



**magazin für  
computer  
technik**

17.12.2022 1

Europas größtes IT- und Tech-Magazin



# Was Luxus-Handys bieten

Super Kameras, fette Flash-Speicher, faltbare Displays

12 Geräte im Test von Apple bis Xiaomi

## TEST

Mastodon-Apps für Android und iOS  
Breitbandtarife für Glasfaser, Kabel, DSL  
Spiele für Kinder und Familien  
E-Book-Reader Kindle Scribe mit Stift  
Mini-PC NUC 12 Enthusiast für Gamer



# Kompakte Spitzen-Notebooks

Tolle Displays, bis 24 Stunden Laufzeit, ab 1000 Euro

## FOKUS

Morde aufklären mit Biomechanik und Robotern  
EU streitet über Regeln für künstliche Intelligenz  
Open-Data-Schätzchen heben über öffentliche APIs  
Schlafprobleme per Radar zu Hause analysieren  
Linux-Installationen auf neue Hardware umziehen



# Erfolgreich Sprachen lernen online und mit Apps

Mit welchen Tools das Lernen Spaß macht

Test: Online-Sprachkurse Babbel Live und Busuu Live

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



# SCHÜTZE DEINE INHALTE – OHNE VIEL DRUMHERUM!

Cordaware **bestzero**: Verbindet Menschen mit Applikationen, nicht mit Netzwerken



Remote Zugriff auf lokale Ressourcen **schnell** und **einfach** bereitstellen.

Keine offenen eingehenden Ports erforderlich => **Zero-Firewall-Config.**



Verfügbar für Windows, macOS, Linux und Android

Cordaware GmbH Informationslogistik +++ Fon +49 8441 8593200 +++ info@cordaware.com +++ www.cordaware.com

© Copyright by Heise Medien.





## Microsoft 365: Auf eigene Gefahr

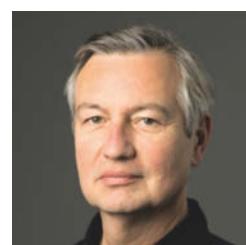
Da ist er wieder, der Datenschutz als Fortschrittsbremse: Deutsche Unternehmen und Schulen wollen doch nur unbehelligt die Onlinedienste von Microsoft nutzen. Und erneut kommen die deutschen Datenschutzbeauftragten um die Ecke. Microsoft erkläre seinen Kunden nicht ausreichend, wie es all die im Online-Office und bei der Kommunikation in Teams anfallenden Daten verarbeitet. Deshalb sei kein datenschutzgerechter Einsatz von Microsoft 365 möglich.

Und dies, obwohl der US-Konzern seine Datenschutzerklärungen auf Drängen der Behörden gerade erst leicht angepasst hatte. Nun bellt er wie ein getroffener Hund (siehe S. 36). In seinem Hochmut will Microsoft eine große Errungenschaft nicht anerkennen, die seit 2018 EU-weit gilt: Nutzer von Clouddiensten haben laut DSGVO ein Recht zu erfahren, wohin all ihre persönlichen Daten abfließen und wer sie wie verarbeitet. Man mag das für übertrieben halten, aber es ist Gesetz. Microsoft ignoriert das, zumindest teilweise.

Gerade Microsoft: Hier geht es um einen US-Konzern, der über sein Desktop-Betriebssystem die Kunden mit allerlei Tricks in die eigene One-Drive-Cloud drängt. Der unaufgefordert die dort liegenden, teils höchst persönlichen Daten nach möglichen kriminellen Inhalten durchforstet, bei

vermeintlichen Treffern seinen zahlenden Kunden dauerhaft den Onlinezugang sperrt und sie überdies noch ohne ihr Wissen der Strafverfolgung übergibt (siehe c't 24/2022, S. 104). Klar, dass dieser Hund besonders laut bellen muss.

Dabei hat er nicht einmal etwas zu befürchten. Es ist absurd: Auf die Pfoten bekommen eher all die Kunden, die Microsoft 365 einsetzen. Unternehmen etwa können ihren Beschäftigten keine schlüssigen Informationen zum Verbleib der Daten geben, weil Microsoft als Auftragsverarbeiter diese nicht vorhält. Deshalb verstößen sie selbst, nicht Microsoft, gegen die DSGVO. Weil die Datenschutzbeauftragten von diesem Dilemma wissen, verzichten sie seit Jahren auf Sanktionen und werden das wohl auch weiter tun. Ihnen ist klar, wie unverzichtbar Microsoft 365 geworden ist – und sie wollen nicht als Fortschrittsbremse gelten. Bei allem Gebelle weiß Microsoft, dass die Datenschützer nicht beißen werden.



*Holger Bleich*

Holger Bleich

# TERRA MOBILE

# 1470T

Außergewöhnlich.  
Flach.  
Leistungsstark



## Holen Sie sich mit Windows 11 Pro das bisher sicherste Windows

Die neuen Windows 11-Geräte integrieren Hardware und Software und bieten so einen leistungsstarken, sofort einsatzbereiten Schutz, der Berichten zufolge die Zahl der Firmware-Angriffe um das 3,1-fache reduziert.<sup>1</sup> Schützen Sie das Herzstück mit hardwarebasierter Sicherheit wie dem neuesten TPM 2.0, Sicherheit auf Chipebene sowie Schutzmaßnahmen für

Daten und Identitäten. Damit Sie von Anfang an sicher sind, verhindert Windows 11, dass Schadsoftware beim Starten geladen wird. Darüber hinaus können Sie Ihren Zero-Trust-Schutz verstärken, indem Sie Ihre Daten und Ihr Netzwerk durch einen hardwarebasierten Root-of-Trust-Support unterstützen, der die Integrität von Geräten aufrechterhält und verifiziert.

## ERHÄLTLICH BEI IHREM TERRA FACHHÄNDLER

IBN Gesellschaft für Systemtechnik mbH, **14478** Potsdam, Tel. 0331/888400 • Capeletti & Perl GmbH, **20097** Hamburg, Tel. 040/23622 0 • Computer-Service-Buchholz GmbH, **21244** Buchholz i.d.N., Tel. 04181/137373 • Caligrafika, **26133** Oldenburg, Tel 0441/9250095 • T&S Computech GmbH, **30175** Hannover, Tel. 0511/884817 • B.I.T. Datentechnik GmbH, **31675** Bückeburg, Tel.05722/95040 • Systemhaus Przykopanski, **31848** Bad Münder, Tel. 05042/933160 • MBörso-Computer GmbH, **33100** Paderborn, Tel. 05251/28818-0 • Microtec GmbH, **33649** Bielefeld, 0521/9455274 • bits+bytes Computer GmbH & Co. KG, **35745** Herborn, Tel. 02772/94990 • RODIAC EDV-Systemhaus GmbH, **42251** Velbert, Tel. 02051/989000 • ServeNet Computervertrieb, **42279** Wuppertal, Tel. 0202/266166 • Rose Computer GmbH, **46395** Bocholt, Tel. 02871/244400 • Kortenbrede Datentechnik GmbH, **48161** Münster, Tel. 02533/930802 • Großbecker & Nordt Bürotechnik-Handels-GmbH, **50859** Köln, Tel. 02234/40890 • Franken & Vogel GmbH, **55124** Mainz, Tel. 06131/14406-34 • SURE DataSystems, **57627** Hachenburg, Tel.02662/95830 • Pauly Büromaschinen Vertriebs GmbH, **65555** Limburg, Tel. 06431/500466 • Krieger GmbH & Co KG, **68163** Mannheim, Tel. 0621/833160 • G+S Computer GmbH **68519** Viernheim, Tel. 06204/607921 • KAISYS.IT GmbH, **72793** Pfullingen, Tel. 07121/145330 • Daner-It-Systemhaus GmbH, **72760** Reutlingen, Tel. 07121/56780 • MP-Datentechnik GmbH, **73730** Esslingen, 0711/3609163 • Resin GmbH & Co.KG, **79589** Binzen, Tel. 07261/6660 • Office Komplett, **79664** Wehr Tel. 07762 / 708860 • Schwarz Computer Systeme GmbH, **92318** Neumarkt, Tel. 09181/48550 • K&L electronics GmbH, **95466** Weidenberg, 09278/98610-0 •



Magnesium-  
gehäuse

#### TERRA MOBILE 1470T

- Intel® Core™ i5-1135G7 Prozessor  
(8 MB Cache, bis zu 4.20 GHz)
- Windows 11 Pro
- Displaygröße 35.6 cm (14")  
1920 x 1080 FHD Auflösung
- 8 GB RAM
- 500 GB SSD
- Intel® UHD Grafik

Artikel-Nr.: 1220727

1.069,-\*

Preis UVP inkl. gesetzl. MwSt.

\* Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise in € inklusive gesetzlicher Mehrwertsteuer.  
Es gelten die AGB der Wortmann AG, zu finden unter [www.wortmann.de](http://www.wortmann.de). Solange der Vorrat reicht.  
Keine Mitnahmегарантie.

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

<sup>†</sup> Windows 11 Survey Report, Techaisle, Februar 2022. Ergebnisse für Windows 11 basieren auf einem  
Vergleich mit Geräten mit Windows 10.

© Copyright by Heise Medien.

[www.wortmann.de](http://www.wortmann.de)

**WORTMANN AG**

IT. MADE IN GERMANY.

# Inhalt c't 1/2023

## Titelthemen

### Was Luxus-Handys bieten

- 16 Test 9 High-End-Handys mit Android und iOS
- 28 Falt-Handys von Motorola und Samsung

### Erfolgreich Sprachen lernen online und mit Apps

- 60 Sprachlern-Apps perfekt nutzen
- 68 Praxistest Babbel Live und Busuu Live
- 72 Tools und Tipps zum Sprachenlernen

### Kompakte Spitzen-Notebooks

- 88 Test Leichte und kräftige Luxus-Laptops

## Aktuell

- 14 Kritische Infrastruktur Besserer Schutz geplant
- 34 Smart Meter sollen für Nutzer billiger werden
- 36 Datenschutz Microsoft 365 nur so halblegal
- 37 KI-Bildgeneratoren erzeugen Avatare
- 38 Bit-Rauschen Raspi-Rosenkrieg, Kryptokurse
- 39 Hardware Profi-Grafik, Low-Profile-Kühler
- 40 Grafikkarten AMD Radeon 7900 XT und XTX
- 42 Netzwerke QUIC parallel, FritzOS 7.50
- 43 Server & Storage Verwirrung um M-Disc
- 44 Jailbreaks Ein Hacker über Vor- und Nachteile
- 46 Text-KI ChatGPT textet und programmiert
- 48 Internet Gesundheits-IT, Dropbox verschlüsselt
- 49 Onlinehandel Kreditregeln, Digitale Girocard
- 50 Raspi NAS-Basisboard, Raspi-4-Alternative
- 52 Forschung KI beobachtet Passanten
- 53 openSUSE Installer mit LVM und LUKS2
- 54 c't I/O c't-Sofortlesen, KI-Bilder, <webdev>
- 56 Web-Tipps Gizeh in 3D, Kolorieren, Finanzen

## Test & Beratung

- 76 Mini-PC NUC 12 Enthusiast für Gamer
- 78 E-Book-Reader Kindle Scribe mit Stift
- 79 Tablet Apple iPad 10 (2022)
- 80 HDMI-EDID-Emulatoren für 4K und Full HD
- 80 Controller für Switch Hori Split Pad Compact
- 81 Portable PV-Anlage Jackery Solargenerator 500

- 82 Smart TV von Samsung für Quer- und Hochformat
- 84 Multifunktionsdrucker HP LaserJet Tank
- 86 Videokonferenzkamera Poly Studio R30
- 87 Digital Audio Workstation Ardour 7.1
- 100 Mastodon-Apps für Android und iOS
- 104 Spiele für Kinder und Familien
- 112 Breitbandtarife für Glasfaser, Kabel, DSL
- 180 Bücher Java für Einsteiger, Kurt Gödel

## Wissen

- 118 Zahlen, Daten, Fakten Social Media
- 120 So leicht sind Ampeln zu hacken
- 126 Ampelbeeinflussung Die Technik im Detail
- 130 Recht Strafen für Eingriff in Verkehrstelemetrie
- 132 EU streitet über Regeln für künstliche Intelligenz
- 136 Kryptografie Wie RSA riesige Primzahlen findet

### 16 Was Luxus-Handys bieten



Tolle Displays, famose Kameras und Power satt: Luxus-Smartphones haben das alles und noch ein bisschen mehr. Im großen Vergleichstest erfahren Sie, für wen sie sich lohnen und wo sie vereinzelt schwächen.

**142 Morde aufklären mit Biomechanik und Robotern**

**146 Schlafprobleme per Radar zu Hause analysieren**

## Praxis

**152 Open-Data-Schätzchen heben über öffentliche APIs**

**158 Linux-Installationen auf neue Hardware umziehen**

**162 Linux Skripte starten bei Netzwerkwechsel**

**164 Zeitleisten gestalten** mit Keynote

**168 Twitter** User recherchieren und Tweets finden

**170 Windows** Textkonsole einfärben

## Immer in c't

**3 Standpunkt** Microsoft 365: Auf eigene Gefahr

**8 Leserforum**

**13 Schlagseite**

**58 Vorsicht, Kunde** Holpriger Widerruf bei Amazon

**174 Tipps & Tricks**

**178 FAQ** Steam Deck

**182 Story** Santa's Shopping Superstar

**192 Inserentenverzeichnis**

**193 Impressum**

**194 Vorschau 2/2023**

## 60 Erfolgreich Sprachen lernen online und mit Apps



Mit (Web-)Apps lernt man Sprachen schnell und unterhaltsam – so die Theorie. In der Praxis sind die Resultate jedoch ernüchternd. Wir erklären, wie Sie trotz der App-Schwächen ans Ziel kommen.

Frisch aus

**c't Nerdistan**

**152 Open Data** Öffentliche APIs anzapfen

**158 Linux** Installationen auf neuen PC umziehen



**Hardcore**

**120 Verkehrsampeln** Beeinflussungstechnik im Detail

**136 Primzahltest** Wie Miller-Rabin funktioniert

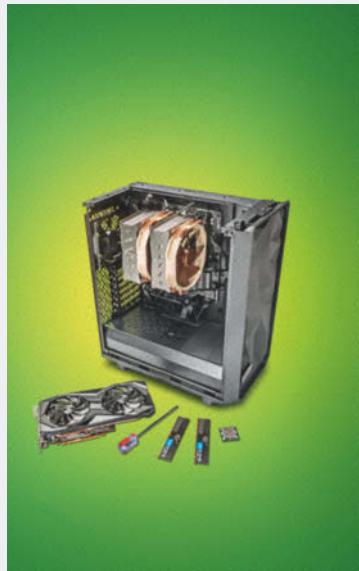
# Leserforum

## Twitter-Bubble

Standpunkt: Twitter, c't 26/2022, S. 3

So sehr Twitter nie lebensnotwendig war, so sinnfrei sind die immer und immer wieder proklamierten Geschichten vom Ende von Twitter. Es wird genug arme Seelen geben, die sich in ihrer Bubble äußerst wohlfühlen und schon allein aus Gewohnheit genau da bleiben, wo sie sind.

MarEllo



## Alternative 5700G

So finden Sie die besten Prozessoren, SSDs, Arbeitsspeicher & Co. für Ihre Ansprüche, c't 26/2022, S. 16

Mag sein, dass der 5700G fürs Büro überdimensioniert ist. Aber beim Preis-Leistungs-Vergleich sollte man immer den Preis für das Gesamtsystem in Relation setzen, das macht Ihr bei der Entscheidung zwischen Intel und AMD 7000 ja auch. Und dann sind etwa 65 Euro Aufpreis zum 5600G weniger als 10 Prozent mehr – bei deutlich mehr Leistungsgewinn.

Starmaster

Für viele c't-Leser kamen unsere PC-Bauvorschläge in c't 26/2022 genau zur richtigen Zeit, einige ärgern sich jedoch über die aktuell hohen Komponentenpreise.

noch ein „Der optimale PC 2023 2.0“-Update gibt.

Michael Ritter

Wenn es neue attraktive Prozessoren und Mainboards gibt, prüfen wir selbstverständlich, ob sich ein Update der Bauvorschläge lohnt.

## Datensparsamkeit

Wie Sie Ihre Daten im Internet löschen (lassen), c't 26/2022, S. 120

Ein intransparentes Konzept schafft einen Markt für ein anderes intransparentes Konzept. Der effektivste Schutz dürfte die eigene Datensparsamkeit sein. Wenn ich beim Besuch [der Datenschutzerklärung, Anm. d. Red.] einer Homepage in der Liste der „Dienstleister“ länger scrollen muss als für den Inhalt, den ich mir anschauen möchte, schließe ich die Seite. Das ist es dann einfach nicht wert für mich. Immerhin taugen diese Listen dafür, den Unternehmen darauf eine Anfrage zur Auskunft im Rahmen der DSGVO zu schicken.

Da ich für jede Seite, auf der ich irgendwann mal einen Account angelegt habe, einen Eintrag in meinem Passwortmanager habe, hat so eine Software gleich einen weiteren Nutzen: Ich weiß, wo definitiv überall Daten von mir im Netz sind.

Wozza

## Regulierung unumgänglich

Die Milliarden-Pleite der Kryptowährungsbörse FTX und ihre Folgen, c't 26/2022, S. 14

Ein Schelm, wer dabei an Wirecard oder an untergegangene „Neuer-Markt“-Firmen denkt. Gut regulierte und (von Wirtschaftsprüfern attestiert) solide Firmen – sollte man gemeint haben!

Gegen Verstoß gegen die eigenen Geschäftsbedingungen in Kombination mit krimineller Energie ist man nie gefeit – dennoch und gerade deswegen ist eine Regulierung dieser neuen Assetklasse unumgänglich und absolut notwendig.

Wenn ein Sam Bankman-Fried jetzt auf Unschuldslamm und Unwissenheit setzt und behauptet, sich trotz allem für das Wohl seiner Kunden einzusetzen, dann ist das nur noch zynisch – und auch noch von einer völlig verzerrten medialen Darstellung zum Beispiel im Wall Street Journal unterstützt.

Das Gericht wird sich von dieser Schauspielerei hoffentlich nicht blenden lassen!

Rubbel Die Katz

## Wir freuen uns über Post

✉ redaktion@ct.de

💬 c't Forum

ƒ c't Magazin

🐦 @ctmagazin

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

Antworten sind kursiv gesetzt.

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



# Making information faster

In der heutigen Arbeitswelt ist das Informationsmanagement ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. Denn nur wer Informationen schnell findet, kann die gestiegenen Anforderungen von Mitarbeitern und Kunden erfüllen und daraus neue Lösungen entwickeln. Von klimafreundlichen Druckern und Multifunktionssystemen über Software für effiziente Dokumenten-Workflows bis hin zu umfangreichen Services: Die Kyocera-Gruppe hilft Unternehmen, Informationen neu zu denken und Geschäftsprozesse effizienter zu gestalten. Making information faster.



Kyocera ist Premium-Partner  
von Borussia Mönchengladbach.



KYOCERA Document Solutions Deutschland GmbH – [www.kyoceradocumentsolutions.de](http://www.kyoceradocumentsolutions.de)  
KYOCERA Document Solutions Inc. – [www.kyoceradocumentsolutions.com](http://www.kyoceradocumentsolutions.com)

© Copyright by Heise Medien.

## Chipfabriken in der EU

Die Halbleiterbranche kippt von Rekord-Erlösen in die Rezession, c't Jahresrückblick 2022, S. 8

Wie Sie in Ihrem Artikel schon selbst schreiben, dauert es Jahre, bis Chipfabriken neu aufgebaut sind. Außerdem helfen die Fabriken nichts ohne Facharbeiter, und das bringt auch nichts, wenn man die Technologie nicht beherrscht. Die geplanten Investitionen sind immer noch der David im Vergleich zu Goliath (TSMC in Taiwan).

Ergo: Es bleibt uns gar nichts anderes übrig, als jetzt endlich aus dem Wachkoma aufzuwachen und uns unabhängiger von Asien zu machen. Nur damit können wir den Schaden minimieren, der entstehen wird, wenn uns chinesische Autokraten den Hahn zu drehen. Es ist also keine Frage, ob wir jetzt im Moment genügend Nachfrage sehen, sondern ob wir langfristig unabhängig(er) sein wollen. Alles andere ist die falsche Strategie.

Bauee

## Gewaltiger Fortschritt

OLEDs, Mini-LEDs und Kristalle auf Speed: Die Monitortrends des Jahres, c't Jahresrückblick 2022, S. 22

Wer einmal OLED in Aktion gesehen hat, will nichts anderes mehr. Qualität besser (!) als selbst im modernen Kino. Ein schwarzer Nachthimmel ist pechschwarz, und die Sterne sind einzelne saubere helle Lichtpunkte. Scheinwerfer, die in einer ansonsten dunklen Szene auftauchen, leuchten plötzlich den Raum des Betrachters aus, als wären es wirklich Scheinwerfer, während dunkle Details immer noch sichtbar sind. Man hat eher das Gefühl, durch ein Fenster zu blicken als in einen Bildschirm. Muss man gesehen haben, um es zu glauben.

