamologenteam zeigt anhand typischer Beispiele die Dramen und Abgründe, die seine Arbeit ans Licht bringt.**

Ihre ratlosen Mädchen, die Kinder und Familien ernähren mussten und weit und breit keine anderen Jobs in Aussicht hatten, kamen zu Jekaterina, nannten sie Mutter. Es war schwierig. Der Machtkampf derer, die plötzlich aus der dritten in die erste Reihe der Unterwelt katapultiert wurden, machte die Straßen gefährlich. Und ohne den Schutz der bisherigen Strukturen waren die Mädchen überdies Freiwild für Spinner und Brutalos.

Also verbarrikadierten sie sich auf Jekaterinas Anweisung hin in ihren Wohnungen.

Jekaterina bestellte zudem ihren jüngsten Sohn Piotr ein, der in den Staaten am MIT studierte. Sie ließ ihn Fotos machen, blinkende, bunte Websites ins Netz stellen und einladende Werberundmails verschicken. Damit die überhaupt gelesen wurden, ging Piotr dazu über, sie wie sehnsüchtige Kontaktbitten partnersuchender junger Frauen aussehen zu lassen.

Irgendwie mussten die Mädchen und ihre Kunden ja zusammenkommen, bis die Dinge auf der Straße wieder ihren gewohnten, sicheren Gang nehmen würden.

\* \* \*

Wie kaum sonst jemand steht der nigerianische Prinz sinnbildlich für Spam, mehr noch, für Scam. Es ist leicht, die Augen vor den wahren Beweggründen von Prinz Olabukonola Osadebe zu verschließen, sozusagen dem vielfach gefälschten Original.

Prinz Olabukonola wollte damals tatsächlich seinen Stamm und sein Volk befreien, und zwar von seinem jüngeren Bruder, der den gemeinsamen Vater ermordete, die Erbfolge ignorierte und sich selbst zum Anführer und Warlord ausrief. Olabukonola floh mit der Hilfe verbliebener Getreuer über die Grenze nach Kamerun, um nicht das Schicksal seines Vaters zu teilen. Später reiste er weiter nach Europa.

Der Prinz im Exil hoffte, mit seinen E-Mails genügend Gelder sammeln zu können, um so bald wie möglich nach Nigeria zurückzukehren und seinen Bruder zu bekämpfen – einen gnadenlosen Mann, der Kinder mit Maschinengewehren ausrüstete und zu Fanatikern machte, sich mit Hexern einließ, Albino-Babys in magischen Ritualen opferete und Dämonen anbetete. Olabukonola musste diesen Teufel einfach aufhalten – und er hätte den Unterstützern seines Rachefeldzugs die Darlehen, um die er sie bat, garantiert zurückgezahlt und die Zinsen mit Diamanten beglichen, sobald die Minen aus den Händen seines diabolischen Bruders zurückerobert gewesen wären.

Dass so viele Nachahmer kamen, die schamlos die Geschichte seiner Familie und seines Stammes ausschlachten



und damit hilfsbereiten Menschen schaden, betrübe den Prinzen all die Jahre sehr.

Drei Monate nach unserem Besuch in seiner Villa in der Schweiz starb Prinz Olabukonola an einer Lungenembolie beim Tennisspiel mit dem Sohn des belgischen Außenministers.

Leider fehlte es ihm bis zuletzt an den nötigen finanziellen Mitteln, sein Volk zu befreien.

\* \* \*

Man könnte Dr. Mangold für einen gutmütigen zerstreuten Professor im Ruhestand halten – und damit läge man gar nicht so falsch.

Den weißen Laborkittel trägt Dr. Mangold dieser Tage nur noch daheim. Im ganzen Haus hängen Bilder seiner Frau, die ihn vor dreißig Jahren verließ. Dr. Mangold hat es trotz der Therapie vermutlich nie überwunden, dass ihre Ehe an seiner zu kleinen Männlichkeit scheiterte.

Deshalb steckte er all seine Energie und Zeit in die Forschung zur Vergrößerung. Ihm ging es nie um Reichtum – und er glaubte auch nicht daran, seine Frau, die längst in zweiter Ehe mit einem wohl besser bestückten Partner verheiratet war, durch einen wundersamen Wachstumsschub zurückzugewinnen. Nein, Dr. Mangold ging es darum, andere Ehen und Beziehungen davor zu bewahren, an einer körperlichen Kleinigkeit mit großer Wirkung zugrunde zu gehen. Es ging ihm, schlicht gesagt, darum, Paare glücklich zu machen. Sexuelle Frustration aus der komplexen Beziehungsgleichung herauszunehmen, die bei so vielen unterm Strich irgendwann nichts mehr als Stress und Kummer ergibt.