Zirkon

## Eingetrocknete Tinte

Drucker und Scanner: Rück- und Ausblick, c't Jahresrückblick 2022, S. 34

Sind Laserdrucke günstiger als Tintendrucke? Nein? Doch! Und zwar nicht auf die Seite berechnet, aber über die Zeit gesehen allemal. Meine Tonerkosten in den letzten vier Jahren für meinen Brother MFC-9142CDN betragen schmale 30 Euro. Dagegen kostet mich die Tinte für den HP in der Ferienwohnung bei

jedem Einsatz des Geräts ein Vermögen, weil die eingetrocknet ist. Was ist nun günstiger?

uschatko

HP bietet für solche Fälle das Instant-Ink-Abo an, bei dem man nicht nach Tintenmenge, sondern Anzahl gedruckter Seiten bezahlt.

## Zweifelhaftes Engagement

Microsofts Abkehr von der Geheimniskrämerei, c't Jahresrückblick 2022, S. 114

Sei deinen Freunden nah, aber deinen Feinden noch näher. Etwas anderes steckt hinter dem Engagement von Microsoft nicht, außer, dass Microsoft mit Open Source in gewissen Szenarien Entwicklungsarbeit und damit Geld spart.

Casandro

## Voreingenommener Blick

KI: Vom Katzendetektor zum Maler, Texter und Gesprächspartner, c't Jahresrückblick 2022, S. 136

Leider wechselt der Tenor zwischendurch von neutraler Beschreibung der Leistungsfähigkeit wichtiger Modelle zu einer sehr voreingenommenen und einseitigen Darstellung der gängigen anthropozentrischen Vorurteile gegenüber Deep-Learning-Modellen, die zwar den Turing-Test bestehen, der jahrzehntelang als das Maß der Dinge für KI galt, aber nach Ansicht vieler trotzdem nicht mehr als „Statistical Parrots“ sind [Anm. d. Red.: In der Literatur meist „Stochastic Parrots“].

Wenn man natürlich einer Definition folgt, nach der sowieso nur Menschen intelligent sein können, dann ist das folgerichtig. Falls man aber etwas aufgeschlossener wäre für verschiedene Formen von Intelligenz, dann würde man feststellen, dass die fortgeschrittenen Deep-Learning-Modelle sich bereits jetzt deutlich intelligenter verhalten als viele Menschen. Letzteren spricht man ja auch nicht

gleich komplett die Fähigkeit zur Intelligenz ab, obwohl man weiß, dass sie nicht alle Aufgaben intelligent lösen können.

Ich bin gespannt, wie lange die Menschheit braucht, um zu akzeptieren, dass sie nicht die einzige mögliche Intelligenz auf der Erde ist. Vermutlich ähnlich lange wie damals für den Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild.

René Peinl

## Schubert statt Beethoven

Computer-Nerds müssen nicht gleichzeitig Musikenthusiasten sein. Insofern kann man der Autorin den kleinen Ausrutscher mit „Beethovens Unvollendet“ durchaus verzeihen (es war Franz Schubert, der nach zwei Sätzen seiner h-Moll-Sinfonie das Handtuch warf und somit für den Titel „Die Unvollendete“ sorgte).

Karl-Heinz Seidel

Das war in der Tat missverständlich formuliert. Es gibt mehrere unvollendete Sinfonien, die von KIs fertig komponiert wurden: zunächst „Die Unvollendete“ von Franz Schubert sowie die zehnte Sinfonie von Franz Mahler, später dann Beethovens zehnte Sinfonie.

## Ergänzungen & Berichtigungen

### Transfers pro Sekunde

PCIe 7.0 mit 128 Gigatransfers/s, c't 26/2022, S. 43

Anders als im Artikel behauptet übertragen PCIe 6.0 und 7.0 nicht etwa 64 respektive 128 Milliarden Transfers pro Sekunde (Gigatransfers/s, GT/s), sondern jeweils nur die Hälfte. Dabei nutzen die Standards jedoch wie richtig dargestellt die PAM-4-Technik, um 2 statt 1 Bit pro Transfer zu übermitteln. Im Vergleich zu PCIe 5.0 mit ebenfalls 32 GT/s verdoppelt sich bei PCIe 6.0 durch PAM-4 die Datentransferrate von rund 4 auf 8 GByte/s pro Lane und Richtung.

## Masse, nicht Gewicht

Highlights des Jahres aus Wissenschaft und Forschung, c't Jahresrückblick 2022, S. 156

Das DART-Modul hatte beim Einschlag eine Masse, und nicht wie im Artikel geschrieben ein Gewicht von 570 Kilogramm.

## Fragen zu Artikeln



Mail-Adresse des Redakteurs am Ende des Artikels



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



# Sparen Sie bis zu 36% Energiekosten durch smartes Heizen.

Durch die Kombination verschiedener  
smarter Funktionen lassen sich beim Heizen  
bis zu 36% Energie sparen –  
das freut Ihr Bankkonto und die Umwelt.



Erfahren Sie mehr unter  
[boschsmarthome.de/sparsamheizen](http://boschsmarthome.de/sparsamheizen)



Für die Nutzung des Heizkörper-Thermostats ist ein Bosch Smart Home Controller sowie die Installation der Bosch Smart Home App erforderlich.

01. - 02.02.23

## Dienste mit SELinux absichern

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

SECURITY CHECK



29.03.23

## Einführung in den Kea DHCP Server

Der Workshop gibt eine vollständige Einführung in die neue Kea-DHCP-Software auf Unix- und Linux-Systemen. Sie lernen, wie man das Kea-DHCP-System installiert, konfiguriert und wartet. Der Workshop beinhaltet auch eine Auffrischung des DHCPv4-Protokolls und erklärt DHCPv6 für IPv6-Netzwerke.

09. - 10.05.23

## Docker und Container in der Praxis

Der Workshop richtet sich an Entwickler und Administrierende, die neu in das Thema einsteigen. Neben theoretischem Wissen über Container geht es um die Herausforderungen im Alltag sowie eigene Container-Erfahrungen auf der Kommandozeile.



Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:  
[www.heise-events.de/workshops](http://www.heise-events.de/workshops)



Bundesministerium  
für Verzichtskultur  
und Askese

## 5 TIPPS ZUM ENERGIESPAREN

- 1 Kürzer duschen**
- 2 Licht abschalten**
- 3 Heizung abschalten**
- 4 Deckel auf den Topf**
- 5 PC übertakten**



RITSCH-RENN.COM

Weitere Schlagseiten auf [ct.de/schlagseite](http://ct.de/schlagseite)



### Alles unter einem Dach

Das Dachgesetz soll vor allem den physischen Schutz von Infrastrukturen in den Mittelpunkt stellen. Doch im ersten Schritt muss Faeser Zuständigkeiten sortieren und existierende Gesetze miteinander verzähnen. Im Mittelpunkt steht die Frage: Was ist für eine Gesellschaft unverzichtbar? Wie lässt sich verhindern, dass eine Dienstleistung oder ein Produkt ausfallen – und einen Dominoeffekt auslösen, an dessen Ende nichts mehr geht?

In den Eckpunkten zum Kritis-Dachgesetz sind unter anderem „verpflichtende Schutzstandards für die physische Sicherheit“ vorgesehen. Bereits heute gibt es eine Vielzahl an sektorspezifischen Vorgaben, wie Dienstleistungen oder Herstellungsprozesse bestimmter Produkte geschützt werden müssen. Dafür zuständig sind die jeweiligen Aufsichtsbehörden der Branchen – oder die der Bundesländer, die in Deutschland für Katastrophenschutz verantwortlich sind. Um diesen Dschungel zu durchblicken, soll das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) in Bonn deutlich mehr Aufgaben und Befugnisse erhalten. Es soll Bundesbehörden, Länder, Kommunen und andere EU-Staaten miteinander koordinieren, so steht es in den Eckpunkten.

Wie dringend das nötig wäre, zeigen die Zahlen: Derzeit befassen sich 20 Mitarbeiter im BBK mit kritischer Infrastruktur. Doch bislang hat die Bonner Behörde keinen Überblick darüber, was eigentlich alles dazugehören soll: Bislang verfüge nur die Bonner Nachbarbehörde, das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), über Zahlen zu Betreibern kritischer Infrastruktur, da das BBK hierfür rechtlich nicht zuständig sei, so eine Sprecherin.

BBK und BSI sollen künftig per Gesetz zur engen Kooperation verpflichtet werden. Grundsätzlich sei das sinnvoll: „Die Welt ist eben nicht der paradiesische Friedenshort, wo niemand versucht, in ein Gebäude einzudringen, um zu knipsen oder zu sägen und die komplette Kommunikationsstruktur von Tausenden von Leuten auszuschalten“ sagt etwa Konstantin von Notz, Vorsitzender des Parlamentarischen Kontrollgremiums für die Nachrichtendienste. Allzu viel Kosten dürfen die geplanten Maßnahmen allerdings nicht: „Bei der Sicherung von Kritischen Infrastrukturen durch die Betreiber hat eine Abwägung stattzufinden zwischen Wirtschaftlichkeit und Risikoeintrittswahr-

# Vorbereitung auf die Katastrophe

## Die Ampelkoalition will kritische Infrastruktur besser schützen

**Ob Pandemie oder Krieg in der Ukraine – Deutschland ist gegen die Folgen kaum geschützt. Die Bundesregierung arbeitet jetzt an ihrem „Dachgesetz für kritische Infrastrukturen“ – doch ob es das Durcheinander beseitigen kann, ist fraglich.**

Von Falk Steiner

Kommunalverwaltungen, durchtrennte Glasfaserkabel, die Ahrtal-Flut oder Sorgen vor einem Strom-Blackout treiben derzeit die Politik um. Und auch der Kriegsfall steht als Szenario immer wieder im Raum. Wie robust ist die Bundesrepublik? Was passiert im Fall der Fälle? Lässt sich die Widerstandskraft kurzfristig verbessern? Dazu kommt die Sorge um Abhängigkeiten von Staaten, denen die Regierung nicht vertraut.

In dieser Gemengelage ist hektische Aktivität ausgebrochen. Die Bundesregierung arbeitet am sogenannten Kritis-Dachgesetz, federführend ist das Bundesinnenministerium unter Nancy Faeser (SPD). Im Koalitionsvertrag vereinbart, soll es nun bis Mitte 2023 fertig werden.

**M**edienwirksame Ereignisse wie die Anschläge auf die Nord-Stream-Pipelines, aber auch Vorfälle wie durch Ransomware außer Gefecht gesetzte

scheinlichkeit“, heißt es in einer Formulierung, die nach einer Debatte Anfang Dezember in das Eckpunktepapier zum Kritis-Dachgesetz aufgenommen wurde.

## Europäische Resilienz

Wie eng die Bereiche verzahnt werden sollen, zeigt die EU-Richtlinie zur Abwehrkraft kritischer Einrichtungen (Critical Entities Resilience, CER), die in diesem Jahr parallel zur neuen Netzwerk- und Informationssicherheitsrichtlinie (NIS2) verhandelt wurde. Die CER-Richtlinie ist das europäische Dach über dem geplanten deutschen Dachgesetz: Energie, Verkehr, Bankwesen, Finanzmarktinfrastrukturen, Gesundheit, Trink- und Abwasser, digitale Infrastruktur und öffentliche Verwaltung sowie Betreiber von Weltraum-Bodeninfrastrukturen fallen künftig fest unter die CER und die NIS2, müssen also sowohl physische als auch IT-Sicherheitsvorgaben berücksichtigen.

Die CER definiert jedoch nur die Mindestvoraussetzungen. Einzelne Mitgliedstaaten können über die Sicherheitsvorgaben der EU hinausgehen. In Deutschland sollen künftig etwa auch Post- und Kurierdienste, Abfallwirtschaft, Chemiewirtschaft, Medizingeräteindustrie, Maschinen- und Fahrzeugbau sowie alle größeren Anbieter digitaler Dienste und Forschungseinrichtungen unter die NIS2-Vorgaben fallen. Hinzu kommen große Lebensmittelproduzenten, -verarbeiter und -händler sowie Schulen, Kindergärten und andere Kinderbetreuungsstätten. Offenbar ist auch dem Innenministerium inzwischen aufgefallen, dass viele Mitarbeiter in kritischer Infrastruktur ohne Kinderbetreuung ausfallen würden.

## Meldepflicht für Sicherheitsvorfälle

Sowohl die NIS2 als auch die CER schreiben noch zu definierende Sicherheitsniveaus vor. In vielen Fällen sind das Normen, deren Einhaltung zertifiziert wird. Laut Kritis-Dachgesetz müssen relevante Sicherheitsvorfälle in Deutschland künftig an das BBK gemeldet werden. Diese Meldepflicht ist vergleichbar mit der für IT-Sicherheitsvorfälle ans BSI.

Auch die Furcht vor zu großer Abhängigkeit von Lieferanten oder Dienstleistern aus problematischen Drittstaaten ist in beiden Richtlinien wiederzufinden. So wie im IT-Sicherheitsgesetz zuletzt verankert wurde, dass bei „kritischen Komponenten“ in Kernnetzen der Provider



Bild: Bernd von Jutrczenka/dpa

**Ralph Tiesler, Präsident des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, soll künftig mit seinem Amtscollegen beim BSI enger zusammenarbeiten. Die Nachfolge des kaltgestellten BSI-Chefs Arne Schönbohm ist aber noch ungeklärt.**

einer Antragspflicht unterliegen soll, legt auch die EU viel Wert auf die Einstufung von Abhängigkeitsrisiken. In Deutschland hat man im Bereich der Telekommunikation inzwischen eine gewisse Routine entwickelt: Nach Paragraf 9b BSI-Gesetz wurden inzwischen sechs Anträge auf den erstmaligen Einsatz kritischer Komponenten gestellt – das Innenministerium legte als zuständige Prüfbehörde bei drei Anträgen keinen Widerspruch ein.

## Notstrom für Telefonmaste

Wie eng beide Bereiche zusammenhängen, zeigt ein weiteres Beispiel. Die Bundesnetzagentur veröffentlichte im Spätsommer ein Strategiepapier: „Resilienz der Telekommunikationsnetze“. Es beschreibt verschiedene Szenarien – etwa Störungen der Energieversorgung, Naturkatastrophen und Pandemien, aber auch Sabotage, Sonnenstürme und Kriegshandlungen. Denn ohne eine verfügbare Telekommunikationsinfrastruktur liegt vieles brach.

Was also tun? Wenn nicht ausreichend Strom zur Verfügung steht, überlegt die Bundesnetzagentur etwa Mobilfunknetze so umzuschalten, dass diese nur noch im Low-Band-Spektrum (700 bis 900 MHz) funkeln, das „physikalisch bedingt eine höhere Reichweite besitzt. Hiermit kann der Energieverbrauch der Netze reduziert werden.“ Doch vielen Masten mangelt es an jeder Notstromversorgung – Batterien und Photovoltaik könnten deren Betriebssicherheit erhöhen, so die Hoffnung der Betreiber und der Bonner Behörde.

Ziel sei es, „gemeinsam mit dem BSI die Widerstandsfähigkeit der öffentlichen Telekommunikationsnetze und öffentlich zugänglichen Telekommunikationsdienste zu steigern“, teilt ein Sprecher der Bundesnetzagentur auf Anfrage mit. Neben Unternehmen und Verbänden seien BSI und Digitalministerium eingebunden.

Wer bei dem Prozess nicht mit im Boot war: das Bundesamt für Bevölkerungs- und Katastrophenschutz (BBK) – also das Amt, das laut Dachgesetz künftig die physische Sicherheit koordinieren soll.

Genau solche Vorgänge bereiten Branchenverbänden Sorge. Es sei „notwendig, dass die aktuell in parallelen Zuständigkeiten laufenden Prozesse künftig in koordinierter Aktion zwischen allen betroffenen Ministerien, Behörden – insbesondere Bundesnetzagentur, BSI und BBK –, der Länder, der Kommunen und der Wirtschaft ablaufen“, sagt etwa eine Sprecherin des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft. „Nur so kann Planungssicherheit entstehen.“

## Offene Zuständigkeitsfragen

Bei den ganzen Ideen für mehr Resilienz der als kritisch erachteten Infrastrukturen wird es weder in Deutschland noch in Europa eine klare Hoheit geben. Denn die europäische CER-Richtlinie lasse den Mitgliedstaaten sehr großen Spielraum, sagt Christer Pursiainen vom Institut für Sicherheits- und Entwicklungspolitik der Universität Tromsø in Norwegen. „Man muss abwarten, ob die nationalen Umsetzungen ausreichend koordiniert sein werden.“

Ein Beispiel für diesen Spielraum ist der Sanktionsmechanismus: Welche Strafen sie bei Regelverstößen verhängen, ist den Mitgliedstaaten überlassen – vorgegeben ist nur, dass sie wirksam, angemessen und abschreckend sein müssen.

Was sich die Bundesregierung nicht traut: Die Zuständigkeiten im Land von Grund auf neu zu sortieren. Ob das Kritis-Dachgesetz tatsächlich mehr Sicherheit schafft, ist also mindestens offen. Ob das den Ansprüchen und der Bedrohungslage genügt, wird in den kommenden Monaten intensiv diskutiert: Die Ampelkoalition will das Gesetz im kommenden Sommer verabschieden. (hag@ct.de) ct

# Purer Luxus

Von Android bis Apple: 9 High-End-Smartphones im Vergleich



High-End-Smartphones im Test ..... Seite 16  
Foldables im Vergleich ..... Seite 28

# Von 700 bis 2000 Euro: Oberklasse-Smartphones kosten mitunter mehr als ein Notebook. Dafür glänzen die kleinen Tausendsassas mit besten Kameras, strahlend hellen Displays und langer Versorgung mit Updates. Der Test zeigt, welche Geräte ihr Geld wert sind.

Von Robin Brand und Steffen Herget

Luxus und High End heißt die Devise in diesem Smartphone-Prüfstand, wir haben ausschließlich die Besten eines jeden Herstellers zur Leistungsschau gebeten. Diese Smartphones setzen die Standards, sind aber auch für Leute interessant, die keine 1000 Euro und mehr für ein Smartphone investieren können oder wollen. Schließlich geben die Geräte auch einen Ausblick auf künftige günstigere Smartphones: Denn nach und nach werden viele Features auch die unteren Preisklassen erreichen, im schnelllebigen Smartphone-Geschäft eher früher als später.

Namentlich geben sich die Top-Modelle oftmals durch ein „Pro“ oder „Ultra“ zu erkennen. Die Preise beginnen bei 700 Euro und knacken in Gestalt von Apples iPhone 14 Pro Max in Vollausrüstung oder mancher Foldables (eigener Prüfstand auf S. 28) die 2000-Euro-Marke. Besagtes iPhone 14 Pro Max sieht sich in diesem Test acht Androiden gegenüber. Marktführer Samsung schickt das Stiftphone Galaxy S22 Ultra ins Rennen, Android-Macher Google das Pixel 7 Pro mit selbst entwickeltem Prozessor. Kompakt im High

End ist einzig das Asus Zenfone 9. Eine ungewollte Sonderrolle wird dem Huawei Mate 50 Pro zuteil: Es läuft aufgrund des US-Embargos [1] ohne Google-Dienste. Zurück in der Luxusliga ist Motorola mit dem Edge 30 Ultra. Mit Vivo und Xiaomi – vertreten mit X80 Pro und 12T Pro – finden neben Huawei und Lenovo-Tochter Motorola zwei weitere Smartphone-Bauer aus China Berücksichtigung. Sony will mit dem Xperia 1 IV mitsamt außergewöhnlichem optischen Zoom-Objektiv überzeugen. Zurückgezogen aus dem Smartphone-Geschäft hat sich derweil LG.

## Schweregewichte in jeder Hinsicht

Nicht nur technisch handelt es sich beim aktuellen High End um Schwergewichte, mehr als 200 Gramm drücken die Smartphones im Schnitt auf die Waage. Einzig Asus (171 Gramm) und Sony (185 Gramm) bleiben darunter, da sie Zenfone 9 (5,9 Zoll) und Xperia 1 IV (6,5 Zoll) mit etwas kleineren Displays bestücken als die Konkurrenz, die geschlossen 6,7- respektive 6,8-Zoll-Displays verwendet. Damit einhergehen auch ausladende Gehäuse. Kürzer als 16 Zentimeter ist nur das Zenfone 9 (14,7 × 6,8 Zentimeter), das auch als einziges Gerät weniger als 7 Zentimeter breit

ist. iPhone 14 Pro Max und Galaxy S22 Ultra lassen sich mit ihrer Breite von fast 8 Zentimetern dagegen kaum einhändig bedienen – Apple stellt dem Pro Max das technisch gleichwertige Pro zur Seite, doch will man ein kleineres Samsung-Smartphone, muss man zu Abstrichen bereit sein. Als Materialien in der Oberklasse haben sich Metallrahmen und Glasmasken durchgesetzt. Einzig Asus stattet das Zenfone mit Plastikrückseite aus, Xiaomi das 12T Pro mit Kunststoffrahmen. Die Gehäuse des 12T Pro und des Motorola Edge 30 Ultra sind die einzigen, die einem Sturz ins Wasser nicht gemäß IP68 gewappnet sind.

Von den meisten günstigeren Smartphones – untereinander aber nur in Nuancen – setzen sich die High End-Smartphones aufgrund ihrer brillanten Bildschirme ab. Kontraststarke und blickwinkelstabile OLED-Displays mit maximalen Bildraten von 120 oder gar 144 Hertz (Edge 30 Ultra) bringen sie alle mit. Die Entscheidung, ob das Display die volle Bildrate verwendet oder weniger, um den Akku zu schonen, kann man der intelligenten Dynamik überlassen – dann regelt das Display auch auf unter 60 Hertz runter, um den Akku zu schonen. Das hilft vor allem bei großflächigen Anzeigen auf dem Always-on-Bildschirm, die keine bewegten Bilder zeigen. Einzig Sony sieht diese Möglichkeit nicht vor, hier heißt es entweder 60 oder 120 Hertz.

## Strahlend hell und gestochen scharf

Auflösungen von mindestens gestrecktem Full HD liefern sie alle, auf dem 6,7-Zoll-Display des Edge 30 Ultra resultiert das in der geringsten Punktdichte von knapp unter 400 dpi, auf dem kleinen Zenfone-Schirm reicht das für 448 dpi. Auf allen anderen Bildschirmen drängen sich mehr Pixel, gipfelnd im Sony Xperia 1 IV mit 3840 × 1644 Pixeln und einer Punktdichte von 644 dpi. Derart viele Pixel bis zu 120-mal pro Sekunde zu aktualisieren, bedeutet aber auch für ein Spitzen-SoC wie das Snapdragon 8 Gen 1 eine gehörige Belastung, weshalb die meisten Hersteller die Option bieten, die Auflösung herunterzuskalieren. Ausgerechnet Sony verzichtet darauf, was sich in den Laufzeiten negativ bemerkbar macht.

Maximalhelligkeiten von bis zu 1500 cd/m<sup>2</sup> zaubern Apple, Google und Samsung aus dem Schirm heraus, das Motorola-Smartphone folgt mit 1100 cd/m<sup>2</sup>. Das iPhone erreicht seine Spitzenhelligkeit al-

## Wo sind eigentlich OnePlus und Oppo?

Mit Oppo und seiner Tochterfirma OnePlus haben es zwei Marken nicht in diesen Vergleichstest geschafft, deren Top-Smartphones eigentlich dabei sein müssen. Doch OnePlus und Oppo, wie Vivo und Realme Teil des chinesischen BBK-Konzerns, müssen aussetzen. Smartphones beider Hersteller dürfen in Deutschland nach einer Entscheidung des Landgerichts München 1 derzeit nicht ver-

kaufen werden. Der Grund dafür ist, dass Oppo nach Ansicht des Gerichts 5G-Patente von Nokia verletzt hat. Deren Lizenzierung war abgelaufen, die Parteien konnten sich nicht über eine Verlängerung einigen. Bereits seit August fallen OnePlus und Oppo, die zusammen rund 10 Prozent Marktanteil in Deutschland besaßen, deshalb als Alternative aus. Der Ausgang des Streits: offen.

lerdings nur, wenn es HDR-Inhalte anzeigt. Sonst sackt es auf rund 800 cd/m<sup>2</sup> ab und damit auf das Niveau der restlichen Konkurrenten. Neidisch auf das Samsung- oder das Google-Smartphone muss allerdings auch in der prallen Sonne niemand schauen, denn auch mit 800 cd/m<sup>2</sup> kann man die Displays entspannt ablesen.

Alle Hersteller implementieren umfangreiche Möglichkeiten, die Farben des Displays an die eigenen Vorlieben anzupassen. Presets von kalt bis warm bieten sie alle, besonders feingranular kann man das Panel des Sony einstellen.

### Eine Kamera ist nicht genug

Taugen die Displays allein kaum als Entscheidungskriterium, sieht das mit Blick auf die Kameras ganz anders aus. Nicht nur von der Mittelklasse setzt sich die Oberklasse ab, auch innerhalb des High End-Bereichs gibt es große Unterschiede. Allgemein zu beobachten ist der Trend zu immer größeren Sensoren.

Unter das Objektiv der weitwinkligen Hauptkameras (meist etwa 24 Millimeter Brennweite im Kleinbildäquivalent) schaffen es erste Hersteller, einen 1-Zoll-Sensor zu pflanzen ( $13,2 \times 8,8$  Millimeter). Xiaomi verkauft das 12S Ultra allerdings nur in China und Sony richtet sich mit dem Xperia Pro-I vornehmlich an professionelle

Anwender. Mehr Smartphone-Kameras mit Sensoren dieser Größe erwarten wir im kommenden Jahr – für die Smartphones in diesem Prüfstand verwenden die Hersteller Sensoren zwischen 1/1,22" (Motorola und Xiaomi) und 1/1,7" (Sony). Wegen der etwas größeren Sensoren allein braucht man nicht auf die kommende Generation zu warten. Schließlich ist es nach wie vor das Zusammenspiel vieler Faktoren wie Sensor, Optik, Bildsignalprozessor und Software, das gute Smartphone-Fotos ausmacht. Und unsere Tests von Sony Pro-I [2] und Xiaomi 12S Ultra [3] haben gezeigt, dass ein 1-Zoll-Sensor allein noch keine neuen Maßstäbe in der Smartphone-Fotografie setzt.

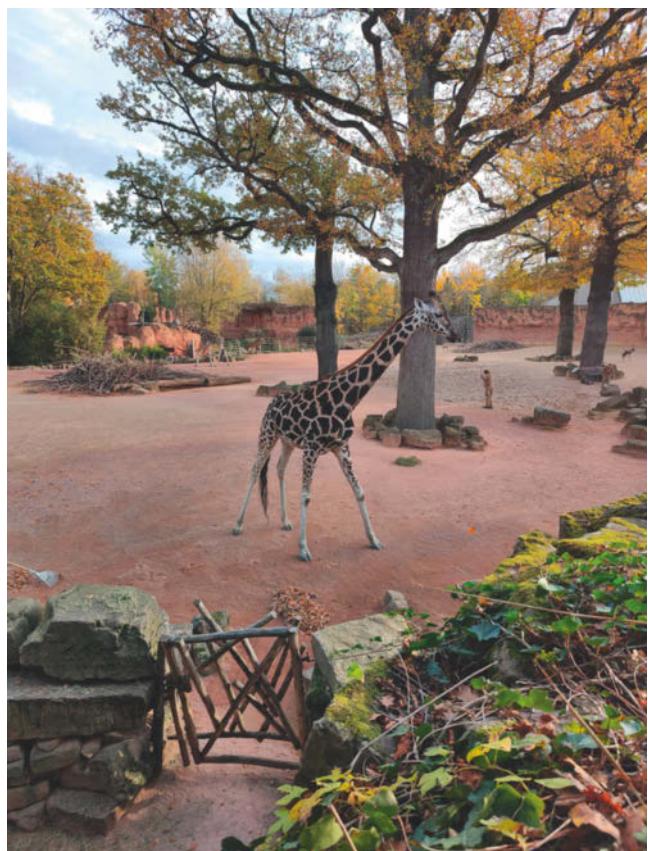
Dass größere Sensoren aber ein probates Mittel sind, um die Bildqualität zu erhöhen, zeigt sich spätestens, wenn es dunkel wird. Dann nämlich sind Oberklasse-Smartphones mit ihren größeren Sensoren – seien sie nun 1" oder 1/1,22" groß – gegenüber der Mittelklasse (im Sony Xperia 10 IV steckt beispielsweise ein 1/2,8"-Sensor) klar im Vorteil. Denn die größeren Pixel auf dem Sensor sammeln in derselben Zeit mehr Photonen, die elektronische Impulse auslösen, die später zur Bildinformation umgewandelt werden. Das führt zu weniger Bildrauschen und einem höheren Dynamikumfang.

### Megapixel-Wettkampf

Ein weiterer Trend läuft dem allerdings zuwider: immer mehr Megapixel auf den Sensoren der Hauptkameras. Einzig Sony belässt es bei 12 Megapixeln, Samsung protzt mit 108 Megapixeln, Motorola und Xiaomi gar mit 200. Selbst Apple, jahrelanger Verfechter von 12-Megapixel-Sensoren, hat sich für das 14 Pro für 48 Megapixel entschieden. Um die Vorteile des großen Sensors nicht gleich wieder einzubüßen, behelfen sich die Hersteller – Apple neuerdings, die Android-Konkurrenz schon länger – mit Pixel-Binning. Die Software legt vier (oder mehr) benachbarte Pixel zusammen, und diese bilden als zusammengeschaltete Einheit wiederum ein größeres Pixel. Damit wird die Lichtausbeute pro resultierendem Pixel verbessert, was zwar zu niedriger aufgelösten, aber weniger verrauschten Bildern führt. Das Resultat: Trotz 200-Megapixel-Sensor geben Motorola- und Xiaomi-Smartphone, genau wie das 48-Megapixel-iPhone doch 12-Megapixel-Fotos aus. So gelingen, auch wenns düster ist, schöne Fotos – und zumindest fürs Teilen auf Social Media und kleine Drucke sind 12 Megapixel mehr als genug.

Wer will, kann aber auch Fotos in voller Auflösung schießen. Dabei zeigt sich, dass Fabelwerte von 200 Megapixeln vor allem auf dem Datenblatt schön aussehen. Mehr Details als das Samsung S22 Ultra aus seinem 108-Megapixel-Sensor oder das Xiaomi 12S Ultra mit seinen 50 Megapixeln holen Motorola und Xiaomi aus den 200-Megapixel-Sensoren auch nicht heraus. Die Optiken sind der Auflösung nicht gewachsen. Mehr Feinheiten als in der standardmäßigen 12-Megapixel-Ausgabe sieht man aber, für unbewegte Motive mit vielen Details – zum Beispiel Landschaftsaufnahmen – bietet sich daher die volle Auflösung an.

Insgesamt können wir allen Hauptkameras ein hohes Niveau attestieren, es sind die Feinheiten, in denen sie sich unterscheiden. So setzen alle Hersteller eine erkennbar eigene JPG-Aufbereitung ein: Die Farbwiedergabe gelingt dem Pixel 7 Pro und dem Xperia 1 IV am natürlichsten. Die Farben des Motorola wirken dagegen flau, die des iPhone deutlich wärmer und die des Xiaomi geradezu krawallig übersättigt. Dass Leica am 12S Ultra, nicht aber am 12T Pro mitgewirkt hat, sieht man deutlich. Details arbeiten die Smartphones auf ähnlichem Niveau heraus, feine Strukturen wie Stoff oder Abertausende Grashalme einer Wiese bringen die



**Die beste Bildqualität erzielen alle getesteten Smartphones mit ihrer weitwinkligen Hauptkamera, hier zu sehen: die des Motorola Edge 30 Ultra.**



**Ganz so knallig war das Grün im Motiv in natura nicht:  
Xiaomi meint es zu gut mit der Sättigung.**

kleinen Sensoren an Grenzen. iPhone und S22 Ultra schärfen deutlich nach, Xperia 1 und Pixel belassen eine ehrlichere Unschärfe im Bild. Das sieht aber nur, wer in die Fotos hineinzoomt.

Deutlichere Unterschiede offenbaren sich beim Blick aufs künstliche Bokeh. Da die Smartphones mit ihren kleineren Sensoren nicht ansatzweise an das Freistellpotenzial von Kameras mit Vollformatsensor heranreichen, hilft die Software nach und berechnet den unscharfen Hintergrund. Gelingt das, sind eindrucksvolle Porträtaufnahmen das Resultat. Besonders Apple und Huawei tun sich mit einer hohen Trefferquote hervor. Schwerer tun sich zum Beispiel das Pixel, das Zenfone und das 12T Pro, die immer wieder Tiefenebenen verwechseln und Elemente aus dem Hintergrund scharf darstellen, die eigentlich unscharf sein sollten. Bei prächtigen Langhaarmähnen haben aber alle Smartphones ihre liebe Müh'.

### Ultraweit und richtig lang

Weniger Anlass zur Freude als die Hauptkameras geben die Ultraweitwinkel. Diese bestücken die Hersteller mit kleineren Sensoren, und das sieht man den Fotos an. Die schlechtere Detailwiedergabe der Ultraweitwinkel versuchen Apple und Google mithilfe besonders aggressiven Nachschärfens zu kaschieren. Das Resultat sind Schärfungsartefakte und teilweise „erfundene“ Strukturen. Fürs andere Extrem stehen im Testfeld die Ultraweitwinkel von Edge 30 Ultra und S22 Ultra, die dazu neigen, die Fotos zu vermatschen. Eine angenehme natürliche Schärfe mit treffsicherer Farbwiedergabe kombinieren das Huawei Mate 50 Pro und das Vivo X80



**Mit einer Mischung aus optischem und digitalem Zoom holt das Huawei Mate 50 Pro auch entfernte Motive nah heran.**

Pro, mit Abstrichen gilt das auch fürs Zenfone 9 und das 12T Pro.

Während die Hersteller die Ultraweitwinkel in den vergangenen Jahren kaum sichtbar verbessert haben, gilt für die Telekameras das Gegenteil. Zenfone 9 und 12T Pro sind hier außen vor, sie haben kein Tele. Die Teleaufnahmen der sieben übrigen Smartphones sind bei Tageslicht im Unterschied zu jenen mit dem Ultraweitwinkel schärfer und weniger artefaktbehaftet. Der größte Unterschied zwischen den einzelnen Teles ist ihre Brennweite. Sony hat mit dem Xperia 1 IV ein Smartphone mit echtem optischen Zoom im Portfolio, ein Novum. Im Bereich zwischen 85 und 125 Millimeter verzichtet es komplett auf Digitalzoom und liefert so natürlich anmutende Aufnahmen.

Samsung und Vivo bestücken ihre Smartphones mit gleich zwei Teles, um einen großen Brennweitenbereich abzudecken, das Samsung-Smartphone hat neben einem 10-fach-Tele ein 3-fach-Tele an Bord. Das Vivo ein 2-fach-Tele für Porträts und eines mit 5-facher Vergrößerung. Bei einem Tele belassen es iPhone 14 Pro Max (77 mm), Pixel 7 Pro (120 mm), Mate 50 Pro (90 mm) und Edge 30 Ultra (50 mm), wobei es sich bei letzterem streng genommen um Normalbrennweite handelt. Ob einem der Bildwinkel eines 50-Millimeter-Objektivs mehr zusagt oder man mehr Verwendung für ein 120-Millimeter-Tele hat, ist letzten Endes auch eine Frage des persönlichen Geschmacks. Die größte Flexibilität bieten in dieser Hinsicht die Smartphones von Samsung, Sony und Vivo. Google und Huawei stehen dem mit potentlichem Digitalzoom kaum nach.

Eine Galerie mit Testfotos aller Smartphones haben wir unter ct.de/yku8 für Sie hinterlegt. Bewusst haben wir auch den Ausschuss nicht aussortiert, damit Sie sich einen Eindruck verschaffen können, wie hoch die Trefferquote vor allem der Telekameras im Alltag ist.

### Rasend schnell

Ohne High End-Prozessor kein High-End-Smartphone, klar. Die Chips in den Geräten stammten lange Zeit quasi durch die Bank vom US-Hersteller Qualcomm. In den vergangenen Jahren hat sich der Markt für Mobil-Prozessoren jedoch diversifiziert: Apple, Samsung und Google bauen ihre eigenen Chips, und mit den neuen Dimensity-Prozessoren von MediaTek scheint Qualcomm einen weiteren Konkurrenten zu bekommen. Noch ist es allerdings nicht so weit, in der Luxusliga sind die MediaTek-Chips noch nicht zu finden, das dürfte erst im Jahr 2023 langsam losgehen.

Kein Wunder demnach, dass abseits der iPhones, Pixels und Galaxy-S durch die Bank ein Snapdragon-SoC für Dampf unter der Haube sorgt. Bei Sony und Vivo ist es ein bis zu 3 GHz schnellerer Snapdragon 8 Gen 1, Asus, Huawei, Motorola und Xiaomi bauen die 200 MHz schnellere Plus-Variante ein, die zudem energieeffizienter ist. Googles Tensor 2 und Samsungs Exynos 2200 bleiben mit 2,85 beziehungsweise 2,8 GHz etwas darunter, den schnellsten Takt erreicht der Bionic A16 von Apple mit maximal 3,46 GHz. Bis auf Apples Sechs-Kerner finden durch die Bank Octa-Core-Chips Verwendung, die aus starken, energiehungrigen Rechenkernen und effizienten, langsameren



**Mit dem optischen 10-fach-Tele ist das Samsung Galaxy S22 Ultra die Referenz für Smartphone-Teles.**

Cores bestehen. Apples und Googles Prozessoren besitzen jeweils zwei starke Kerne, die anderen belassen es bei einem.

All die feinen Unterschiede sind im Alltag erst einmal kaum zu bemerken. Die Smartphones laufen wie erwartet allesamt schnell und flüssig, stellen Animationen flüssig dar und haben kein Problem mit Multitasking, grafisch aufwendigen Spielen oder hochauflösenden Videos – alles andere wäre allerdings auch eines High-End-Smartphones unwürdig. Samsungs Exynos-Prozessor, der gegenüber den Snapdragon-Chips lange Zeit als unterlegen galt, hat im Vergleichstest (in c't 16/2022, S. 88) bewiesen können, dass er mittlerweile nahezu auf dem gleichen Niveau liegt. In den Benchmarks, welche die Rechen- und Grafikleistung in Laborbedingungen vergleichbar machen, fallen das Pixel 7 Pro und das Mate 50 Pro ab, auch das Galaxy S22 Ultra erreicht nicht ganz die Spitzenwerte.

Die Zeiten, als Apples Bionic-Prozessoren den Chips von Qualcomm haushoch überlegen waren, ist mit der aktuellen Generation vorbei. An der reinen Rechenleistung des A16 Bionic müssen sich die anderen messen, doch bei der Grafik haben die Snapdragon mächtig aufgeholt und erreichen teilweise höhere Benchmarkergebnisse als der Prozessor in den Apple-Smartphones.

## **Langläufer und Schnelllader**

Die Akkus aller High-End-Handys im Vergleich sind fest eingebaut und ohne Spezialwerkzeug und einigen Aufwand nicht zu wechseln. Besonders lange Laufzeiten erreichte das iPhone 14 Pro Max, aber auch das Edge 30 Pro von Motorola und das Asus Zenfone 9 zeigten sich als sehr aus-

dauernd. Vor allem beim Zenfone war das eine handfeste Überraschung angesichts des vergleichsweise schwachen Akkus mit 4300 mAh. Das Sony Xperia 1 IV und das Google Pixel 7 Pro hielten weniger lange durch, sie müssen in der Regel täglich geladen werden.

Starke Unterschiede gibt es bei den Ladegeschwindigkeiten. Apple, Google und Samsung gehen es sowohl per Kabel als auch drahtlos per Induktion arg gemütlich an. Auch die Smartphones von Asus und Sony laden nicht besonders schnell, rund anderthalb Stunden dauert ein kompletter Ladezyklus. Das unterbietet vor allem das Xiaomi 12T Pro und das Motorola Edge 30 Ultra deutlich: Ihre mitgelieferten Netzteile mit 120 und 125 Watt brauchen gerade einmal 25 Minuten, um die Akkus komplett aufzuladen. Nur ein paar Minuten länger hängen Huawei und Vivo am Ladekabel.

Einen Haken hat die Sache allerdings: An einem anderen als dem proprietären, beiliegenden Netzteil schöpfen die Lade-Raser ihr Potenzial nicht einmal im Ansatz aus. Wir haben das mit einem Netzteil mit PowerDelivery 3.0 getestet. Mehr als 30 Watt Leistung nehmen die Smartphones damit nicht auf, das Vivo X80 gar nur 10, obwohl 100 Watt – und damit fast so schnelle Ladezeiten wie mit dem Netzteil des jeweiligen Herstellers – möglich wären. Während dieses Verhalten derzeit noch keine Konsequenzen nach sich zieht, ändert sich das mit der kommenden EU-Regulierung zu einheitlichen Ladestandards.