Als man ihm die Mittel trotz seiner Fortschritte beständig weiter kürzte und sein Lebenswerk vor dem Aus stand, wandte er sich an einen Werbefachmann, der die Existenz seines noch nicht fertigen, geschweige denn freigegebenen Präparats im Internet bekannt machen sollte – ein verzweifelter Versuch, seine Forschungsarbeit über den öffentlichen Druck zu retten.

Die Kampagne geriet schnell außer Kontrolle und begrub Dr. Mangolds Medikament zusammen mit seiner Karriere unter sich.

Jetzt ist er bloß noch ein trauriger alter Mann in einem fleckigen Kittel, der sich in einem leeren Haus mit chemischen Formeln beschäftigt, die niemanden mehr interessieren.

So gut wie keine Wachstumsaussichten.

\* \* \*

Wer sich über Werbung für Internet-Glücksspiel und Onlinecasinos ärgert, sollte die andere Seite des Chips sehen.

Die Casinobetreiber in Las Vegas wünschten, sich nie auf das Spiel über die Datenleitung eingelassen zu haben. In der Stadt der Sünde haben sie sich verzockt, als sie darauf setzten, den vielversprechenden Onlinecasinomarkt vor der Konkurrenz aus China, Indien und Russland abzustocken. Nach außen hin mag der schöne Schein noch täuschen, doch die Probleme der schillernden City in der Wüste von Nevada sind offensichtlich, seit immer mehr Kunden daheim bleiben und über das Internet spielen. Las Vegas trocknet aus. Seine Magie versiegt. Junggesellenabschiede reichen bei Weitem nicht, um eine urbane Laster-

hölle dieser Dimension und mit solch einer Infrastruktur am Leben zu erhalten. Vegas verliert Unmengen an Besuchern und Geld durch Onlinecasinos – und damit immer mehr von seinem Glanz.

Noch nie gab es so viele arbeitslose Croupiers, Zauberkünstler, Elvis-Imitatoren mit Priesterlizenz, Löwenbändiger, Geldzählmaschinentechniker oder Stripperinnen.

## VEGAS VERLIERT UNMENGEN AN BESUCHERN UND GELD DURCH ONLINECASINOS – UND DAMIT IMMER MEHR VON SEINEM EINSTIGEN GLANZ.

Wir sprachen zwischen unseren Besuchen in den deprimierend leeren Casinos mit vielen von ihnen – und alle waren sich einig: Das virtuelle Eldorado für Zocker macht das reale Vegas wieder zu der Wüste, aus der es einst hochgezogen wurde.

\* \* \*

Es war nicht leicht, an Qiufan Liu heranzukommen.

Wir probierten es erst über die offiziellen Kanäle, doch am Ende blieb uns nichts anderes übrig, als uns den Weg in das Hochsicherheitsgefängnis, in dem Qiufan Liu lebenslang einsitzt, mit Yen und Bitcoin freizuschmieren.

Die sauberen, farbenfrohen Fotos in den Spam-Mails zeigen Liu als leicht übergewichtigen Mann in den Vierzigern, der mit einem runden Gesicht, einer Designerbrille und einem sympathischen Lächeln durch ein steriles Hightech-Labor führt, in dessen Hintergrund emsig an imposanten Geräten gearbeitet wird.

Nach drei Jahren Gefängnis und Folter erkennt man Liu fast nicht wieder. Er ist hager, geradezu abgemagert; tiefe Augenringe lassen ihn viel älter erscheinen, als er tatsächlich ist. Man sieht frische Blutergüsse und alte Narben auf Gesicht und Händen. Es scheint unmöglich, dass dieser Mann jemals gelächelt haben soll.

Liu war der Gründer und Leiter eines angesehenen Biotech-Unternehmens in Shenzhen. Unsere Recherchen ergaben, dass er mit ziemlicher Sicherheit mehrere Geheimaufträge für die chinesische Regierung an Land gezogen hatte, die alle zur Marsmission seiner Nation beitragen sollten.

Ein Praktikant in Lius Firma machte irgendwann Fotos seines beeindruckenden Arbeitsplatzes und verkaufte diese an professionelle Spammer. Die wiederum illustrierten mit den freundlichen chinesischen Wissenschaftlern um Liu ihre Werbemails, die dem Adressklau dienen.

Lius Regierung sah in diesen E-Mails einen dreisten Versuch, geheimes Material zu Chinas ambitioniertem Marsprojekt ins Ausland zu übermitteln, und verhaftete Liu eines Abends auf dem Parkplatz seines Unternehmens als Spion.

Qiufan Liu sagt nicht viel zu der ganzen Sache. Was soll er auch sagen? Er weiß, dass er diesen Ort auf keinen Fall lebendig verlassen wird.

Eher werden seine Landsleute als Erste den Mars besiedeln.

\* \* \*

„Schlank, fit und schön in 90 Tagen!“

Mit diesem Slogan gedachte Mike R. (der Nachname wurde auf Wunsch des Betroffenen nicht in unsere Aufzeichnungen übernommen) sein kleines Fitnesscenter in Chicago im ungleichen Kampf gegen die großen, billigen Ketten zu retten. Er heuerte sogar extra einen Fachmann für virales Marketing an.