## **Luxus und Enthaltsamkeit**

Auch in der Luxuskategorie muss man sich mitunter in Verzicht üben: Schon lange

sparen sich die meisten Hersteller teurer Smartphones praktische Dinge wie Klinkenbuchse, Speicherkartenfach und Benachrichtigungs-LED. Alles drei an Bord hat einzig das Xperia 1 IV, das sich in Sachen Ausstattung die Krone aufsetzt. Eine Klinkenbuchse nennt ansonsten nur das Zenfone sein Eigen, ein Speicherkartenfach beherbergt neben dem Sony-Smartphone das Mate 50 Pro. Trotz High End spart mancher Hersteller gerne am schnellen USB-Anschluss (Apple, Asus, Xiaomi), der Spule zum Drahtlosladen (Asus, Xiaomi) oder der Möglichkeit drahtlos andere Geräte, zum Beispiel die In-Ear-Kopfhörer, aufzuladen (Apple, Asus, Xiaomi). Auch auf eSIM-Karten versteht sich so manches Luxusphone nicht (Asus, Motorola, Vivo). Und dass das Smartphone an einen Monitor angeschlossen einen Desktopmodus ausgibt, ist auch im High End die Ausnahme, im Testfeld besteht diese aus Mate 50 Pro, Edge 30 Ultra und S22 Ultra.

Ungewollt vorinstallierte Apps von Fremdanbietern, sogenannte Bloatware, ist auf dem iPhone und dem Pixel kein Thema, anderswo aber durchaus. Huaweis Betriebssystem platzt geradezu vor Apps, Shortcuts und bunter Werbung, die einem aus allen Ecken entgegenspringt. Klar, ohne Zugriff auf Googles Play Store – dieser fehlt Huawei aufgrund des US-Handelsembargos – muss man zeigen, dass man auch in der Huawei App Gallery eine gewisse Auswahl findet, aber doch bitte nicht so. Samsung versucht derweil, vom Browser über die Galerie bis hin zum Messenger für jede Google-App eine eigene Alternative anzubringen, das muss ebenso wenig sein. Und auch Vivo und Xiaomi installieren allerlei Apps vor, die man nur teilweise deinstallieren kann. Vergleichsweise aufgeräumt kommen die Smartphones von Asus, Motorola und mit Abstrichen Sony daher.

Samsung ist das Vorbild bei den Android-Updates – für diese Aussage wäre man noch vor einigen Jahren belächelt worden, doch mittlerweile stimmt es. Die Koreaner sichern fünf Jahre lang Sicherheitspatches zu und wollen bis Android 16 große Upgrades liefern. Android 13 hat das S22 Ultra bereits erhalten. Die monatlichen Sicherheitspatches trudeln auf den Galaxy-Smartphones ebenfalls schnell ein, teils noch früher als auf den Pixel-Handys. Die werden ebenfalls fünf Jahre mit frischer Software versorgt. Schlusslicht ist in diesem Aspekt Asus: Zwei Jahre



## B1 Consulting Managed Service & Support

individuell – umfassend – kundenorientiert

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

Unsere Kernthemen:

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

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



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

ROCKOLDING · KÖLN · BERLIN · DRESDEN · JENA

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

© Copyright by Heise Medien.



### Apple iPhone 14 Pro Max

Groß oder nicht ganz so groß: Bei Apple hat man mit iPhone 14 Pro und Pro Max die Wahl zwischen zwei High-End-Smartphones verschiedener Größen. Während die Android-Hersteller ihren bestausgestatteten Smartphones in der Regel technisch mehr oder weniger abgespeckte kleinere Geschwister zur Seite stellen, unterscheiden sich Pro (6,1") und Pro Max (6,7") nur durch Display-, Gehäuse- und Akkugröße. Die potente Hardware ist die gleiche. Der neue im 4-Nanometer-Prozess gefertigte A16 Bionic ist seinem Vorgänger in verschiedenen Benchmarks kaum voraus. Das reicht, um in Rechenbenchmarks die Android-Konkurrenz stehenzulassen. Doch in Sachen GPU-Performance ziehen die mit Qualcomm 8 Gen 1 bestückten Androiden teilweise vorbei – auf dem Papier. In der Praxis haben alle Geräte des Testfelds genügend Leistungsreserven für die kommenden Jahre.

Für die Hauptkamera sattelt Apple von einem 12- auf einen 48-Megapixel-Sensor um. In der Praxis legt die Software aber vier Pixel zusammen, sodass doch 12-Megapixel-Fotos entstehen. Die volle Auflösung bekommt man nur im speicherhungrigen ProRAW-Format. Die größte Änderung betrifft die Bedienoberfläche. Weiterhin ist das Display von Kamera und Technik für Face ID unterbrochen. Das Loch sitzt nun aber mitten im Display und wird zur Benachrichtigungs- und Steuerzentrale.

- ⬆️ top Performance
- ⬆️ langer Support
- ⬆️ sehr ausdauernd
- ⬇️ hoher Aufpreis für mehr Speicher

Preis: 1450 bis 2100 Euro



### Asus Zenfone 9

Für ihre bestausgestatteten Smartphones verwenden fast alle Hersteller 6,7- respektive 6,8-Zoll-Display. Nicht so Asus. Das Zenfone 9 wirkt mit 5,9-Zoll-OLED-Bildschirm geradezu winzig im Vergleich zu Galaxy S22 Ultra und Konsorten. Dennoch versucht Asus, jede Menge Oberklasse-Zutaten in das kleine Gerät zu stopfen – und schafft das bis auf wenige Ausnahmen. Eine Telekamera, wie sie im High End eher die Regel als die Ausnahme ist, fehlt dem Zenfone wie auch eine Spule zum Drahtlosladen. Eine weitere Einschränkung, die mit dem kleinen Gehäuse einhergeht: Es wird unter Last ordentlich heiß. Der Snapdragon 8+ Gen 1, ohnehin als Hitzkopf bekannt, drosselt im Zenfone noch etwas stärker.

Eine andere Schwäche kleiner Smartphones befällt das Zenfone nicht: Asus bringt im kleinen Gehäuse einen 4300-mAh-Akku unter. So schafft das Zenfone ordentliche Laufzeiten. Den Fingerabdrucksensor hat Asus im Einschaltknopf versteckt. Mit diesem entsperrt das Smartphone nicht nur: Wischen, Tippen oder Gedrückthalten lösen verschiedene Aktionen aus, die man individuell zuweisen kann. Die weitwinklige Hauptkamera (dazu gibts ein Ultraweitwinkel) hat Asus beweglich gelagert. Dieser Gimbal-artige Ansatz macht sich vor allem beim Aufnehmen von Videos bezahlt. Das Android belässt Asus nahe am Google-Original, will es aber nur zwei Jahre mit Sicherheitspatches versorgen.

- ⬆️ kompakt, aber High End
- ⬆️ ordentliche Laufzeiten
- ⬆️ schlankes Android
- ⬇️ nur zwei Jahre Updates

Preis: 800 bis 900 Euro



### Google Pixel 7 Pro

Das Erkennungsmerkmal der Pixel-Smartphones ist der rückwärtige Kameral Balken. Dieser besteht aus glänzendem Metall und ist von Vorteil für Leute, die ihr Smartphone ohne Hülle verwenden, denn auf dem Tisch kippelt das Pixel 7 anders als viele andere High-End-Smartphones nicht. Das Android-Betriebssystem pflegt Google besonders zuverlässig. Sicherheitspatches gibt es fünf Jahre lang im Monatsrhythmus. Hinzu kommen exklusive Feature-drops für Pixel-Smartphones, die zuletzt etwa neue Kameraalgorithmen für Hauttöne oder Raumklang für die Pixel Buds Pro gebracht haben.

Für das Pixel verwendet Google erneut einen selbst entwickelten Prozessor, den Tensor G2. Sicherheitsrelevante Dienste, etwa Payment- oder Verschlüsselungs-Apps, können auf einen speziellen Security-Chip zurückgreifen (siehe c't 25/2022, S. 128). Für KI-gestützte Dienste bietet der Prozessor erneut einen eigenen Beschleuniger. In Benchmarks hält der Tensor-SoC nicht ganz mit Qualcomms Snapdragon 8 Gen 1 mit. Vor allem unter Last drosselt der Chip stark. Fordert man das Smartphone, sinkt auch die ansonsten ordentliche Akkulaufzeit rapide, dann macht es schneller schlapp als alle anderen Smartphones im Test. Ein wichtiges Argument für die Pixel-Smartphones bleibt die Fotoqualität. Wer auf eine Telekamera verzichten kann, greift zum ansonsten sehr ähnlich ausgestatteten, rund 300 Euro günstigeren Pixel 7 ohne Pro.

- ⬆️ beste Fotokamera
- ⬆️ fünf Jahre Updates
- ⬆️ exklusive Pixel-Features
- ⬇️ mittelmäßige Laufzeit

Preis: 900 bis 1000 Euro



### Huawei Mate 50 Pro

2019 gehörte das Huawei P30 Pro zu den besten Foto-Smartphones. Dreieinhalb Jahre nach dessen Erscheinen sind neue Huawei-Smartphones in Europa allenfalls eine Randnotiz. Doch zumindest die Hardware des aktuellen Topmodells Mate 50 Pro verdient einen genaueren Blick. Wie sollte es anders sein: Auch das Mate überzeugt vor allem mit seiner Kamera. Der Hauptkamera verpasst Huawei eine zwischen f/1,4 und f/4 verstellbare Blende. Im Unterschied zu Smartphones mit fixen Blenden hat man mit dem Mate zum Beispiel mehr Kontrolle über die Tiefenschärfe eines Fotos oder kann bei Nacht die Blende öffnen, um mehr Licht einzusammeln. Die Telekamera des Mate gehört zu den besten im Testfeld.

Ungewöhnlich in der Oberklasse: Der Speicher lässt sich erweitern. GPU- und CPU-Leistung des Mate 50 erreichen das hohe Niveau der Konkurrenz. Allerdings darf Huawei aufgrund des US-Embargos keine 5G-Chips seines Zulieferers Qualcomm verwenden. Stattdessen steckt ein maßgeschneidertes Snapdragon 8+ Gen 1 ohne 5G-Modem im Innern. Nach wie vor fehlen etliche Anwendungen in Huaweis App Gallery. Installiert man Apps per APK, laufen diese wegen fehlender Google Play Services nicht immer rund und manche gar nicht. Und selbst das eigene Lastenheft arbeitet Huawei unzureichend ab, sichert nur mindestens drei Jahre Sicherheitspatches zu – zu wenig, um im High End zu bestehen.

- ⬆️ tolle Kamera
- ⬆️ Speicher erweiterbar
- ⬇️ keine Google-Dienste
- ⬇️ kein 5G

Preis: 1100 Euro



### Motorola Edge 30 Ultra

Nur rund ein halbes Jahr nach dem Edge 30 Pro (c't 9/22, S. 124) legt Motorola das Edge 30 Ultra nach. Mit dem Ultra will der Hersteller nun auch im High End Fuß fassen, nachdem den letzten Versuchen dafür stets ein Stück gefehlt hatte. Vom Vorgänger setzt Motorola das Ultra auf dem Papier vor allem durch seine 200-Megapixel-Kamera ab. Doch auch die weniger offensichtlichen Neuerungen gefallen: Das schnelle 144-Hertz-OLED-Display strahlt nun mit 1100 cd/m<sup>2</sup>. In der Sonne eine willkommene Leistungssteigerung, wenngleich dort auch das Display des Pro-Modells (maximal 652 cd/m<sup>2</sup>) ablesbar war. Die Laufzeiten hat Motorola ordentlich verbessert, sodass das Ultra im Testfeld zu den ausdauerndsten Smartphones gehört. Überdies ist es am beiliegenden Netzteil schnell geladen, der Akku schon nach neun Minuten zur Hälfte befüllt.

Unnötig protzig geriert sich Motorola mit Blick auf die Kamera und verpasst der Hauptknipse einen 200-Megapixel-Sensor. In voller Auflösung hat das 40 bis 70 MByte große JPG-Dateien zur Folge. Immerhin im Vergleich zu den 12-Megapixel-Fotos, die die Kamera standardmäßig aufnimmt, fängt der 200-MP-Modus bei guten Lichtverhältnissen mehr Details ein. Neu an Bord ist das Zweifach-Tele. Das Google-Android belässt Motorola weitgehend unverändert und installiert kaum eigene Apps vor. Sicherheitspatches will der Hersteller vier Jahre lang liefern.

- ⬆️ lange Laufzeiten
- ⬆️ strahlend-helles OLED
- ⬆️ unverbasteltes Android
- ⬇️ September-Patch

Preis: 830 Euro



### Samsung Galaxy S22 Ultra

Sein Name weist das S22 Ultra zwar als Mitglied von Samsung-Smartphones der S-Serie aus, doch tatsächlich handelt es sich um die heimliche Fortführung der beerdigten Note-Serie. Es steckt nämlich der S Pen im Gehäuse. Er übernimmt die gleichen Aufgaben wie in den Note-Smartphones. Per Gestensteuerung löst der Stift die Kamera aus, zoomt oder gibt die Android-Kommandos „Zurück“, „Home“ und „Letzte Apps“. Am nützlichsten ist der Stift aber nach wie vor als Stift: S Pen herausziehen, Notiz aufs Display kritzeln, wieder einstecken, fertig. Dafür muss das Smartphone nicht einmal entsperrt sein.

Ein riesiges Display gehört bei den Note-Smartphones seit jeher zum Konzept, für das S22 Ultra hat Samsung das übernommen. Der hochauflösende 6,8-Zoll-OLED-Bildschirm ist eine Augenweide. Fürs Serien schauen unterwegs kann das Tablet daheim bleiben. Der Preis: Das wuchtige Smartphone ist noch etwas größer als die ohnehin schon große Konkurrenz und lässt sich noch schlechter in der Hosentasche transportieren oder einhändig bedienen. Das Ultra ist mit gleich vier rückwärtigen Kameras ausgestattet, darunter zwei Teles. Wer häufiger Objekte in großer Entfernung aufnimmt, tut das mit keinem anderen Smartphone besser. Weniger gefällt uns das mit etlichen vorinstallierten Apps überladene Betriebssystem. Fünf Jahre Sicherheitsupdates sind auch in der Oberklasse (für Android) außergewöhnlich lang.

- ⬆️ mit Stift
- ⬆️ doppeltes Tele
- ⬆️ fünf Jahre Updates
- ⬇️ voller Bloatware

Preis: 900 bis 1400 Euro



### Sony Xperia 1 IV

Sony tritt mit dem Xperia 1 IV den Beweis an, dass auch echte optische Zooms in einem Smartphone möglich sind. Zumindest fürs Tele verwendet der Hersteller einen solchen, zwischen 85 und 125 Millimetern zoomt das 1 IV stufenlos. Im quer eingebauten Objektiv verändern beweglich eingebaute Linsen ihre Position und dadurch die Brennweite. Für zusätzlichen Ultraweitwinkel und Weitwinkel braucht auch Sony weitere Kameras. Die Fotos des innovativen Teles überzeugen mit einer natürlichen Anmutung, Samsung holt aus dem erprobten Konzept mit Festbrennweiten im Telebereich aber einen Ticken mehr Details heraus. Sonys Foto-App ist an das Bedienkonzept der Alpha-Kameras angelehnt und gehört zu den besten – besonders im Zusammenspiel mit der dedizierten Auslösetaste im Gehäuserahmen.

Der Hersteller verpasst dem 1 IV ein Display mit 3840 × 1644 Bildpunkten. Die daraus resultierende Punktdichte von 644 dpi ist die höchste eines Smartphone-Displays. Das ist beeindruckend scharf, aber mit dem bloßen Auge nicht von Displays mit gestreckter WQHD-Auflösung zu unterscheiden. Im Alltag saugt das ordentlich am Akku. Das günstigere Schwesternmodell 5 IV hält deutlich länger durch. Neben einem kleineren 6,1"-Display (2520 × 1080 Pixel) packt Sony ein schnödes 2-fach-Tele anstelle des Zooms ins Gehäuse. Beiden gemein ist die kurze Updateversorgung.

- ⬆️ innovatives Tele
- ⬆️ spektakuläres Display
- ⬇️ schwacher Akku
- ⬇️ nur drei Jahre Updates

Preis: 1200 Euro



### Vivo X80 Pro

Manchmal sind es die kleinen Dinge, die für ein Smartphone begeistern. Beim Vivo X80 Pro ist es der rasend flinke und zuverlässige Ultraschall-Fingerabdrucksensor unter dem Display. Wobei „klein“ es nicht ganz trifft, schließlich ist die Sensorfläche unter dem Display ungewöhnlich groß. Praktisch einerseits, weil man es deswegen beim Fingerauflegen nicht so genau nehmen muss. Andererseits hat Vivo der Entsperrfläche einen Trick beigebracht. Lernt man einen zweiten Fingerabdruck an, entsperrt das System auf Wunsch bestimmte Apps und Ordner nur, wenn beide Finger gleichzeitig aufgelegt werden.

An der Kamera des Smartphones hat Zeiss mitgewirkt, und Vivo will, dass man das sieht. Das Logo prangt auf dem riesigen Kameramodul und in der App hält Vivo eine „Zeiss“-Option vor. Mit dieser erhält man Fotos in natürlicheren Farben. Besonders gut hat uns die Bildschärfe des X80 Pro gefallen, zwei Teleobjektive (zweifach und fünffach) erweitern die kreativen Möglichkeiten. Mit dem 4700-mAh-Akku hält das X80 Pro lange durch und ist am beiliegenden Netzteil schnell geladen – allerdings nur daran. Von einem 120-Watt-Netzteil mit USB-PD 3.0 und Qualcomm QC 4.0 nahm es nur 10 Watt entgegen und brauchte fast drei Stunden für eine Füllung. Android 13 hat das Gerät bereits erhalten, ein Update auf Version 14 sichert der Hersteller zu, Sicherheitspatches nur bis Mitte 2025.

- ⬆️ potentes Doppeltele
- ⬆️ besserer Fingerabdrucksensor
- ⬆️ scharfes OLED
- ⬇️ nur drei Jahre Updates

Preis: 1100 Euro



### Xiaomi 12T Pro

Eigentlich dürfen in diesem Prüfstand nur die besten Smartphones eines jeden Herstellers mitspielen. Da Xiaomi sein bestes Pferd im Stall (12S Ultra, Test in c't 20/2022, S. 94) aber gar nicht in Deutschland verkauft, muss sich das 12T Pro mit den Großen messen. Oberklasse-Merkmale, die das 12T Pro nicht aufweist, sind eine Telekamera und ein wasserfestes Gehäuse. Außerdem lässt es sich nicht drahtlos laden.

Ansonsten gibt es viel High-End-Gefühl: Auf dem knallhellen OLED-Display versammeln sich 2712 × 1220 Pixel. Die daraus resultierende Punktdichte von 445 dpi zeigt auch kleine Schriften scharf an. Das fehlende Tele wird Xiaomi mit der Hauptkamera mit satten 200 Megapixeln offenbar übercompensieren. Die einzelnen Pixel auf dem Sensor messen winzige 0,64 Mikrometer. Zum Vergleich: Auf einem 50-MP-Vollformat-Sensor ist ein einzelnes Pixel 4 Mikrometer breit. Deswegen legt die Software standardmäßig 16 Pixel zusammen. Die Fotos zeigen viele Details, überdrehte Farben und bei guten Lichtverhältnissen keinerlei Rauschen. Der 50-Megapixel-Modus ist bei Tageslicht für Motive mit vielen Details von Vorteil. Die vollen 200 Megapixel bringen keine weiteren sichtbaren Verbesserungen. Das Betriebssystem stopft Xiaomi mit allerlei überflüssigen Spielen, Social-Media-, Shopping- und eigenen Apps voll, verspricht aber immerhin vier Jahre Sicherheitspatches zu liefern.

- ⬆️ helles OLED
- ⬆️ gute Hauptkamera ...
- ⬇️ ... aber kein Tele
- ⬇️ Bloatware-Alarm

Preis: 700 bis 850 Euro

**MANCHE JOBS  
VERÄNDERN  
LEBEN.**



**■ UNSERE JOBS  
■ VERÄNDERN  
DAS LEBEN  
VON ■  
MILLIONEN.**



*Jetzt bewerben und die Zukunft gestalten: [continental.de/mein-neuer-job](http://continental.de/mein-neuer-job)*

Updates sind viel zu wenig. Dariüber können iPhone-Besitzer nur schmunzeln, hier kann man getrost mit mindestens fünf Jahren Updates rechnen – obwohl Apple das weiterhin nicht explizit zusichert.

## Alternativen

Sollten diese Luxus-Smartphones nun zwar die Kauflust wecken, aber das Budget sprengen, muss man gar nicht lange nach möglichen Alternativen suchen. Von fast allen Modellen gibt es leicht abgespeckte

Modellvarianten, in der Regel ohne den Pro- oder Ultra-Namenszusatz, die ein mehrere hundert Euro kleineres Loch in den Geldbeutel reißen. Abstriche muss man dabei in der Regel bei den Kameras machen, entweder bei der Auflösung oder

## Laufzeiten & Benchmarks

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	GFXBench Manhattan 3.0 offscreen [fps]	YouTube-Stream (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Video 720p (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Video 4k/120 fps (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	3D-Spiel (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Laden 50 % / 100 % [min]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◀ besser
Apple iPhone 14 Pro Max	1881	5376	238	20,4	26,8	12,5	10,6	37/110
Asus Zenfone 9	1315	4384	260	18,6	19,5	12,7	14,6	27/82
Google Pixel 7 Pro	1053	3162	149	14,7	18	6,2	8,9	39/115
Huawei Mate 50 Pro	940	4074	269	13,3	15,7	13,1	9,2	14/38
Motorola Edge 30 Ultra	1314	4322	192	21,5	20	12,9	11,7	9/25
Samsung Galaxy S22 Ultra	1177	3795	171	15,6	16,6	9,2	11,2	45/98
Sony Xperia 1 IV	1242	3310	165	11,8	13	7,9	11,8	29/99
Vivo X80 Pro	1237	3609	230	14,1	15	10,7	10,4	11/34
Xiaomi 12T Pro	1278	4118	269	19,7	14,9	11,5	10,4	12/26

<sup>1</sup> gemessen bei 200 cd/m<sup>2</sup>

## High-End-Smartphones

Modell	Apple iPhone 14 Pro Max	Asus Zenfone 9	Google Pixel 7 Pro	Huawei Mate 50 Pro
Betriebssystem / Patchlevel	iOS 16.1	Android 12 / Oktober 2022	Android 13 / Dezember 2022	Android 12 / Oktober 2022
Funktions-Updates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	keine Angabe	Android 14 / Juli 2024	Android 16 / Oktober 2027	Android 14 / August 2025
<b>Ausstattung</b>				
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Apple Bionic A16 / 2 × 3,5 GHz, 4 × 2 GHz / Bionic A16	Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 / 1 × 3,2 GHz, 3 × 2,75 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730	Google Tensor 2 / 2 × 2,9 GHz, 2 × 2,4 GHz, 4 × 1,8 GHz / Mali G710 MC10	Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 / 1 × 3,2 GHz, 3 × 2,75 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	6 GByte / 512 GByte (499 GByte) / –	16 GByte / 256 GByte (230 GByte) / –	12 GByte / 128 GByte (110 GByte) / –	8 GByte / 256 GByte (234 GByte) / ✓ (NM-Card)
5G: DSS / Band 1/28/77/78/260/261	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –	– (nur 4G)
SIMs / SAR-Wert	Nano-SIM + 2 × eSIM / 0,990 W/kg	2 × Nano-SIM / 1,56 W/kg	Nano-SIM + eSIM / 0,99 W/kg	Nano-SIM + eSIM / 0,430 W/kg
WLAN (Antennen) <sup>1</sup> / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 6 (2) / 5,3 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6 (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdrucksensor	Lightning / – / –	USB-C 2.0, OTG, kein DP / ✓ / im Einschalter	USB-C 3.2, OTG, kein DP / – / im Display	USB-C 3.1, OTG, DP / – / im Display
Akku / drahtlos ladbar	4323 mAh / ✓	4300 mAh / –	5000 mAh / ✓	4700 mAh / ✓
Abmessungen (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	16,1 cm × 7,8 cm × 0,8 - 1,2 cm / 242 g / ✓ (IP68)	14,7 cm × 6,8 cm × 0,9 - 1,1 cm / 171 g / ✓ (IP68)	16,3 cm × 7,7 cm × 0,9 - 1,1 cm / 212 g / ✓ (IP68)	16,2 cm × 7,6 cm × 0,9 - 1,2 cm / 210 g / ✓ (IP68)
<b>Kameras</b>				
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite	48 MP / f/1,78 / ✓ / 24 mm	50 MP / f/1,9 / ✓ / 24 mm	50 MP / f/1,85 / ✓ / 25 mm	50,3 MP / f/1,4-4,0 / ✓ / 27 mm
Telekamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite	12,2 MP / f/2,8 / ✓ / 77 mm	–	48 MP / f/3,5 / ✓ / 120 mm	64 MP / f/3,5 / ✓ / 90 mm
Zweite Telekamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite	–	–	–	–
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS / Brennweite	12,2 MP / f/2,2 / – / 13 mm	12,2 MP / f/2,2 / – / 14 mm	12 MP / f/2,2 / – / ca. 12 mm	13 MP / f/2,2 / – / 13 mm
Frontkamera Auflösung / Blende / OIS	12,2 MP / f/1,9 / –	12,2 MP / f/2,45 / –	10,8 MP / f/2,2 / –	13 MP / f/2,4 / –
<b>Display-Messungen</b>				
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,7 Zoll / OLED / 2796 × 1290 Pixel / 461 dpi	5,9 Zoll / OLED / 2400 × 1080 Pixel / 448 dpi	6,7 Zoll / OLED / 3120 × 1440 Pixel / 513 dpi	6,7 Zoll / OLED / 2616 × 1212 Pixel / 428 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	1,8 ... 802 (HDR: 1568) cd/m <sup>2</sup> / 96,1 % / 120 Hz.	2,12 ... 818 cd/m <sup>2</sup> / 97,3 % / 120 Hz.	1,9 ... 1488 cd/m <sup>2</sup> / 98,6 % / 120 Hz.	1,74 ... 883 cd/m <sup>2</sup> / 95 % / 120 Hz.
<b>Bewertungen</b>				
Performance / Akku	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕
Display / Kamera	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕⊕
Software <sup>1</sup> / Ausstattung	⊕ / ⊕	○ / ⊕	⊕⊕ / ⊕	⊖⊖ / ○
Preis	128 GByte: 1450 €, 256 GByte: 1580 €, 512 GByte: 1840 €, 1TB: 2100 €	8/128 GByte: 800 €, 8/256 GByte: 850 €, 16/256 GByte: 900 €	128 GByte: 900 €, 256 GByte: 1000 €	1100 €

<sup>1</sup> bewertet werden Updates, Features, Bloatware etc. ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht

der Auswahl an Objektiven – das Tele fällt häufig dem Rotstift zum Opfer. Das Sony Xperia 5 IV etwa kostet circa 900 Euro, während das 1 IV bei rund 1200 Euro liegt. Wer sich bei Samsung mit dem Galaxy S22 statt dem Ultra zufrieden gibt, spart je nach Angebot bis zu 500 Euro. Soll es ein iPhone sein, lohnt sich neben dem iPhone 14 (mindestens 450 Euro weniger als das Pro Max) ein Blick auf den Vorgänger. Apple bietet das iPhone 13 nach wie vor als Neuware an, es kostet ab 900 Euro. Auch ein Blick auf den Gebrauchtmarkt kann sich lohnen [4].

## Fazit

Das perfekte Smartphone gibt es auch im Jahrgang 2022 nicht, aber je nach Anforderung kommt dem so manches Gerät sehr nahe. Längste Updateunterstützung, tolle Kamera(s) und umfangreiche Ausstattung verbinden Apple iPhone 14 Pro (Max),

Google Pixel 7 Pro und Samsung S22 Ultra. Gegenüber dem S22 punktet das Pixel mit cleanem Android, das zudem besonders empfänglich für Custom-ROMs ist. Das S22 Ultra setzt dem den einzigartigen S Pen entgegen. Das iPhone dürfte das werthaltigste Gerät im Testfeld sein, die preisliche Hürde ist aber besonders hoch.

Dass ein wenig günstigere Geräte kaum Kompromisse einfordern, zeigt vor allem das Motorola Edge 30 Ultra, während das kompakte Asus Zenfone 9 und das Xiaomi 12T Pro die Ausstattungsliste deutlicher beschneiden. In dieser Hinsicht muss sich Sony mit dem Xperia 1 IV nichts vorwerfen lassen, neben toller Kamera und spektakulärem Display ist es mit fast allen Annehmlichkeiten ausgestattet, die man sich wünschen kann. Nur die kurze Updateversorgung und die noch kürzere Akkulaufzeit stehen einer uneingeschränkten Empfehlung deutlich entgegen.

gen. Außer Konkurrenz läuft das Mate 50 Pro, das wegen des US-Embargos gegen Huawei ohne Google-Dienste und ohne 5G auskommen muss. Mängel, die angesichts von Preisen jenseits der 1000 Euro nicht wettzumachen sind, da hilft auch die ansonsten tadellose Hardware nicht.

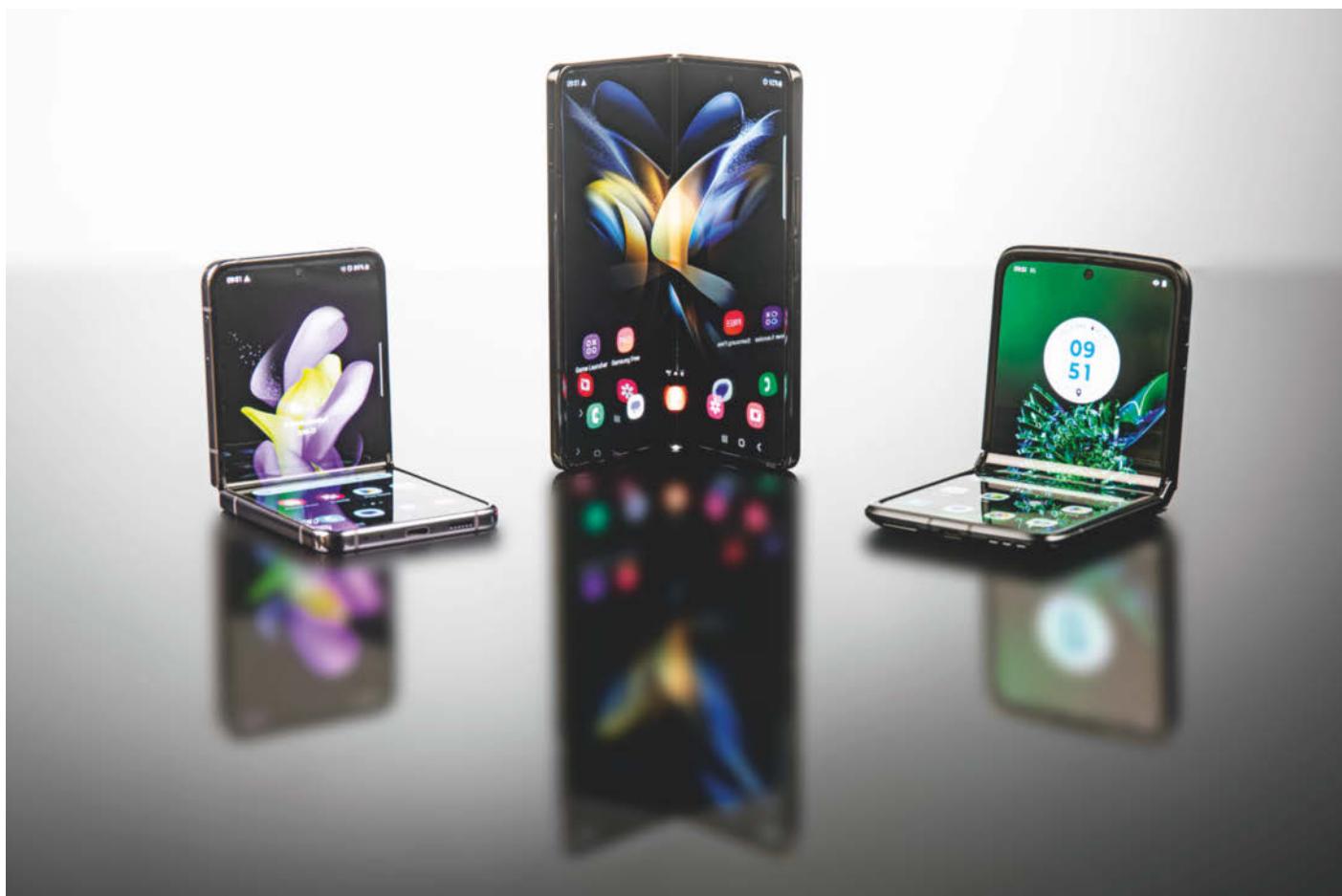
(rbr@ct.de) 

## Literatur

- [1] Steffen Herget, Netzwerker, Huaweis Ökosystem mit EMUI und HarmonyOS in der Praxis, c't 6/2022, S. 84
- [2] Robin Brand, Steffen Herget, Schmachtpphones, iPhone gegen alle: Acht High-End-Smartphones im Test, c't 2/2022, S. 78
- [3] Robin Brand, „Wir haben keine Angst vor Smartphones“, Leicas Experten für Smartphone-Fotografie im Interview, c't 20/2022, S. 94
- [4] Christian Wölbert, Second Hand(y), Warum wiederaufbereitete Smartphones boomen, c't 4/2022, S. 52

**Testfotos:** [ct.de/yku8](http://ct.de/yku8)

Motorola Edge 30 Ultra	Samsung Galaxy S22 Ultra	Sony Xperia 1 IV	Vivo X80 Pro	Xiaomi 12T Pro
Android 12 / September 2022	Android 13 / November 2022	Android 13 / Oktober 2022	Android 13 / November 2022	Android 12 / November 2022
Android 15 / August 2026	Android 16 / Februar 2027	Android 14 / Juni 2025	Android 15 / Juni 2025	Android 15 / September 2026
Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 / 1 × 3,2 GHz, 3 × 2,75 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730	Samsung Exynos 2200 / 1 × 2,8 GHz, 3 × 2,5 GHz, 4 × 1,8 GHz / Xclipse 920	Qualcomm Snapdragon 8 Gen 1 / 1 × 3 GHz, 3 × 2,5 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730	Qualcomm Snapdragon 8 Gen 1 / 1 × 3 GHz, 3 × 2,5 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730	Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 / 1 × 3,2 GHz, 3 × 2,75 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730
12 GByte / 256 GByte (232 GByte) / –	12 GByte / 256 GByte (219 GByte) / –	12 GByte / 256 GByte (230 GByte) / ✓ (MicroSDXC)	12 GByte / 256 GByte (228 GByte) / –	8 GByte / 256 GByte (222 GByte) / –
✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / – / –
2 × Nano-SIM / 0,890 W/kg	2 × Nano-SIM + eSIM / 1,049 W/kg	Nano-SIM + eSIM / 0,88 W/kg	2 × nanoSIM / 0,98 W/kg	2 × nanoSIM + eSIM / 0,997 W/kg
Wi-Fi 6E (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6 (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6 (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-C 3,1, OTG, DP / – / im Display	USB-C 3,2, OTG, DP / – / im Display	USB-C 3,2, OTG, DP / ✓ / im Einschalter	USB-C 3,1, OTG, kein DP / – / im Display	USB-C 2,0, OTG, kein DP / – / im Display
4610 mAh / ✓	5000 mAh / ✓	5000 mAh / ✓	4700 mAh / –	5000 mAh / –
16,2 cm × 7,4 cm × 0,9 - 1,2 cm / 200 g / ✓ (IP52)	16,3 cm × 7,8 cm × 0,9 - 1,1 cm / 228 g / ✓ (IP68)	16,5 cm × 7,1 cm × 0,9 - 1 cm / 185 g / ✓ (IP65/68)	16,5 cm × 7,5 cm × 0,9 - 1,1 cm / 219 g / ✓ (IP68)	16,3 cm × 7,6 cm × 0,9 - 1,2 cm / 208 g / –
200 MP / f/1,9 / ✓ / 26 mm	108 MP / f/1,8 / ✓ / 24 mm	12 MP / f/1,7 / ✓ / 24 mm	50 MP / f/1,57 / ✓ / 23 mm	200 MP / f/1,7 / ✓ / 24 mm
12,6 MP / f/1,6 / – / 50 mm	10 MP / f/2,4 / ✓ / 70 mm	12 MP / f/2,3-2,8 / ✓ / 85 mm - 125 mm	12,2 MP / f/1,85 / ✓ / 50 mm	–
–	10 MP / f/4,9 / ✓ / 230 mm	–	8 MP / f/3,4 / ✓ / 90 mm	–
50,1 MP / f/2,2 / – / ca. 14 mm	12 MP / f/2,2 / – / 13 mm	12 MP / f/2,2 / – / 16 mm	48 MP / f/2,2 / – / 14 mm	8 MP / f/2,2 / – / ca. 13 mm
60,3 MP / f/2,2 / –	39,9 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2 / –	32 MP / f/2,45 / –	20,2 MP / f/2,2 / –
6,7 Zoll / OLED / 2400 × 1080 Pixel / 398 dpi	6,8 Zoll / OLED / 3088 × 1440 Pixel / 503 dpi	6,5 Zoll / OLED / 3840 × 1644 Pixel / 643 dpi	6,8 Zoll / OLED 3200 × 1440 Pixel / 518 dpi	6,7 Zoll / OLED / 2712 × 1220 Pixel / 446 dpi
4,18 ... 1109 cd/m² / 96,4 % / 144 Hz.	1,76 ... 1367 cd/m² / 94,5 % / 120 Hz.	1,66 ... 798 cd/m² / 96,5 % / 120 Hz.	1,72 ... 716 cd/m² / 96,5 % / 120 Hz.	1,9 ... 874 cd/m² / 96,1 % / 120 Hz.
⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / +	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / +	⊕⊕ / +
⊕ / +	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / +	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ○
⊕ / +	⊕ / ⊕⊕	○ / ⊕⊕	○ / ⊕	○ / ○
830 €	8/128 GByte: 900 €, 12/256 GByte: 1030 €, 12/512 GByte: 1200 €, 12/1 TByte: 1400 €	1200 €	1100 €	8/256 GByte: 700 €, 12/256 GByte: 850 €



# Eilige Dreifaltigkeit

## Falt-Smartphones von Motorola und Samsung im Vergleich

**Ob als Mini-Tablet für die Hosentasche oder klein gefaltetes Smartphone: Foldables sind zum festen Bestandteil des Marktes geworden. Im Test zeigen Razr, Fold und Flip, warum.**

Von Steffen Herget

**A**kku, zwei Displays, Kameras: Falt-Smartphones haben bauartbedingte Eigenheiten, die sich mal positiv, mal negativ bemerkbar machen. Sie liegen zwar preislich auf einem Niveau mit den vierstellig teuren Luxus-Smartphones, bilden aber technisch eine eigene Kategorie. Wir haben das neue Motorola Razr 2022 für knapp 1200 Euro mit dem ebenso als Klapp-Handy konzipierten, derzeit etwa 700 Euro teuren Samsung Galaxy Z Flip4 und dem Tablet-ähnlichen Fold4 verglichen, das es ab 1200 Euro gibt.

Herzstück der Falt-Phones sind die biegsamen Displays. Das des Razr leuchtet knapp am hellsten, aber auch die Samsung-Bildschirme sind selbst in der prallen

Sonne hervorragend ablesbar. Nur eine der drei Anzeigen faltet sich zumindest fast faltenfrei: Dem Razr sieht und fühlt man aufgeklappt kaum an, dass es ein biegsames Display spazieren trägt. Flip und Fold haben eine merkliche Falte im Bildschirm, die mit dem Auge sichtbar, vor allem aber mit dem Finger deutlich fühlbar ist. Die beiden horizontal faltenden Modelle Razr und Flip bringen 6,7 Zoll große Bildschirme unter, das Galaxy Z Fold4 erreicht mit 7,6 Zoll fast schon Tablet-Maße.

Die flexiblen OLED-Panels können nicht mit starrem Schutzglas versehen werden, eine weichere Schutzfolie muss reichen. Die fühlt sich nicht ganz so hart an wie echtes Glas und nimmt leichter Fingerabdrücke an. Sie reicht beim Razr bis direkt an den Bildschirmrand, bei Samsung endet sie knapp einen Millimeter vorher. Das führt dazu, dass sich in diesem Zwischenraum bei den Galaxy mit der Zeit Staub ansammelt. Mit einem – weichen! – Bürstchen kann man diesen aber schnell entfernen. Das Loch für die Frontkamera ist im Razr-Bildschirm ein wenig kleiner als beim Flip. Das Fold versteckt

die innere Selfie-Cam – das große Foldable hat im äußeren Display eine weitere Frontkamera – unter dem Display, sie ist nur dann zu sehen, wenn man sie verwendet. Dann wird diese Stelle des Displays auf transparent geschaltet, um der Kamera Durchblick zu verschaffen.