Sein Fitnesskonzept und die digitale Kampagne wurden zur Grundlage aller Spam-Mails zum Thema Abnehmen und Trainieren. Dabei lief bereits die ursprüngliche Werbeoffensive von Mike R. völlig aus dem Ruder. Menschen jenseits des Idealgewichts und des Schönheitsideals fühlten sich durch den forschenden Spruch beleidigt. Außerdem hatte ein Eiweißprodukt, das Mike R. anbot, frapierende Nebenwirkungen, die Dr. Mangold gefreut hätten. Mike R. wurde vielfach verklagt. Seine Ehe ging über die ganze Angelegenheit zu Bruch, sein Studio konnte er ebenfalls nicht halten.

Um seine Anwaltsrechnungen und die Prozesskosten zu bezahlen, arbeitete Mike R. schließlich selbst als Trainer für eine der Ketten, die ihn damals zum Handeln gezwungen hatten. Das Studio, in dem er Körperkultisten auf fremde Rechnung anleitete, hatte einmal ihm selbst gehört. Inzwischen hat er einen Bierbauch, der wächst statt schrumpft. Er sieht unfit und krank aus. Ein Herzinfarkt lauert in Wartstellung.

Letzten Monat erhielt Mike R. seine Kündigung.

\* \* \*

Daniel Salthill war einer der Ersten, die erkannten, dass man Facebook aufhalten muss. Er hatte sogar eine geniale Idee für ein konkurrenzfähiges Social-Media-Produkt, eine echte Alternative. Aber er wusste auch, dass ihm die Zeit davonlief und der Datenkrake immer größer und mächtiger wurde. Bald schon würde niemand mehr in der Lage sein, sich diesem wachsenden Imperium entgegenzustellen.

Daniel brauchte Geld. Er musste ein Start-up selbst finanzieren und gleich in die richtige Liga katapultieren, damit ein Angriff möglich wäre. Das machte Summen nötig, die sich für jemanden seines Standes nicht ohne Weiteres beschaffen ließen. Also pumpte er jeden in seinem Umfeld an, der sich von ihm anpumpen ließ, und investierte das geliehene Geld in ganze Container voller blauer Potenzpillen von einem seriösen Pharmaunternehmen, die er mit Gewinn weiterverkaufte. Je größere Mengen er einkaufte, desto niedriger fiel für ihn der Preis pro Packung aus. Das klappte eine Weile überraschend gut und vermehrte sein Kapital – jedenfalls so lange, bis der Markt von zu vielen Imitaten aus Südamerika und Asien endgültig kaputtgemacht wurde. Daniel hatte eine Blase im Krieg zwischen Produzenten, Schmugglern und Behörden erwischt und das Vakuum kurzzeitig gefüllt, danach wurde er sofort wieder verdrängt.

Daniel träumte davon, der Menschheit ihre Online-Eigenständigkeit zurückzugeben. Sein Start-up ging jedoch nie an den Start, sein soziales Netzwerk nie online. Freunde und Verwandte sprechen nicht mehr mit ihm, weil er ihnen

Geld schuldet und obendrein den Ruf eines Sonderlings genießt, der im Haus seiner Großmutter jeden Raum mit Gebirgszügen aus Potenzpillenpackungen vollgestellt hat.

\* \* \*

Auf unseren Forschungsreisen haben wir Bitcoin als grenzenlose Währung zu schätzen gelernt.

Unser Gesprächspartner, der aufgrund seiner Beteiligung am Pseudonym Satoshi Nakamoto mehr über die ersten Tage und die Entwicklung der Kryptowährung weiß als sonst wer, war schwer aufzuspüren und noch schwerer von einem Treffen zu überzeugen.

Wir trafen uns in Rio mit ihm und sicherten ihm bedingungslose Anonymität zu im Austausch gegen Hintergrundinformationen.