Samsungs Systemeinstellungen halten mehr Einstellmöglichkeiten für die Darstellung bereit. Wo Motorola nur erlaubt, die Farbtemperatur anzupassen und einen von zwei Farbmodi zu wählen, gibt es bei den Galaxy's zusätzlich die Möglichkeit, die Intensität von Rot, Grün und Blau separat zu regeln. Die Bildschirme sind in der Standardeinstellung alle sehr farbstark, fast knallig abgestimmt, im natürlichen Farbmodus deutlich dezenter.

Falt-Smartphones besitzen ein Scharnier zum Auf- und Zuklappen, welches das Gehäuse in zwei Hälften teilt. Beim Falten wird das flexible Display in der Mitte gebogen. Das Scharnier des Razr biegt den Bildschirm in einem etwas größeren Radius als die beiden von Samsung, schafft es aber trotzdem, dass beide Gehäusehälften fast bündig miteinander abschließen. Bei den Galaxy-Foldables bleibt zusammengeklappt ein schmaler, keilförmiger Spalt, durch den in der Tasche feiner Schmutz an das empfindliche Biegendisplay gelangt. Die Samsung-Scharniere wirken jedoch robuster, sie weisen keinerlei Spiel auf und halten die Falt-Smartphones in jedem gewählten Winkel bis 180 Grad geöffnet. Der Klappmechanismus von Motorola ist weniger standhaft, ab etwa 130 Grad klappt das Smartphone von selbst komplett auf. Das Gelenk wackelt ein wenig und wirkt nicht so langlebig wie das von Samsung.

### Kleines Display, kleiner Nutzwert

Große Unterschiede zeigen sich bei den Frontdisplays des Trios. Beim Fold4 baut Samsung vorne einen Bildschirm ein, der so groß ist wie das Hauptdisplay bei einem normalen Smartphone. Damit kann man im Prinzip alles erledigen, was man auf einem Smartphone halt so macht. Allerdings ist der Bildschirm sehr schmal, das



**Das Zusatzdisplay des Motorola Razr (links) ist deutlich größer als das des Galaxy Z Flip4 von Samsung, weshalb man damit auch mehr anfangen kann.**

erschwert das Tippen auf der gedrängten Tastatur.

Flip4 und Razr habenbauartbedingt nur weniger als die halbe Grundfläche des Gerätes zur Verfügung, und da haben nur Mini-Displays Platz. Wirklich winzig ist der 1,9-Zoll-Bildschirm auf dem Samsung-Handy, er taugt für kaum mehr als zur Anzeige der Uhrzeit, Benachrichtigungen oder Shortcuts. Motorola verwendet im Razr immerhin ein 2,7 Zoll großes Display, und mit dem lässt sich mehr anstellen. Für Apps legt man in den Systemeinstellungen fest, ob sie auf dem Frontdisplay angezeigt werden sollen oder nicht.

Die Frontdisplays machen die Foldables zu echten Selfie-Maschinen, denn man knipst mit der besseren Hauptkamera, wobei der äußere Bildschirm als Sucher dient. Das Fold muss man dazu öffnen, Flip und Razr geschlossen halten. Das Flip bedient man gewöhnungsbedürftig: Die App hat auf dem Mini-Display keinerlei Schaltflächen, zum Wechseln der Objektive wird gewischt, zum Auslösen entweder auf den Mini-Bildschirm getippt oder – besser – die Handfläche zur Kamera gehalten, das aktiviert einen Zwei-Sekunden-Selbstauslöser. Diese Geste funktioniert auch auf dem Razr, das auf der größeren Displayfläche aber zusätzlich Icons zur Kamerasteuerung unterbringt. Mit dem Fold knipst man wie gewohnt über die normale App.

Die beste Kameraausstattung des Trios hat das Fold4: Ein Ultrawinkel und ein Dreifach-Tele flankieren die

Hauptkamera mit 50-Megapixel-Sensor. Das Razr hält bei den 50 Megapixeln zwar mit, hat aber wie das Flip kein Tele-Objektiv. Bei mittleren bis guten Lichtbedingungen schießen die Samsung-Smartphones die etwas besseren Bilder, sie sind schärfer und zeigen weniger Bildrauschen, obwohl das Flip nur eine Hauptkamera mit 12-Megapixel-Sensor hat. Nachtfotos werden mit dem Razr stimmungsvoller, allerdings muss man bei bewegten Objekten die vergleichsweise lange Belichtungszeit berücksichtigen, die die Automatik wählt: Sie verursacht so manches Mal verschwommene Gestalten statt gestochen scharfer Personen.

Bei Selfies und Videotelefonie macht das Razr die bessere Figur. Die Fotos mit der Frontkamera sind schärfer und bilden mehr Details ab. Das Galaxy Z Fold4 kann nur mit der äußeren Frontkamera mithalten, die innere Selfie-Cam macht deutlich schlechtere, blassere Bilder.

### Viel Power für die Zukunft

Die drei Falter werden alle von einem Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 angetrieben, der auch in einigen Jahren noch mehr als genug Power haben dürfte. Im großen Fold4 stecken 4 GByte mehr Arbeitsspeicher, aber auch das Razr und das Flip4 sind mit 8 GByte ordentlich ausgestattet. Die teuren Smartphones rasen durch die Benchmarks, als gäbe es kein Morgen, und sind auch im Alltag blitzschnell unterwegs. Mit dem eingebauten Speicher muss man

## Laufzeiten & Benchmarks

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	GFXBench Manhattan 3.0 offscreen [fps]	3DMark Wild Life [Punkte]	3DMark Wild Life Extreme [Punkte]	YouTube-Stream (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Video 720p (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Video 4K/120 fps (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	3D-Spiel <sup>2</sup> (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Laden 50 % / 100 % [h]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◀ besser
Motorola Razr 2022	1315	4168	174	10380	2820	15,9	14,1	8,2	8,7	0,3/0,8
Samsung Galaxy Z Flip4	1313	4074	134	10792	2831	17,5	19	8,1	11,1	0,7/1,6
Samsung Galaxy Z Fold4	1334	4107	198	10876	2718	17,3	17,6	10,1	11,8	0,9/2,0

<sup>1</sup> gemessen bei 200 cd/m<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Asphalt 8



### Motorola Razr 2022

Die rasiermesserscharfe Silhouette früherer Razr-Handys hat das neue nicht, es ist sogar ein wenig dicker als das Flip4. Durch die abgerundete Form und die seidige Rückseite flutscht das Foldable trotzdem leicht in jede Hosentasche und lässt sich bequem transportieren. Das Scharnier hat mehr Spiel als bei Fold und Flip, dafür verbindet es beide Gehäusehälften nahezu ohne Spalt. Mit IP52 ist das Motorola-Smartphone nur gegen Spritzwasser geschützt und darf kein Bad nehmen.

Das breitere Display mit den dickeren Rändern macht das Razr weniger handlich, der Daumen überspannt kaum die komplette Bildschirmbreite. In der Mitte des Displays liegt der große Vorteil des Razr: Eine Falte ist nicht zu sehen und kaum zu spüren, ganz anders als bei Samsung. So fühlt sich das Foldable fast an wie ein normales Smartphone, auch wenn das Display durch die weiche Oberschicht bedingt weniger aushält. Die zugesagten drei Jahre Softwareupdates sind zu wenig. Der Akku des Razr reicht bei einigermaßen aktiver Nutzung höchstens für einen Tag, dann muss das Ladekabel her – und kein Qi-Ladegerät, denn induktives Laden unterstützt das Razr nicht.

- ⬆️ größeres Außendisplay als Flip4
- ⬆️ fast faltenfreies Innendisplay
- ⬇️ schwacher Akku

Preis: 1200 Euro



### Samsung Galaxy Z Flip4

Klare Kanten, seidig mattes Glas in schicken Farben vorne und hinten und ein Mini-Display außen – das ist der erste Eindruck, den man vom Galaxy Z Flip4 bekommt. Zusammengeklappt hat das Smartphone eine fast quadratische Grundfläche, das kleine Kästchen ist überragend kompakt. Geöffnet ist das Smartphone eher lang und schmal. Das Scharnier hält die beiden Gehäusehälften in jedem gewählten Winkel, es wirkt hochwertig und robust. Anders als das Razr schließen Flip und Fold nicht komplett, es bleibt ein schmaler, keilförmiger Spalt in der Mitte, durch den Staub und feiner Schmutz den Weg zum Display des Foldables finden.

Der winzige vordere Bildschirm dient als Uhr, Kamerasucher und für Kleinigkeiten wie Musiksteuerung und Wettervorhersage. Für alles andere muss man das Flip4 aufklappen und auf dem sehr hellen und farbstarken Hauptdisplay tippen und wischen. Mit dem Flip4 muss man auf Samsungs Dex-Modus, der das Smartphone an einem Monitor zum Ersatz-PC für Notfälle machen kann, ebenso verzichten wie auf eine zweite SIM-Karte. Dafür kommt man in den Genuss einer sehr guten Updateversorgung.

- ⬆️ sehr kompakt
- ⬆️ robustes Scharnier
- ⬇️ Frontdisplay zu klein

Preis: ab 700 Euro



### Samsung Galaxy Z Fold4

Das Fold4 hat ein fast normal großes Außendisplay, das allerdings klein erscheint, wenn man das Smartphone wie ein Buch auffaltet. Dann enthüllt es sein riesiges, fast quadratisches Biegedisplay, auf dem bis zu drei Apps gleichzeitig Platz finden. Alternativ zur Fingerwischerei akzeptiert es auch Eingaben mit einem S Pen. Solche Möglichkeiten bieten die kompakteren Falt-Smartphones nicht. Dank üppigem Speicher sowie viel Rechen- und Grafikpower geht das Fold4 auch beim Multitasking nicht in die Knie. Durch einige Details wie die dauerhaft eingeblendete Taskleiste macht es Samsungs One UI dem Nutzer leichter, die Fläche zu nutzen.

Das große Foldable ist deutlich schwerer als seine kompakten Pendants, aber das liegt an seinen Vorteilen: Im Gehäuse ist genug Platz für ein größeres Kameramodul, einen kräftigeren Akku und eine zweite SIM-Karte. Aufgrund des großen Frontdisplays muss man das Fold4 nicht für jede Kleinigkeit aufklappen, wird das aber meist trotzdem tun: Der große innere Bildschirm ist einfach schöner anzusehen und besser zu bedienen als das schmale vordere Display. Die verdeckte Selfie-Cam ist kaum mehr als ein Gimmick für Videocalls.

- ⬆️ sehr gute Kamera
- ⬆️ Stiftunterstützung
- ⬇️ groß und schwer

Preis: ab 1200 Euro

unterdessen auskommen, Platz für eine MicroSD-Karte gibt es nirgends.

Die Plus-Variante des Snapdragon 8 Gen 1 ist nicht nur ein wenig leistungsstärker als der SoC ohne Plus, sondern arbeitet auch etwas energieeffizienter. Das ist generell immer willkommen, bei den Falt-

Smartphones aber besonders wichtig: Sie haben im Vergleich zu normal konstruierten Smartphones kleinere, schwächere Akkus, die aber gleich zwei Displays versorgen müssen. Samsung hat es mit der vierten Generation seiner Foldables endlich geschafft, praxistaugliche Laufzeiten

herauszuholen. Fold und Flip machen in aller Regel nicht vor dem Zubettgehen schlapp. Das Razr hat da schon mehr zu kämpfen, die Laufzeiten blieben im Test stets unter denen der Samsung-Foldables. Wenn wir das Razr härter rannahmen, mussten wir häufig schon vor dem Abend



# Kleine Helfer, um Kriminelle zu überlisten

**WISENET**  
**Pinhole-Kameras**

PNM-9000QB  
XNB-6001

Unsere Pinhole-Kameras sind  
immer verfügbar und werden  
weltweit verschickt. So müssen  
Sie nie auf eine wichtige  
Bestellung warten.



Energie nachtanken. Motorola liefert ein 30-Watt-Netzteil mit, bei Samsung kosten die Ladegeräte extra. Induktive Aufladung unterstützen nur die Galaxy's.

## Updatevorbild Samsung

Die restliche Ausstattung der drei entspricht dem, was man von einem aktuellen Smartphone jenseits der Tausend-Euro-Grenze erwarten darf – mit leichten Vorteilen für das Fold. Anders als Razr und Flip hat es Platz für eine zweite physische SIM-Karte, zudem unterstützt nur das große Samsung-Smartphone einen Stift. Den speziellen S Pen für das Fold verkauft Samsung separat für 50 Euro. Mit Wi-Fi 6E funken alle – den passenden Router vorausgesetzt – auch im Frequenzbereich von 6 GHz. Stereo-Lautsprecher, NFC, Bluetooth, eSIM und ein schneller USB-3-Anschluss sind an Bord, Kopfhörerbuchsen haben Motorola und Samsung keinen Platz eingeräumt.

Motorola belässt es auf dem Razr bei einem Android, dass sich optisch und funktional eng an dem Android orientiert, wie man es von den Pixel-Smartphones kennt. Das Razr wird nahezu komplett ohne Apps von Fremdanbieter ausgeliefert, und auch bei eigenen Zugaben bleibt Motorola sehr dezent. Ganz anders Samsung: Hier gibt es zu jeder Google-App ein Pendant des Herstellers. Immerhin darf man bei der Ersteinrichtung mittlerweile für die meisten Apps entscheiden, ob man sie installieren möchte oder nicht.

Klare Vorteile haben Fold und Flip bei der Updateversorgung: Samsung hat bereits Android 13 ausgeliefert, plant, mindestens Android 16 für diese Modelle anzubieten und verspricht fünf Jahre Updates. Zudem liefert Samsung die monatlichen Patches vorsätzlich schnell aus, teils noch vor Google. Das Razr läuft indes noch mit Android 12; vorgesehen sind laut Motorola nur zwei neue Android-Versionen

und drei Jahre Patches; das ist in dieser Preisklasse unterdurchschnittlich.

## Fazit

Foldables sind längst mehr als nur auffällige Spielerei, alle drei getesteten Modelle sind vollkommen alltagstauglich. Das neue Razr ist nicht mehr so radikal flach und außergewöhnlich im Design wie sein Urahnen, aber das macht es nicht zu einem schlechten Foldable, im Gegenteil. Das Außendisplay kann mehr als der Winzling im Galaxy Z Flip4, das Hauptdisplay ist sehr gut, die Kameras brauchbar. Minuspunkte kassiert Motorola bei der Akkulaufzeit und der Updateversorgung. In beiden Disziplinen stehen die Samsung-Foldables besser da, zudem hinterlassen Samsungs straffere Scharniere den besseren Eindruck. Die dickste Kröte, die man bei Fold und Flip schlucken muss, ist die deutliche Falte im Display. Langsam werden Foldables sogar bezahlbar. (sht@ct.de) **ct**

## Falt-Smartphones

Modell	Motorola Razr 2022	Samsung Galaxy Z Flip4	Samsung Galaxy Z Fold4
Hersteller, URL	Motorola, motorola.de	Samsung, samsung.com/de	Samsung, samsung.com/de
Betriebssystem / Patchlevel	Android 12 / Oktober 2022	Android 13 / November 2022	Android 13 / November 2022
Funktions-Updates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 14 / Oktober 2025	Android 16 / Juli 2027	Android 16 / Juli 2027
<b>Ausstattung</b>			
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 / 1 × 3,2 GHz, 3 × 2,75 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730	Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 / 1 × 3,2 GHz, 3 × 2,75 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730	Qualcomm Snapdragon 8+ Gen 1 / 1 × 3,2 GHz, 3 × 2,75 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	8 GByte / 256 GByte (225 GByte) / –	8 GByte / 128 GByte (98 GByte) / –	12 GByte / 256 GByte (215 GByte) / –
5G / LTE / SIMs / SAR-Wert <sup>1</sup>	✓ / ✓ / nanoSIM + eSIM / 0,99 W/kg	✓ / ✓ / nanoSIM + eSIM / 1,151 W/kg	✓ / ✓ / 2 × nanoSIM + eSIM / 1,301 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 6E (2) / 5.1 / ✓ / ✓ / Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdrucksensor / Benachrichtigungs-LED	USB-C 3.1, OTG, DP / – / ✓ (Einschalter) / –	USB-C 3.2, OTG, DP / – / ✓ (Einschalter) / –	USB-C 3.2, OTG, DP / – / ✓ (Einschalter) / –
Akku / drahtlos ladbar / wechselbar	3500 mAh / – / –	3700 mAh / ✓ / –	4400 mAh / ✓ / –
Abmessungen offen (H × B × T) / Gewicht / Schutzaart	16,7 cm × 8 cm × 0,98 cm / 200 g / ✓ (IP52)	16,5 cm × 7,2 cm × 0,8 cm / 187 g / ✓ (IPX8)	15,5 cm × 13 cm × 0,95 cm / 263 g / ✓ (IPX8)
Abmessungen geschlossen (H × B × T)	8,7 cm × 8,0 cm × 1,9 cm	8,5 cm × 7,2 cm × 1,7 cm	15,5 cm × 6,7 cm × 1,6 cm
<b>Innendisplay</b>			
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,7 Zoll / OLED / 2400 × 1080 Pixel / 396 dpi	6,7 Zoll / OLED / 2640 × 1080 Pixel / 425 dpi	7,6 Zoll / OLED / 2176 × 1812 Pixel / 374 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	4,59 ... 1180 cd/m <sup>2</sup> / 96,3 % / 144 Hz	0,97 ... 943 cd/m <sup>2</sup> / 96,9 % / 120 Hz	0,9 ... 1028 cd/m <sup>2</sup> / 95,8 % / 120 Hz
<b>Außendisplay</b>			
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	2,7 Zoll / OLED / 800 × 573 Pixel / 372 dpi	1,9 Zoll / OLED / 512 × 260 Pixel / 302 dpi	6,2 Zoll / OLED / 2316 × 904 Pixel / 402 dpi
<b>Kameras</b>			
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	50 MP (8192 × 6144) / f/1,9 / ✓	12 MP (4000 × 3000) / f/1,8 / ✓	50 MP (8160 × 6120) / f/1,8 / ✓
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	12,6 MP (4096 × 3072) / f/2,2 / –	12 MP (4000 × 3000) / f/2,2 / –	12 MP (4000 × 3000) / f/2,2 / –
Tele Auflösung / Blende / OIS / Vergrößerung	–	–	10 MP (3648 × 2736) / f/2,4 / ✓ / 3x
Frontkamera außen Auflösung / Blende / OIS	–	–	10 MP (3648 × 2736) / f/2,2 / –
Frontkamera innen Auflösung / Blende / OIS	32 MP (6528 × 4896) / f/2,4 / –	10 MP (3648 × 2736) / f/2,4 / –	4 MP (1856 × 1392) / f/1,8 / –
<b>Bewertungen</b>			
Performance / Akku	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / +	⊕⊕ / +
Innendisplay / Außendisplay / Kamera	⊕⊕ / + / ○	⊕⊕ / ○ / ○	⊕⊕ / + / +
Software <sup>2</sup> / Ausstattung	○ / +	⊕ / +	⊕ / ⊕⊕
Preis	1200 €	ab 700 € (128 GByte)	ab 1200 € (256 GByte)

<sup>1</sup> Herstellerangabe <sup>2</sup> bewertet werden Updates, Features, Verzicht auf Bloatware etc.

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

# AKTION 6 Freimonate

## für 1&1 DSL- und Glasfaser-Anschlüsse\*

INKLUSIVE  
Bis zu 4 Mobilfunk-Flatrates für  
unterwegs!

6 FREI-MONATE

INTERNET & TELEFON

0,- €/Monat<sup>\*</sup>

50 MBit/s-Tarif für  
6 Monate, danach  
ab 34,99 €/Monat

Fritz!Box Wi-Fi 6

### Bei 1&1 surfen und telefonieren Sie jetzt ein halbes Jahr lang für 0,- €/Monat.\*

Bestellen Sie noch heute einen DSL- oder Glasfaser-Anschluss für zuhause und sichern Sie sich 6 Freimonate. Ob Highspeed-Surfen, Streamen oder Gamen – 1&1 Kunden profitieren immer von leistungsstarken Internet-Anschlüssen, Top WLAN-Routern und hervorragender Performance. **Übrigens: Die 1&1 Spar-Aktion mit 6 Freimonaten** gibt es auch für ausgewählte Smartphones und Tablets. Außerdem sind bis zu 4 Handy SIM-Karten inklusive – mit Mobilfunk-Flatrates, damit Sie und Ihre Familie auch unterwegs mobil telefonieren und endlos surfen können.\*



\*6 Freimonate bei Abschluss eines 24-monatigen Laufzeitvertrages, z. B. 1&1 DSL 50 oder 1&1 Glasfaser 50 für 6 Monate je für 0,- €/Monat, danach 34,99 €/Monat (DSL) bzw. 39,99 €/Monat (Glasfaser). Internet-Flat: Unbegrenzt surfen mit bis zu 50 MBit/s. Tarife je nach Verfügbarkeit als DSL- oder Glasfaser-Tarif. Für Glasfaser-Tarife: In vielen Regionen verfügbar, im Vergleich zu DSL-Tarif gleicher Geschwindigkeitsklasse Danach-Preis jeweils 5,- € Aufpreis/Monat. Sofern Glasfaser in der Region verfügbar, aber keine Glasfaserleitung vorhanden ist, Ausbau und Eigentumsernehmung erforderlich. Aktion: Baumaßnahmen kostenfrei. Für alle Tarife gilt: Telefon-Flat: Rund um die Uhr kostenlos ins dt. Festnetz telefonieren. Anrufe in alle dt. Mobilfunknetze 19,9 ct/Min. Mögliche Hardware: z. B. 1&1 HomeServer+ für 6,99 €/Monat. Der Preis fällt zu den zusätzlichen monatlichen Tarifeinheiten an, die zusammen mit der Hardware angeboten werden. Router-Versand einmalig 9,90 €. Bereitstellung einmalig 49,95 € (DSL) bzw. 67,40 € (Glasfaser). Mindestlaufzeit: 24 Monate. Kündigungsfrist: 1 Monat zum Ende der Vertragslaufzeit. Sonderkündigung im ersten Monat. Auf Wunsch mit bis zu 4 (tarifabhängig) 1&1 All-Net-Flats mit je 1 GB Highspeed-Volumen/Monat (danach 64 kBit/s) für je 0,- €/Monat. Einmalige Bereitstellung je 4,90 €. Telefonate in dt. Fest- und Handynetze inklusive sowie Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. Kündigungsfrist 14 Tage. Abbildung ähnlich, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, 56403 Montabaur. WEEE-Reg.-Nr. DE13470330.

© Copyright by Heise Medien.

**1&1**

**1und1.de**  
**0721 / 960 6060**



# Stromzähler im Sonderangebot

## Gesetzentwurf: Smart Meter sollen für Nutzer billiger werden

**Smart Meter rechnen sich aus Verbrauchersicht bislang kaum. Ein Gesetzentwurf von Wirtschaftsminister Robert Habeck soll die Kosten deutlich senken – zumindest vordergründig. Obendrein hätten Kunden erstmals einen gesetzlichen Anspruch auf einen vernetzten Stromzähler.**

Von Christian Wölbert

**A**nfang Dezember überraschte das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) die Öffentlichkeit mit einem verfrühten Weihnachtsgeschenk: Die Beamten von Minister Robert Habeck (Grüne) verschickten einen Entwurf für ein „Gesetz zum Neustart der

Digitalisierung der Energiewende“. Dem komplexen Regelwerk zufolge zahlen private Haushalte künftig deutlich weniger für Smart Meter (offiziell: „intelligente Messsysteme“), und zwar 20 oder 50 Euro im Jahr statt 23 bis 100 Euro wie bisher. „Black Friday beim BMWK – intelligente Messsysteme zum Schnäppchenpreis“ kommentierte die Unternehmensberatung m2g-Consult bei LinkedIn.

Bislang rechnet sich ein Smart Meter – also die Kombination aus einem elektronischen Stromzähler und einem Smart-Meter-Gateway – nur für wenige Nutzer. Bei einem Stromverbrauch von 3000 kWh pro Jahr dürfen die Messstellenbetreiber laut Gesetz aktuell 40 Euro im Jahr verlangen, bei 6000 kWh gar 100 Euro. Im Gegenzug erhält man aktuelle Verbrauchsdaten, die vielleicht zum Energiesparen motivieren. Doch es ist ein sportliches Unterfangen, die Zählerkosten so wieder hereinzuholen. „Ein direkter finanzieller Nutzen, der die zusätzlichen jährlichen

Kosten aufwiegt, ist für Sie als Verbraucher nicht zu erwarten“, urteilen die Verbraucherzentralen. Meist rechnet sich ein Smart Meter nur im Zusammenspiel mit einem variablen Stromtarif und einem E-Auto oder wenn man hausgemachten Solarstrom an einen Direktvermarkter verkauft (siehe c't 26/2022, S. 116).

### Smart Meter ohne Aufpreis

Hält Habeck an seinen Plänen fest, werden die vernetzten Zähler attraktiver. Dem Entwurf zufolge zahlen die meisten Haushalte künftig nur noch 20 Euro im Jahr. Exakt so viel muss man für einen nicht-vernetzten elektronischen Zähler, der bis 2032 Pflicht ist, sowieso berappen. Das Smart Meter gäbe es also ohne Aufpreis dazu. 50 Euro jährlich sollen es sein, wenn man eine „steuerbare Verbrauchseinrichtung“ hat, also zum Beispiel eine Wärmepumpe im Keller oder eine Wallbox in der Garage (samt einem speziellen Stromtarif mit reduzierten Netzentgelten).

Wenn der Nutzer entlastet wird, muss freilich jemand anders die Zähler-Zeche zahlen. Laut dem BMWK-Entwurf sind das die Stromnetzbetreiber: Die Messstellenbetreiber sollen ihnen künftig jährlich 40 bis 80 Euro abknöpfen.

Die neue Kostenteilung ist aus Sicht von Habecks Beamten „zukunftsfest und gerechter“. Es seien die Netzbetreiber, die in erster Linie von Smart Metern profitieren. Sie könnten mithilfe der Geräte die Auslastung ihrer Netze besser überwachen, den Ausbau gezielter planen und zur besseren Auslastung der vorhandenen Infrastruktur zum Beispiel Wallboxen oder PV-Anlagen steuern. Laut dem Entwurf sollen die Netzbetreiber künftig deshalb im Viertelstundentakt Smart-Meter-Daten erhalten, bei Bedarf sogar minütlich – was die alte Debatte um den Datenschutz bei Smart Metern wieder befeuern könnte.

### Lob von Verbraucherschützern

Die Netzbetreiber werden ihre Smart-Meter-Kosten wohl auf die Netzentgelte draufschlagen. Diese sind Bestandteil des Preises, den jeder normale Stromkunde für jede Kilowattstunde zahlt. Die Smart-Meter-Kosten werden also vergesellschaftet – wer so ein System im Keller hat, zahlt weniger als vorher, die Allgemeinheit aber mehr.

Unter dem Strich könnte die Allgemeinheit aber profitieren, wenn Smart Meter weit verbreitet sind. Die meisten Experten glauben, dass die Systeme langfristig gegen steigende Netzentgelte wir-



Modula Gaming mit Intel® Core™ i7 Prozessor der 12. Generation und Intel® Arc™ A770 Grafik

## DER BOOST FÜR NOCH MEHR LEISTUNG.



### Modula 7277ZP

- ✓ Windows 11 Home
- ✓ Fractal Define R6 Tower
- ✓ 750W 80+ Gold Netzteil
- ✓ Intel® Core™ i7-12700K Prozessor
- ✓ Intel® Arc A770 (3x DP 2.0, 1x HDMI 2.1)
- ✓ 32 GB RAM & 2 TB NVMe SSD



**FUTURE-X**  
for your business

TAROX Marketplace GmbH Stellenbachstraße 49-51 | 44536 Lünen  
E-Mail: b2b@future-x.de | Web: www.future-x.de

ken, weil die Netzbetreiber ihre Leitungen besser auslasten und zielgerichteter ausbauen.

Auch Verbraucherschützer sehen diese Chance: Mehr Flexibilität auf der Verbrauchsseite und eine verbesserte Datengrundlage könnten „zu erheblichen Kosteneinsparungen im Bereich der Stromnetze führen“, sagte ein Sprecher des Bundesverbands der Verbraucherzentralen (VZBV) gegenüber c't.

Der VZBV begrüßt außerdem die Pläne zur Absenkung der Preisobergrenzen. Nötig seien darüber hinaus ein flächendeckendes Angebot von dynamischen Stromtarifen sowie zeitvariable Netzentgelte. „Dieses Zusammenspiel würde Smart Meter für Verbraucherinnen und Verbraucher finanziell attraktiver machen und somit die Akzeptanz des Rollouts erhöhen“, sagte der Sprecher.

### Recht auf Smart Meter

Spannend aus Verbrauchersicht ist auch § 34 Absatz 2 des Entwurfs. Diesem zufolge müssen Messstellenbetreiber künftig auf Verlangen zum Beispiel des Anschlussnutzers innerhalb von vier Monaten ein Smart Meter installieren – wobei sie einen Aufpreis verlangen dürfen. Bislang konnten die Betreiber solche Wünsche einfach ablehnen, eine Einbaupflicht gibt es erst ab 6000 kWh/Jahr.

„Wir freuen uns, dass die Bundesregierung die Bedeutung der Digitalisierung für eine erfolgreiche Energiewende erkannt hat – und ein Recht auf Smart Meter plant“, sagte Marion Nöldgen, Deutschlandchefin des Stromanbieters Tibber, gegenüber c't. In Kombination mit dynamischen Tarifen könnten Kunden dadurch endlich Strom dann verbrauchen, wenn er grün und günstig ist. „Die Bundesregierung treibt damit einen echten Smart-Meter-Rollout von Verbraucherseite voran“, lobte Nöldgen. Die Kostensenkung auf 20 Euro wirke als zusätzlicher Anreiz.

Tibber ist bislang einer der wenigen Anbieter flexibler Stromtarife, bei denen sich die Preise stündlich je nach Angebot und Nachfrage ändern. Laut dem BMWK-Entwurf muss ab 2026 jeder Stromanbieter solch einen Tarif anbieten, große Unternehmen mit mehr als 50.000 Kunden müssen das schon ab 2025. Ziel ist, dass Verbraucher ihren Strombezug in „kosten-günstigere Zeiten“ verlegen, wie es im Entwurf heißt, und zum Beispiel ihr E-Auto nachts laden statt zur Tagesschau-Zeit. Damit die flexiblen Tarife zwischen Netz-

betreiber und Stromanbieter korrekt abgerechnet werden, ist ein Smart Meter nötig.

### Echter Rollout-Turbo?

Hinter all dem steht die Energiewende: 2030 soll nach den Plänen der Bundesregierung 80 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen kommen. Außerdem sollen zur Dekarbonisierung von Verkehr und Wärme über 20 Millionen „steuerbare Verbrauchseinrichtungen“ ans Netz gehen – Wärmepumpen, Wallboxen, Speicher. Diese Herausforderungen können die Netzbetreiber laut dem Habeck-Entwurf „nur mit einer umfassenden Digitalisierung des Netzbetriebs sowie einer datenbasierten vorausschauenden Netzausbauplanung bewältigen“, also mit Smart Metern.

Das BMWK will deshalb auch durch den Abbau bürokratischer Hürden den Smart-Meter-Rollout beschleunigen. Der hinkt den ursprünglichen Projektionen meilenweit hinterher, bislang sind nach Angaben des Smart-Meter-Herstellers PPC erst etwa 300.000 der Systeme installiert.

Laut dem Entwurf sollen Hersteller und Betreiber zum Beispiel nicht mehr auf „Marktanalysen“ und „Markterklärungen“ des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik warten müssen. Außerdem soll es nicht mehr zwingend Smart Meter mit gleichem Funktionsumfang von drei unterschiedlichen Herstellern geben müssen. „So wird das Tempo zukünftig vom innovativsten Hersteller bestimmt“, heißt es im Entwurf.

Auch die berüchtigte „sichere Lieferkette“ soll vereinfacht werden, indem der „massengeschäftstaugliche Postversand“ zugelassen wird. Smart-Meter-Gateways dürfen zudem Zähler mehrerer Kunden bündeln, sodass weniger der teuren Geräte eingebaut werden müssen.

Aus Sicht des Bundesverbands Neue Energiewirtschaft bleibt der Habeck-Entwurf dennoch hinter den Erwartungen zurück. „Wir hätten uns gewünscht, dass die Zertifizierung der Geräte sehr viel einfacher wird und dadurch die Kosten noch stärker sinken“, sagte ein Sprecher. Die vorgeschriebene Zertifizierung durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik sei „um ein Vielfaches teurer als das Gerät selbst“, und das geplante Gesetz ändere daran nichts. „Dieser deutsche Sonderweg verhindert somit auch weiterhin, dass die Geräte wirklich günstig und schnell verfügbar werden.“

(cwo@ct.de) ct

# Microsoft 365: Maximal halblegal

## Datenschutzbeauftragte versagen Microsofts Clouddiensten Rechtskonformität

**Teams und die Office-Cloud-Services von Microsoft sind nicht rechtssicher einzusetzen. Diese Meinung haben die deutschen Datenschutzbeauftragten – und zwar einstimmig. Behörden und Unternehmen stehen einmal mehr im juristischen Regen.**

Von Holger Bleich

**E**in datenschutzrechtliches Damokles-schwert hängt über Unternehmen und öffentlichen Stellen: Setzen sie auf Microsoft 365 und damit die Cloud-Office- und Videokonferenzdienste des Redmonder Konzerns, bewegen sie sich in einer juristischen Grauzone. Trotz einiger Nachbesserungen von Microsoft hat die Datenschutzkonferenz (DSK), also der Zusammenschluss aller deutschen Landesdatenschützer sowie des Bundesdatenschutzbeauftragten, Ende November ihre skeptische Haltung bekräftigt.

In einer einstimmig verabschiedeten „Festlegung“ teilte die DSK mit, dass es den Onlinediensten an „Transparenz über die Verarbeitung personenbezogener Daten aus der Auftragsverarbeitung für Microsofts eigene Zwecke“ fehle. Das wird nun zum Problem für die sogenannten „Verantwortlichen“, also alle Unternehmen, Institutionen und Privatanwender, die die Microsoft-Produkte einsetzen.

Denn wenn Microsoft nicht ausreichend über die Datenspeicherung und Verarbeitung in der Cloud aufklärt, können Verantwortliche gegenüber den Nutzern des Dienstes (etwa Schulleiter gegenüber Eltern und Schülern, Unternehmen gegenüber den Mitarbeitern) keinen

rechtskonformen Betrieb zusichern (Rechenschaftspflicht nach Art. 5 Abs. 2 DSGVO). Der Datentransfer in die USA war für die DSK eher ein Randthema.

Die Einschätzung der DSK fußt auf einem 56-Seiten starken Abschlussbericht einer eigens eingerichteten Arbeitsgruppe „Microsoft-Onlinedienste“. Er enthält unter anderem die Gesprächsergebnisse von 14 „mehrstündigen Videokonferenzen“ zwischen AG und Microsoft-Vertretern. Der Tenor lautet sinngemäß: Microsoft hat zwar einiges erklärt, aber die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen sind unzureichend.

### „Dogmatischer Selbstzweck“

In ersten Stellungnahmen reagierte der US-Konzern ungewohnt angefasst auf die DSK-Festlegung – kein Wunder, geht es doch um eine Entscheidung mit Signalwirkung auf den gesamten lukrativen EU-Binnenmarkt. Aus Teilnehmerkreisen war zu vernehmen, dass Microsoft im Vorfeld sogar mit Klagen gedroht habe. Parallel zur Veröffentlichung der DSK-Mitteilung konterte Microsoft dann mit einer Stellungnahme, die es in sich hat.

Der US-Konzern bezieht darin zu den einzelnen Kritikpunkten Stellung und teilt nebenbei heftig gegen die deutsche Datenschutz-Bürokratie aus. Die Verantwortli-

chen, also die Microsoft-Kunden, agierten „nicht in einer isolierten oder akademischen Datenschutzwelt“. Die DSK mache den Datenschutz hierzulande zum „dogmatischen Selbstzweck“. Microsoft kontert die Transparenzforderung so: „Kunden müssen die technische Funktionsweise von Microsoft 365 nicht vollständig verstehen.“

Derzeit ist offen, welche Konsequenzen nun für wen drohen. Obwohl die DSK bereits seit Längerem ihre Zweifel daran äußert, dass Microsoft 365 DSGVO-konform ist, setzte es bislang keine Anordnungen und keine Bußgelder der Landesaufsichtsbehörden – weder gegen Unternehmen noch gegen öffentliche Einrichtungen. Klar ist: Bei der Festlegung der DSK handelt es sich nicht um eine Anweisung, sondern eher um eine Rechtsauslegung, an die sich Behördenleiter halten können oder auch nicht.

Erste Äußerungen von Landesdatenschutzbeauftragten (LfD) lassen darauf schließen, dass die bisher gängige Kulanzlinie weiter gefahren wird. So erklärte der thüringische LfD Lutz Hasse: „Meine Aufsichtsbehörde wird nun – wie die anderen Datenschutzaufsichtsbehörden auch – mit den Verantwortlichen im öffentlichen und nicht-öffentlichen Bereich den Kontakt suchen, um eine verhältnismäßige Umsetzung dieser Rechtslage zu erörtern.“

Und so bleibt die Rechtsunsicherheit für alle deutschen Anwender von Microsoft 365 erst einmal bestehen. In Frankreich ist man da schon etwas weiter: Das Bildungsministerium hat dort den Einsatz der kostenfreien Angebote von Microsoft 365 und Google Workspace an Schulen aus Datenschutzgründen generell untersagt. An Unternehmen trauen sich die Datenschützer in Europa sicherlich als letztes. Anders als Behörden oder etwa Schulträger können diese sich auf das „berechtigte Interesse“ berufen, das in der Vergangenheit schon viele zweifelhafte Verarbeitungsprozesse rechtfertigte.

(hob@ct.de) ct



Bild: BDI

**Hitzige Debatten um Microsoft 365: Die 104. Datenschutzkonferenz tagte Ende November unter Leitung des Bundesdatenschutzbeauftragten Ulrich Kelber.**

# Lensa-App generiert Porträts mit KI

**Sie wollen sich als Astronaut, Cyborg oder Anime porträtieren lassen? Mit Lensa ist das in 20 Minuten erledigt. Doch die App trifft auf Kritik im Netz.**

Selfies mit Apps aufzuhübschen, bevor man sie auf Social-Media-Plattformen postet, ist seit einigen Jahren beliebter Sport unter Instagram-Nutzern. Mit dem Aufkommen von KI-Bildgeneratoren erreichen die Selbstdarstellungen nun eine neue Stufe. Die US-Firma Prisma Labs hat ihre Retusche-App Lensa um eine Funktion namens „Magic Avatars“ erweitert. Während man bei kostenlosen KI-Bildgeneratoren eine Bildbeschreibung als Satz eingibt, nimmt Lensa zehn bis zwanzig Selfies entgegen. Daraus generiert die App mithilfe des Bildgenerators Stable Diffusion gemalte und gezeichnete Porträts, die sich etwa als Avatarbilder für Social-Media-Accounts nutzen lassen.

Der Nutzer muss lediglich angeben, welchem Geschlecht sein Avatar angehören soll, und schon berechnet Prisma Labs auf seinen Servern in 20 Minuten künstlerische Abwandlungen. Die Geschlechtszuordnung bestimmt die Stile: Bei Männern überwiegen Darstellungen als Cyborg oder Astronaut, bei Frauen als Anime oder Prinzessin.

Die Geschlechtszuordnungen führen in der Twitterblase zu Kritik, unter anderem weil Lensa manche weibliche

Avatare sexualisiert mit tiefen Ausschnitten darstellte. In einem kurzen Test konnten wir dies allerdings nicht reproduzieren. Die Bilder orientierten sich an modernen Comic- und Popart-Stilen, die ab und an ins Kitschige abdrifteten. Da die den Magic Avatars zugrundeliegende KI mit Millionen Bildern aus dem Netz trainiert wurde, ist es jedoch kein Wunder, wenn sie bestehende Klischees reproduziert.

Anders als bei Stable Diffusion können Nutzer der Lensa-App keine eigenen



**100 Bilder für 5 Euro: Die Lensa-App macht aus Selfies neue Avatar-Porträts.**

künstlerischen Stile oder Posen vorgeben. Die für die Bilder beanspruchte Rechenzeit lässt sich Prisma Labs bezahlen. Neben der Gebühr für das Jahresabo von Lensa für 40 Euro (7 Tage Probezeit) fallen für einen Satz mit hundert Avatarbildern in 4K-Auflösung einmalig 5 Euro an. In einem kurzen Test waren etwa zehn Prozent der Bilder recht gelungen. Je nach Art der hochgeladenen Bilder fallen die Ergebnisse bei jedem – wieder kostenpflichtigen – neuen Durchgang unterschiedlich aus.

Weil Lensa die Nutzung der KI-Generatoren nochmals vereinfacht, wurden die Magic Avatars in kurzer Zeit populär im Netz. Der Webdienst [avatarai.me](#) verlangt für ähnliche KI-Porträts knapp 50 Euro. Da die Geschäftsmodelle hohe Gewinne versprechen, wird die Diskussion um Urheberrechte und Beteiligungen der Künstler immer relevanter. Bislang gräßen Firmen alle im Internet verfügbaren Bilder zum Training ihrer KI ab, ohne vorher die Erlaubnis der Urheber einzuholen.