## NOTGEDRUNGEN ERFAND MAN DIE VERRÜCKTESTEN INVESTITIONSFORMEN IM ZUSAMMENHANG MIT DER KRYPTOWÄHRUNG.

Also erzählte er. Bei Bitcoin sei es zuerst darum gegangen, eine unabhängige, körperlose Währung zu schaffen, die keiner Nation und keiner Lobby verpflichtet wäre. Aus diesem Grund sei es auch zu der hohen Zahl aufmerksamkeitsheischender Mails gekommen: Man brauchte viele Interessenten und viel Rechnerleistung zum Mining, damit die neue Währung genug Bedeutung erlangen konnte, um keine Eintagsfliege zu bleiben. Notgedrungen erfand man die verrücktesten Investitionsformen im Zusammenhang mit der Kryptowährung. Es entstanden Fonds und abenteuerliche Derivate – und sie alle mussten von vielen Seiten aus mithilfe eines schnellen, preisgünstigen Mediums beworben werden. Allerdings bekam man den Geist, den man freigelassen hatte, nicht mehr in die Flasche zurück, nachdem die allgemeine Aufmerksamkeit allzu groß geworden war. Es reagierten schlicht und einfach zu viele Menschen auf die Mails, die Bitcoin-Geschäfte priesen. Der Algorithmus musste den Minern immer höhere kryptografische Hürden bauen, um angesichts der immensen Nachfrage gegenzuhalten. So verlangten die Produktion und Verifikation neuer Codeblöcke immer mehr Ressourcen. Weil sich das Ganze aber dennoch für viele Betreiber von Miningfarmen lohnte, bekam der Moloch Bitcoin im selben Tempo auch immer mehr Ressourcen. Ein Teufelskreis.

Dass unser Gesprächspartner untertauchte, lag an den Morddrohungen, die er erhielt. Militante Öko-Aktivistinnen aus Norwegen hatten den weltweiten Stromverbrauch der Serverfarmen für die Bitcoin-Erzeugung ziemlich genau berechnet. Daraufhin nahmen sie ihn und andere der mutmaßlichen Erfinder ins Visier.

## Über den Autor

**Christian Endres** ist seit Frühjahr 2017 bereits zum siebten Mal mit einer c't-Story vertreten. Der 1986 geborene Würzburger, der sich für Sherlock Holmes und Falco begeistert, arbeitet als freier Redakteur unter anderem für den Tagesspiegel, den Tip Berlin und Panini Comics. Für seine Erzählungen wurde er mehrfach mit dem Deutschen Phantastik Preis ausgezeichnet und als Teil des Redaktionsteams von diezukunft.de mit dem Kurd-Laßwitz-Preis.



Bild: Christian Endres

Er glaubt noch immer an Bitcoin, jedoch wünscht er von ganzem Herzen, er hätte das erste Mailmonster niemals erweckt.

\* \* \*

Die Spur der meisten Spam-Mails, die in den letzten Jahren Betreiber von Blogs und Portalen mit Versprechen von mehr Traffic und satten Werbeeinnahmen lockten, führte uns zu einem bestimmten New Yorker Marketing-Unternehmen.

Dessen Gründer und Chef, Jeffrey Klinger, galt unter Eingeweihten als Werbeguru: eine kreative Maschine, ein knallharter Geschäftsmann, ein visionärer Vordenker und ein unermüdliches Arbeitstier. Mittlere und größere Unternehmen, aber auch private Plätzchenrezepteblogger oder semiprofessionelle Wellensittichzüchter: Sie alle wollte er ansprechen, überall sah er Möglichkeiten. Content sei das neue Öl – und wie man das fördere, wisse niemand besser als er.

Angestellte seines Unternehmens schilderten uns einen über Gebühr ehrgeizigen, gehetzten Workaholic, der so gut wie nie nach Hause ging, der ausnahmslos für seinen Job und seine Firma lebte und für den es an vielen Tagen nur Kunden und Koks gab.

Seine früheren Untergebenen sagten uns auch, wo wir sein Grab finden würden, falls wir es besuchen wollten.

Jeffrey Klinger wurde 42 Jahre alt.

Zu viel Stress, zu viele Drogen.

Wir denken zurzeit alle über einen kleinen Urlaub nach, bevor wir zu unserer nächsten Forschungsreise aufbrechen.

\* \* \*

Mandy Dynamite.

Wir haben errechnet, dass es statistisch gesehen kaum einen Mann zwischen 13 und 61 gibt, der auf irgendeine Weise Zugang zum Internet hat und dabei noch nicht auf ein Nacktbild von ihr gestoßen ist.

Mandy Dynamite, eigentlich Marie Lemansky, Jahrgang 1977, spielte in einigen uninspirierten Pornos die weibliche Hauptrolle. Dann erhielt sie das Angebot, als Fotomodell und Gesicht für eine Internet-Geschäftsidee zu fungieren. Mandy, die seit der Highschool von Ruhm träumte, sagte begeistert zu. Sie konnte ja nicht ahnen, wie massiv ihre Fotos

in Mails mit Angeboten für Pornoportale aller Art verbreitet werden sollten.

Doch ihr Bild brannte sich in die Netzhaut vieler Pilger und Perverser. Bis dahin war es der Alltags-Marie gelungen, nicht als Porno-Mandy erkannt zu werden. Diese Zeiten gehörten nach ein paar Monaten, in denen die freizügigen Werbemails zirkulierten, der Vergangenheit an. Stalker bestimmten Mandys Leben, das irgendwann nur noch aus panischen, fluchtartigen Umzügen bestand.

Einmal wurde Mandy sogar von einem Verrückten entführt, der sie in einer leerstehenden Fabrik gefangen hielt. Die Polizei konnte Mandy erst nach drei Tagen befreien.

Die Presse stürzte sich bereitwillig auf den Fall des gekidnappten Pornosternchens aus dem Internet, das so gut wie jeder schon einmal auf einem Monitor oder sonstigen Display gesehen hatte.

Mandy hatte genug und ließ sich von einem Chirurgen ein neues Gesicht geben. Aber das reichte nicht, um ihren Dämonen und Traumata zu entkommen. Die Angst, wieder erkannt und abermals entführt zu werden, wurde Mandys ständiger Begleiter. Sie veränderte ihren Körper auf alle erdenklichen Weisen – und nur die wenigsten waren gesund.

Ihre Schwester, mit der sie stets Kontakt hielt, erzählte uns von Mandys Leidensweg. Der hatte sie in mannigfaltige Abhängigkeiten, psychiatrische Kliniken und, am traurigen Ende, in den Selbstmord geführt.

Mandys Schwester zeigte uns einige der letzten Fotos.

Darauf hätte niemand Mandy Dynamite wiedererkannt.

\* \* \*

Wir hoffen, mit diesen Beispielen zeigen zu können, dass die Spamologie eine moderne Wissenschaft von größter gesellschaftlicher Relevanz ist – ein wichtiges Forschungsgebiet an der Schnittstelle von Mensch und Digitalisierung. Ihre Ergebnisse können dabei helfen, die Zusammenhänge in unserer schnelllebigen, gnadenlosen Welt nicht aus den Augen zu verlieren und sie besser zu begreifen.

Wir, die wir uns der Spamologie verschrieben haben, wollen Einsichten gewinnen und an die Gemeinschaft weitergeben. Denn nur der Drang, die Dinge sowie einander besser zu verstehen, wird uns in die Lage versetzen, als erkenntnisgeleitete Gesellschaft in eine bessere Zukunft zu gelangen.

Klicken Sie [HIER](#) für weitere Informationen oder wenn Sie unsere Forschungen direkt mit einer Spende unterstützen wollen.

(psz@ct.de) 

## Die c't-Stories als Hörversion

Unter [heise.de/-4491527](https://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](https://ct.de/yz13)).



# Der beste Weg zum Clean-Code



**Heft + PDF  
mit 29 % Rabatt**

Dieses Sonderheft verschafft Ihnen einen umfassenden Überblick, welche Programmiersprachen, Tools und Methoden den Weg zu besserem Code ebnen.

- ▶ Tutorial Clean Code in C++20
- ▶ KI-Unterstützung beim Schreiben von Code
- ▶ GitOps für den automatisierten IT-Betrieb
- ▶ Für Abonnenten portofrei
- ▶ Auch im Set mit Heft + PDF + Buch „Der pragmatische Programmierer“

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

[shop.heise.de/ix-dev-code21](https://shop.heise.de/ix-dev-code21)

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**

## Fernstudium Robotik



Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

**NEU: Umweltschutz-Techniker,  
Netzwerk-Techniker, SPS-Techniker**

Teststudium ohne Risiko.  
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

**FERNSCHULE WEBER - seit 1959**  
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. F14  
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

[www.fernschule-weber.de](http://www.fernschule-weber.de)



I ❤️  
**NERDISTAN**

**ct** magazin für  
computer  
technik

## WACHENDORFF

**Wachendorff Prozesstechnik**  
65366 Geisenheim | Tel.: +49 6722 9965-544  
beratung@wachendorff.de  
[www.wachendorff-prozesstechnik.de/ipc-ct](http://www.wachendorff-prozesstechnik.de/ipc-ct)

### Industrie-PC

Panel-PC | Displays | Box-PC



**Leistungsstarke Hardware,**  
speziell für den industriellen Einsatz!

[www.wachendorff-prozesstechnik.de/ipc-ct](http://www.wachendorff-prozesstechnik.de/ipc-ct)



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



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

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



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



49 (0)541 800 09 120




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




MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE  
INFORMATIONSTECHNIK


**ORACLE Feuerwehr** [www.oraservices.de](http://www.oraservices.de) 

**Lust auf Java?** [WWW.TQG.DE/KARRIERE](http://WWW.TQG.DE/KARRIERE) 

Home Office, Videokonferenzen, Cloud Speicherung, - alles Datenschutzkonform? Externe DSGVO Beratung zum fairen Preis **solutions@provigor.de**, Tel.: +49 15 22/161 05 02 


**WLL-Breitband Netz Rhein-Main – techni.de** 


softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen, Website Boosting, Online-Pressemitteilungen, Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach anrufen, Faxen oder eine E-Mail schicken. Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024, Telefax: 0511/3884512, E-Mail: [service@softaktiv.de](mailto:service@softaktiv.de), Internet: [www.softaktiv.de](http://www.softaktiv.de) 


**DATENRETTUNG** v. HDD, RAID, SSD – **Erfolg >99%**  
[www.datarecovery.eu](http://www.datarecovery.eu) – 24h-Tel.: 0800-073 88 36 

**xxs-kurze Daten- & Netzkabel: kurze-kabel.de** 

nginx-Webhosting: **timmehosting.de** 

Embarcadero Delphi / C++, Probleme? Auf Fehlersuche? Hilfe unter **solutions@provigor.de** Neues Thema: Functional Programming 

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) insbesondere Texte aus den Bereichen Telekommunikation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. + Fax: 05130/37085 

**EDELSTAHL LED SCHILDER:** [www.3D-buchstabe.com](http://www.3D-buchstabe.com)  
HAUSNUMMERN nobel 230V~: [www.3D-hausnummer.de](http://www.3D-hausnummer.de) 

**www.patchkabel.de** - LWL und Netzwerk Kabel 

**Oldie-Rechner:** Superrechner der 90er Jahre, Data General MV 1500 mit Bandlaufwerk, doppel Rack, an Museum oder Sammler abzugeben, [wolf.ihle@gmx.de](mailto:wolf.ihle@gmx.de)

**Anzeigenschluss  
für die nächsten  
erreichbaren Ausgaben:**  
**26/2021: 16.11.2021**  
**01/2022: 30.11.2021**  
**02/2022: 08.12.2021**



## c't – Kleinanzeigen

### Private Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 10,- ; jede weitere Zeile € 8,-

### Gewerbliche Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 20,- ; jede weitere Zeile € 16,-

**Chiffre-Anzeige:** € 5,- Gebühr

**Hinweis:** Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.


PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

☐ Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.  
Sparkasse Hannover,  
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz ☐ privat ☐ gewerblich\* (werden in c't mit  gekennzeichnet) ☐ Chiffre

€ 10,- (20,-)	
€ 18,- (36,-)	
€ 26,- (52,-)	
€ 34,- (68,-)	
€ 42,- (84,-)	
€ 50,- (100,-)	
€ 58,- (116,-)	
€ 66,- (132,-)	

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. \* Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

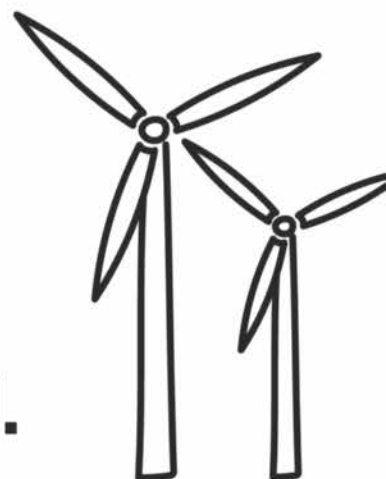
Ausfüllen und einsenden an:  **Heise Medien GmbH & Co. KG**  
**c't-Magazin, Anzeigenabteilung**  
**Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover**

**Faxnummer: 05 11 / 53 52-200**

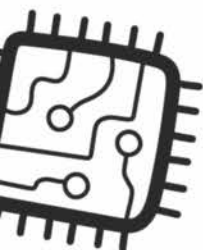
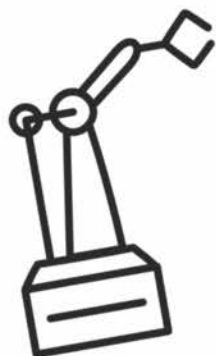
➔ Weiterlesen, wo andere aufhören.







## Die Welt verstehen, wie sie morgen sein wird.

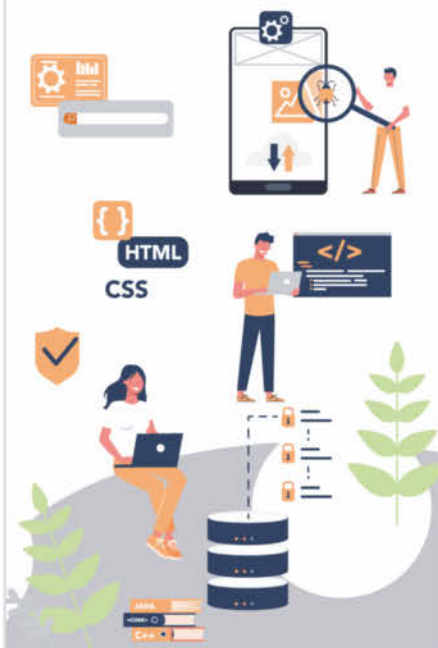


**40 %  
Rabatt**

**2 Ausgaben MIT Technology Review  
als Heft oder digital inklusive Prämie nach Wahl:**

[mit-tr.de/testen](https://mit-tr.de/testen)

 heise **Jobs**



## DIE Jobbörse für IT-Experten

unter dem Dach  
von heise online

Im neuen Look:

- frisch
- jung
- modern

Finden Sie bei uns  
Ihren Spitzen-Job  
in der IT!

**jobs.heise.de**

**UNSERE TOOLS  
ERMÖGLICHEN SO EINIGES...  
...DIGITALE  
SOUVERÄNITÄT  
ZUM BEISPIEL.**



Zentrale Stelle  
für Informationstechnik  
im Sicherheitsbereich

Unsere Ideen schützen Deutschland.  
Mehr Informationen zu Aufgaben- und  
Tätigkeitsfeldern und offenen Stellen  
gibts auf [zitis.bund.de](https://zitis.bund.de)

**Die Zukunft im Blick!**



**ZITIS**

# Inserenten\*

1blu AG, Berlin .....	9
B1 Systems GmbH, Vohburg .....	15
combit GmbH, Konstanz .....	196
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen .....	95
CRONON GmbH, Berlin .....	2
dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg .....	87
DZ BANK AG, Frankfurt .....	41
ESET Deutschland GmbH, Jena .....	37
Fernschule Weber, Großenkneten .....	187
GN Audio Germany GmbH, Raubling .....	29
Kioxia Europe GmbH, Düsseldorf .....	33
kurze-kabel.de, Tübingen .....	31
Panasonic Deutschland GmbH, Hamburg .....	7
Platinion GmbH, Köln .....	195
SienerSoft AG, Wiesbaden .....	45
Telefónica Germany GmbH & Co. OHG, München .....	53
Thomas-Krenn.com, Freyung .....	85
Wachendorff Prozesstechnik GmbH & Co. KG, Geisenheim .....	187
WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe .....	35
Wiesemann & Theis GmbH, Wuppertal .....	43

## Stellenanzeigen

ZITis Zentrale Stelle für Informationstechnik im Sicherheitsbereich, München .....	191
--	-----

## Veranstaltungen

secIT Specials	heise Events	10
c't webdev	c't, heise Events	59
betterCode () PHP	heise developer, dpunkt.verlag	83
c't webdev Workshops	c't, heise Events	97
betterCode () .NET	heise developer, dpunkt.verlag	99
secIT by Heise	Heise Medien	109
storage2day	iX, dpunkt.verlag	123
M3 Minds Mastering		
Machines	iX, heise developer, dpunkt.verlag	151
Workshop		
Softwareentwicklung	heise Academy	167
Multi-Access-Netze	c't, heise Events	192

Ein Teil dieser Ausgabe enthält Beilagen der Heise Medien GmbH & Co. KG, Hannover.

\* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.

Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

## Internetausfälle kompensieren: Multi-Access-Netze für KMU



Heutzutage ist jede Firma auf eine funktionierende Internetanbindung angewiesen. E-Mails, der Zugriff auf Partnernetzwerke, Recherchen, die eigene Standortvernetzung. Fällt die Internetanbindung aus, und sei es nur für wenige Stunden, „steht“ oftmals der ganze Betrieb.

Der Workshop vermittelt einen Überblick über **aktuelle Techniken zu redundanten Internet-Anbindungen** von Firmenstandorten.

- Vorstellung unterschiedlicher Access-Technologien
- Redundanzverfahren
- Unterschiede IPv4/IPv6
- Konvergenzzeiten

**Jetzt  
Workshop-  
Platz  
sichern!**

**Referent:**  
Holger Zuleger,  
Netzwerk-Spezialist

[heise-events.de/workshops/multi-access-netze](https://heise-events.de/workshops/multi-access-netze)



# 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:** „Der optimale PC 2022“: Christian Hirsch (*chh@ct.de*), „Musikstreamingdienste“: Hartmut Gieselmann (*hag@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 Grävemeyer (*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 Schüler (*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 (*muc@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 Wölbert (*cwo@ct.de*)

**c't online:** Ulrike Kuhlmann (*Ltg*, *uk@ct.de*)

**Koordination News-Teil:** Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Christian Wölbert (*cwo@ct.de*)

**Koordination Heftproduktion:** Martin Triadan (*mat@ct.de*)

**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 89/4271 86-0, Fax: 0 89/4271 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:** 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 Binkies, 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: [ayznmmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwkcxz2vhf2hbarbzydm7oad.onion](https://ayznmmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwkcxz2vhf2hbarbzydm7oad.onion)

## Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: www.heise.de

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Beate Gerold

**Mitglieder der Geschäftsleitung:** Jörg Mühle, Falko Ossmann

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167)  
(verantwortlich für den Anzeigenteil),  
[www.heise.de/mediadaten/ct](http://www.heise.de/mediadaten/ct)

**Anzeigenpreise:** Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 38 vom 1. Januar 2021.

**Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien):** Media Gate Group Co., Ltd., 7F., No. 182, Section 4, Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, [www.mediagate.com.tw](http://www.mediagate.com.tw)  
Tel.: +886-2-2882-5577, Fax: +886-2-2882-6000,  
E-Mail: [mei@mediagate.com.tw](mailto:mei@mediagate.com.tw)

**Leiter Vertrieb und Marketing:** André Lux (-299)

**Werbeleitung:** Julia Conrades (-156)

**Service Sonderdrucke:** Julia Conrades (-156)

**Druck:** Firmengruppe APPL, appl druck, Senefeldersr. 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](mailto:info@dermedienvertrieb.de)

### c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 5,50 €; Österreich 6,10 €; Schweiz 8,10 CHF; Dänemark 60,00 DKK; Belgien, Luxemburg, Niederlande 6,50 €; Italien, Spanien 6,90 €

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 130,95 €, Österreich 140,40 €, Europa 149,85 €, restl. Ausland 176,85 € (Schweiz 186,30 CHF); ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 94,50 €, Österreich 95,85 €, Europa 113,40 €, restl. Ausland 140,40 € (Schweiz 140,40 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 18,90 € (Schweiz 22,95 CHF) Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUG, BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 98,55 €, Österreich 98,55 €, Europa 117,45 €, restl. Ausland 144,45 € (Schweiz 132,30 CHF).  
Luftpost auf Anfrage.

### Leserservice:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: [leserservice@ct.de](mailto:leserservice@ct.de)

Telefon: 05 41/8 00 09-120

Fax: 05 41/8 00 09-122

**c't abonnieren:** Online-Bestellung via Internet ([www.ct.de/abo](http://www.ct.de/abo))


oder E-Mail ([leserservice@ct.de](mailto:leserservice@ct.de)).

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.  
Hergestellt und produziert mit Xpublisher: [www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com)  
Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2021 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA ACTA 

# Vorschau 25/2021

Ab 20. November im Handel und auf ct.de



## Intel Core i-12000

Intel hat die 12. Generation der Core-i-Prozessoren von Grund auf überarbeitet. Die Alder-Lake-CPUs treten mit Hybrid-Kernen, feinerem Fertigungsprozess, DDR5-RAM und PCI Express 5.0 an. Damit sollen sie nicht nur bei der Performance an den Ryzen 5000 von AMD vorbeiziehen.



## Smart-TVs: Test und Beratung

Beim Kauf eines Fernsehgeräts gilt es abzuwägen zwischen möglichst großem Display, angemessenem Preis und High-End-Technik. Das große Angebot und der Akkufi machen es einem aber nicht eben leicht: LCD, OLED, Mini LED, Edge-Light oder FALD, was ist am besten? Und welche Apps brauche ich am Smart-TV wirklich?

## Energiepreise: Maßnahmen gegen die Kostenexplosion

Strom, Gas und Heizöl werden immer teurer. Analysieren Sie deshalb Ihren Strom- und Heizenergieverbrauch. Sind die Energiefresser erst einmal enttarnt, können Sie gezielt sparen, etwa durch smarte Technik oder einen Anbieterwechsel. Doch Vorsicht: Hier lauern neben Chancen auch Risiken.

## Dokumente scannen unter Linux

Einzugsscanner und OCR-Software verwandeln bedrucktes Papier in durchsuchbare PDFs, die sich ohne Aktenordner archivieren lassen. Viele Scannerhersteller haben zwar nur Windows im Fokus, man kann aber auch unter Linux dem Ideal des papierlosen Büros oder Zuhauses näher kommen.

## Künstliche Organe unterm Messer

Bei einer Leberoperation muss jeder Schnitt sitzen und eine schnelle Blasen-Endoskopie schont den Patienten. Künstliche Organe und ihre digitalen Pendants unterstützen die Arztausbildung und helfen, neue Instrumente zu entwickeln und Operationsmethoden zu verbessern.

## Noch mehr Heise-Know-how



c't Cloud 2021 jetzt im Handel und auf heise-shop.de



Mac & i Extra Winter 2021/2022 jetzt im Handel und auf heise-shop.de



Make: Sonderheft 2021 jetzt im Handel und auf heise-shop.de





# TAKE CTRL OF YOUR CAREER

## Setze neue Maßstäbe für die digitale Zukunft.

Bei BCG Platinion liegt die Zukunftsfähigkeit globaler Unternehmen in deinen Händen. Als führende IT-Beratung und Teil der Boston Consulting Group arbeiten wir mit unseren Kunden auf höchster Ebene an den geschäftskritischen Herausforderungen der Digitalisierung. Profitiere von den Chancen unseres weltweiten Netzwerks und präge mit uns die Welt von morgen.

Alle Infos auf [bcgplatinion.com](https://bcgplatinion.com)



List & Label 27

# App in die Cloud



## Web Report Designer

Erstellen Sie Berichtsvorlagen direkt im Browser ohne zusätzliche Software.



## Desktop Designer

Erstellen Sie flexibel interaktive Berichte, Dashboards, Formulare und Etiketten.



## Einfaches Deployment

In Windows Docker Containern auf Plattformen wie Azure App Service oder AWS.



## Up to date

.NET 6, Visual Studio 2022, Windows 11, Embarcadero RAD Studio 11 u.v.m.