Eine solche Zustimmung verlangt Prisma Labs aber von den Nutzern seiner App: In seinen englischsprachigen Nutzungsbedingungen lässt sich die US-Firma das Recht einräumen, seine KI mit den hochgeladenen Bildern trainieren zu dürfen. Anschließend würden die Bilder wieder gelöscht.

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

## TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPÄß!



### Make: Education

Mit **Make Education** erhalten Sie jeden Monat kostenlose Bauberichte und Schritt-für-Schritt-Anleitungen für einen praxisorientierten Unterricht:



Für alle weiterführenden Schulen



Digital zum Downloaden



Fächerübergreifend



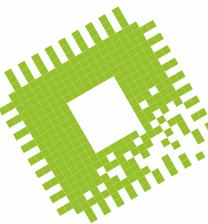
Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden:  
[make-magazin.de/education](http://make-magazin.de/education)

© Copyright by Heise Medien

# Bit-Rauschen

## Raspi-Rosenkrieg, schmelzende Stecker und Kryptokurse, starker ARM



**Lieferschwierigkeiten, abstürzende Kryptowährungskurse und überhitzende Grafikkarten-Steckverbinder führen zu Zank. Amazon macht den ARM-Serverprozessor Graviton noch stärker.**

Von Christof Windeck

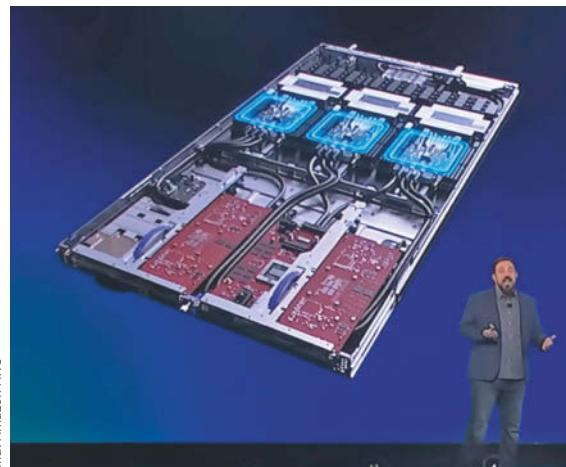
Allerorten gibt es Streit. Die Entwickler von Raspberry Pi Ltd. hatten seit dem ersten Raspi im Jahr 2012 mit dem Distributor und Fertigungspartner RS Components kooperiert. Doch lange anhaltende Raspi-Lieferschwierigkeiten belasteten die Beziehung. Dabei haben die Raspi-Macher wohl viel Porzellan zerschlagen, weil sie ihre Platinen gerne auch an Industriekunden verkaufen wollen. Das ist grundsätzlich eine gute Idee, um den Absatz langfristig zu sichern und mehr Geld für die Fortentwicklung einzunehmen. Doch wer nicht liefern kann, wird schnell ersetzt. RS Components arbeitet nun über die Tochterfirma OKdo mit Radxa aus Shenzhen zusammen und lässt den Rock 4 SE mit Rockchip RK3399 in Großbritannien produzieren. Offenbar hofft man, mit dem Rock 4 SE von den Raspi-Liefer-

schwierigkeiten profitieren zu können. Allerdings liegen der Rock 4 SE im Speziellen beziehungsweise Rockchip im Allgemeinen bei der Linux-Unterstützung weit hinter den Raspis zurück. Das muss für Industrikunden aber kein Nachteil sein.

### Schmelzverbinder

Die schnellen, aber stromdurstigen Grafikkarten der Baureihe Nvidia GeForce RTX 4090 sind die ersten, die den 12VHPWR-Stromstecker für die Verbindung zum ATX- beziehungsweise ATX-3.0-Netzteil verwenden. Kurz nach Einführung der neuen Grafikkarten tauchten jedoch Berichte über sich erhitzende und sogar schmelzende Stecker auf. Nvidia prüfte den Sachverhalt und schätzt das Problem als Bedienungsfehler ein: Demnach waren die Käufer der Grafikkarten zu blöde, um den Stecker richtig einzustecken (siehe c't 26/2022, S. 44). Derartige Kundenbeschimpfung kommt stets gut an und am 11. November klagte Herr Lucas Genova in Kalifornien gegen Nvidia.

Der 12VHPWR-Stecker verträgt die starken Ströme nur, wenn er korrekt in der Buchse sitzt und alle Bauteile sowie die Crimpverbindungen der einzelnen Adern sorgfältig ausgeführt sind. Damit sich der Stecker richtig einstecken lässt, muss die Buchse aber auch gut erreichbar sein und darf nicht teilweise unter scharfkantigen Kühlern verschwinden.



**Amazon-Manager Peter DeSantis zeigt einen Server mit Graviton3E-Prozessoren, die deutlich höhere Vektor-Rechenleistung liefern sollen als ihre Vorgänger mit ARM-Neoverse-V1-Kernen.**

Die Industrievereinigung PCI-SIG war an der Spezifikation des Steckverbinder beteiligt. Sie mahnte in einer öffentlichen Stellungnahme, dass Firmen für die sorgfältige Umsetzung von PCI-Spezifikationen selbst verantwortlich seien. Das war wohl als Ohrfeige an Nvidia und die Grafikkartenhersteller gemeint.

### Im Tal der Krypto-Tränen

Im Mai brach die Kryptowährung Terra-USD zusammen: Der vermeintliche „Stablecoin“ trug diesen Namen zu Unrecht. Schockwellen dieses Crashes wirken weiter nach. Das Vertrauen in die hochtrabenden Versprechungen der Kryptoprediger schmolz dahin wie GPU-Stromstecker, Kryptokurse rauschten in die Tiefe. Die Kryptobörsen Blockfi, Coinbase, Crypto.com und Kraken entließen Mitarbeiter, Bitfront wird geschlossen und FTX brach sogar zusammen. Einige der zu großem persönlichen Reichtum gekommenen FTX-Chefs verhielten sich anscheinend so schlecht, wie man es befürchtet hat. Das bekundete jedenfalls der Insolvenzexperte John J. Ray III, der den FTX-Schaden aufräumen soll, siehe c't 26/2022 auf Seite 14. Er sieht Anzeichen dafür, dass einige Manager „kompromittiert“ gewesen sein könnten.

Der Kryptowinter kühlte auch das Geschäft mit virtuellen Gütern ab, den sogenannten Non-Fungible Tokens (NFT). Und bisher melden noch immer erst sehr wenige andere Blockchain-Geschäftsmodelle nachhaltigen Erfolg. Seit Mai haben mehrere Fintech-Firmen, also Geldinstitute mit digitalen Geschäftsmodellen, Beschäftigte entlassen. Das deutet darauf hin, dass sich die Erfahrungen und Geschäftspraktiken etablierter Finanzinstitute doch nicht so leicht durch Algorithmen ersetzen lassen wie erhofft.

Die abstürzenden Kurse von Ethereum & Co. rissen auch die Grafikkarten-Verkaufszahlen von AMD und Nvidia in die Tiefe. Zuvor hatten beide behauptet, der Boom der Grafikchips beruhe auf der Nachfrage von PC-Gamern.

Gute Nachrichten überbrachte die Amazon-Cloudsparte AWS: Ein Jahr nach dem ARM-Serverchip Graviton3 avisierte sie den Graviton3E, dessen Scalable Vector Extensions (SVE) bis zu 35 Prozent mehr Gleitkommarechenleistung liefern sollen. Cloudinstanzen mit Graviton3E starten 2023.

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

**Podcast Bit-Rauschen: [ct.de/yxf1](http://ct.de/yxf1)**

# Profi-Grafikkarte mit 48 GByte Speicher

**Die Nvidia RTX 6000 soll in High-End-Workstations 3D-Modelle und KI-Aufgaben berechnen. Die Bezeichnung lässt sich jedoch leicht mit der von älteren Grafikkarten verwechseln.**

Die erste und leistungsstärkste Profi-Grafikkarte mit Nvidias Ada-Lovelace-Architektur ist nun im Handel erhältlich. Auf ihr sitzt die AD102-GPU mit 18.176 CUDA-Cores und 48 GByte GDDR6-RAM. In der Spitze schafft sie eine Single-Precision-Rechenleistung von 91,1 Tflops. Damit eignet sich die High-End-Grafikkarte für professionelle Anwendungen wie Echtzeit-Rendering, KI-Berechnungen und wissenschaftliche Simulationen.

Die GPU enthält zudem 568 Tensor-Kerne, die für Matrixmultiplikationen optimiert sind und 142 RT-Kerne für Raytracing-Berechnungen. Mit dem System kommuniziert die Karte per PCI-Express-4.0-Schnittstelle und sie liefert vier DisplayPort-1.4-Ausgänge.

Nvidia hatte die RTX 6000 bereits Ende September zugleich mit der eng

verwandten Gaming-Grafikkarte GeForce RTX 4090 angekündigt. Bei der Consumer-Variante aktiviert der GPU-Hersteller jedoch nur 16.384 Shader-Kerne und rüstet sie mit 24 GByte GDDR6X-RAM ohne Fehlerkorrektur aus. Weil in High-End-Workstations oft mehrere der Dual-Slot-Karten parallel rechnen, limitiert Nvidia die Leistungsaufnahme der RTX 6000 auf 300 Watt im Vergleich zu den 450 Watt der GeForce RTX 4090.

Beim Kauf der rund 9000 Euro teuren Grafikkarte oder einer Workstation empfehlen wir genauer hinzuschauen, denn bei der Bezeichnung unterscheidet sie sich zur Vorgängerkarte RTX A6000 nur durch einen einzigen Buchstaben. Deshalb nennt der europäische Distributor PNY die neue High-End-Karte auch RTX 6000 Ada. Die RTX A6000 von 2020 hat ebenfalls 48 GByte Speicher, aber nur 10.752 CUDA-Kerne mit der älteren Ampere-Architektur. Weitere Verwechslungsgefahr besteht mit der Quadro RTX 6000 aus dem Jahre 2018.

(chh@ct.de)

Bild: Nvidia



Obwohl Nvidias RTX 6000 Ada nur 300 Watt braucht, verwendet sie anders als abgebildet den neuen 16-poligen 12VHPWR-Stromstecker.

## Low-Profile-Kühler für Kompakt-PCs

In viele flache PC-Gehäuse passen nur die zum Prozessor mitgelieferten Kühlern von AMD und Intel hinein, die jedoch unter Last laut sind. Als Alternative bietet Be quiet den **Low-Profile-Kühler Pure Rock LP** an, mit lediglich 4,5 Zentimetern Höhe inklusive Lüfter. Der Hersteller verspricht, dass der Pure Rock LP Prozessoren mit bis zu 100 Watt Thermal Design ausreichend kühlt. Damit eignet sich der Kühler auch für kompakte Gaming-Systeme.

Die Abwärme transportieren drei Heatpipes mit je sechs Millimetern Durchmesser zu den schwarz lackierten Lamellen. Darauf sitzt ein 9,2-Zentimeter-Lüfter mit 4-Pin-Anschluss. Der Rotor des Ventilator dreht mit maximal 2500 U/min. Der Pure Rock LP passt auf alle modernen CPU-Fassungen wie AM4 und AM5 für AMD Ryzen sowie LGA115x, LGA1200 und LGA1700 für Core-i-Prozessoren seit 2011. Inklusive drei Jahren Garantie kostet der Kühler 50 Euro. (chh@ct.de)



Modula Gaming mit Intel® Core™ i7 Prozessor der 12. Generation und Intel® ARC™ 7 Grafik

**ENTFESSLE  
DEINE  
KREATIVITÄT.**



### Modula 7277ZP

- ✓ Windows 11 Home
- ✓ Fractal Define R6 Tower
- ✓ 750W 80+ Gold Netzteil
- ✓ Intel® Core™ i7-12700K Prozessor
- ✓ Intel® ARC A770 (3x DP 2.0, 1x HDMI 2.1)
- ✓ 32 GB RAM & 2 TB NVMe SSD



**FUTURE-X**  
for your business

TAROX Marketplace GmbH Stellenbachstraße 49-51 | 44536 Lünen  
E-Mail: b2b@future-x.de | Web: www.future-x.de



# Nah an 4K

## AMDs High-End-Grafikkarten Radeon RX 7900 XT und XTX

**Mit moderner Chiplet- und Displaytechnik, kompaktem, gediegenem Design und günstigeren Preisen im Vergleich zu Nvidias GeForce RTX 4080 versucht AMD, Gamer von den eigenen Radeon RX 7900 XT und XTX zu überzeugen. Wie gut das gelingt, klärt unser Test.**

Von Carsten Spille

**M**it der Grafikkarte Radeon RX 7900 soll flüssiges 4K-Gaming jetzt endlich auch unter 2000 Euro Realität werden. Dafür hat AMD die Technik deutlich überarbeitet und die Architektur für besonders hohe Taktraten ausgelegt: Der offizielle Boost-Takt von 2,5 GHz ist nicht hochgestapelt, maximal haben wir ohne Übertaktung knapp 3,2 GHz bei OpenCL-Anwendungen ohne Grafikausgabe gesehen. AMD schickte die beiden kompakten Referenzkarten ins c't-Testlabor, von Powercolor traf eine ausladendere XTX-Version der Hellhound-

Reihe ein. Bis zum Redaktionsschluss standen die Preise der Radeon-Karten RX 7900 XT und XTX nicht genau fest, aber vermutlich liegen sie bei 1050 bis 1150 Euro. Damit wären beide deutlich billiger als Nvidias ebenfalls neue, rund 1500 Euro teure RTX 4080, die uns für diesen Test leider nicht zur Verfügung stand.

Die Radeon 7900 XTX ist AMDs bislang schnellste Grafikkarte, die Spiele auch in höchster Detailstufe und Ultra-HD-Auflösung mit 3840 × 2160 Bildpunkten mit flüssigen, teils dreistelligen Bildraten auf den Schirm zaubert. Dazu hat AMD außer vielen aufgebohrten Shader-Einheiten auch eine neue Display- und eine neue Video-Engine eingebaut. Die DisplayPorts schaffen insgesamt 54 Gbit/s und können mit optisch verlustfreier Dynamic Stream Compression (DSC) 8K-Auflösungen bis zu 165 Hertz darstellen. 8K-Displays sollen ab 2023 vermehrt auf den Markt kommen. Die Video-Engine beherrscht jetzt den AV1-Codec für Wiedergabe und Aufnahme, was vor allem Streamer freuen dürfte.

### Technik-Leckerli

Auf die technischen Daten und Einzelheiten sind wir bereits in c't 25/2022 eingegangen, daher hier nur noch einmal im Kurzüberblick. Bei den neuen Radeons spaltet AMD den Navi31-Grafikchip auf. Der Graphics Compute Die (GCD) genannte Hauptchip trägt Display-, Video- und Steuerprozessor sowie die maximal 6144 Shader-Rechenkerne in 96 Compute-Units; die XT-Version muss mit 84 CUs, also 5376 Shadern auskommen. AMD hat zu einem anderen Trick als Nvidia gegriffen, um die Rechenleistung

### Spieleleistung: AMD Radeon RX 7900 XT und XTX

Grafikkarte	F1 22(DX12) <sup>1</sup> [fps]	F1 22(DX12 + RT) <sup>2</sup> [fps]	Shadow of the Tomb Raider (DX12) <sup>3</sup> [fps]	Shadow of the Tomb Raider (DX12 + RT) <sup>4</sup> [fps]	A Plague Tale: Requiem(DX12) <sup>5</sup> [fps]	Metro Exodus En- hanced(DX12 + RT) <sup>6</sup> [fps]	Cyberpunk 2077(DX12 + RT) <sup>7</sup> [fps]	Control(DX12 + RT) <sup>8</sup> [fps]
besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
<b>Bildschirmauflösung WQHD (2560 × 1440)</b>								
Radeon RX 7900 XTX	198/294	66/78	144/228	97/143	67/87	67/116	29/35	59/72
Radeon RX 7900 XT	131/245	58/68	116/184	82/119	52/65	58/90	26/31	49/61
Radeon RX 6950 XT	178/242	45/54	145/189	69/106	47/59	57/84	21/25	39/49
GeForce RTX 3090 FE	156/205	63/71	129/175	86/115	53/65	52/91	36/42	55/66
GeForce RTX 4090	177/280	97/126	140/242	112/189	70/86	67/127	63/75	96/120
<b>Bildschirmauflösung Ultra HD (3840 × 2160)</b>								
Radeon RX 7900 XTX	140/174	33/39	105/131	56/79	34/46	51/67	14/17	29/34
Radeon RX 7900 XT	113/148	29/34	85/106	48/67	27/35	39/53	13/15	24/29
Radeon RX 6950 XT	116/138	21/25	83/101	39/57	24/30	36/47	10/12	19/23
GeForce RTX 3090 FE	103/121	30/35	80/100	49/63	29/35	41/56	17/20	28/33
GeForce RTX 4090	141/195	61/67	135/183	91/121	51/61	58/101	33/39	51/61

Angaben in Bildern pro Sekunde (fps). Dunkler Balken: P1-Perzentil, d.h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert. Gemessen auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600; Windows 11 22H2, Vsync aus, Treiber: 22.11.1 (RX 6000) / 22.40.0 Beta5 (RX 7000), GeForce 527.37. RX7900: AMD Referenz; RTX 3090: Founders Edition, RTX 4090: Zotac Trinity, RX 6950: Sapphire Nitro+.<sup>1</sup>Detailstufe „Ultra“, <sup>2</sup>„Ultra“, RT „hoch“, <sup>3</sup>„Ultrahoch“, <sup>4</sup>„Ultrahoch“, Raytracing-Schatten „Ultra“, <sup>5</sup>„Ultra“, Raytracing „High“, <sup>6</sup>„Ultra“, <sup>7</sup>„RT Ultra“, FSR/DLSS aus, <sup>8</sup>„High“, RT „High“

zu erhöhen. Die Rechenwerke an den einzelnen Kernchen sind doppelt vorhanden und führen im Idealfall zwei Berechnungen auf einmal aus (VLIW2), sofern der Shader-Compiler im Treiber zwei unabhängige Instruktionssketten aus dem Befehlsstrom fischt. Dadurch ergibt sich einiges an Potenzial, das die Treiberprogrammierer aber auch anzapfen müssen – spätere Steigerungen sind also durchaus drin.

Flankiert wird das GCD von bis zu sechs „Memory Cache Dies“ (MCD) mit den Speichercontrollern und einem jeweils 16 MByte großen Happen des Infinity-Cache. Bei der XT-Variante ersetzt ein Dummy einen der MCDs. Folglich ist auch der Infinity-Cache mit nur noch 80 MByte 16 MByte kleiner als bei der XTX. Daraus folgt auch die unterschiedliche Speicherbestückung von 24 respektive 20 GByte GDDR6-Speicher. Mit beidem ist man für Spiele selbst in mehr als 4K-Auflösung gerüstet und hat für KI-Anwendungen oder Datavisualisierung Reserven.

Die Radeon RX 7900 XT benötigte im Leerlauf 12 Watt, mit mehreren Bildschirmen bis zu 41 Watt, die beiden XTX-Karten lagen 3 respektive 8 Watt darüber. Unter Volllast reizten sie ihre TDP nahezu aus, die AMD bei der RX 7900 XT nachträglich von 300 auf 315 Watt nach oben korrigieren musste: 312 Watt maßen wir unter Dauervolllast mit einzelnen Spitzen im Millisekundenbereich bis hinauf zu 478 Watt. Auch hier packten die XTXen noch ein paar Watt drauf: AMD lag bei 352 Watt (Spitze: 508 Watt) und Powercolor bei 360 Watt (512 Watt). Im Leerlauf verhielten sich alle Karten mit abgeschalteten Lüftern standesgemäß ruhig.

Unter Last maßen wir bei der AMD 7900 XT eine befriedigende Lautheit von 1,5 sone, was allerdings ab hohen dreistelligen Bildraten von nervigem Spulenfiepen (1,9 sone) übertönt wurde. Bei der XTX war der Lüfter mit bereits störenden 2,5 sone deutlich lauter. Powercolor macht speziell mit dem optionalen Silent-BIOS und großem Kühlern deutlich besser und bleibt bei 0,8 sone.

## Schnell, schneller, Raytracing

Die meisten RX-7900-Interessenten kaufen die Karte für Spiele. Dabei kann speziell die RX 7900 XTX in UHD-Auflösung glänzen. Sie lässt das Vorgängermodell 6950 XT mit Raytracing um bis zu 56 Prozent im Rennspiel F1 22 hinter sich und liegt auch bei Rastergrafik wie in Plague Tale: Requiem bis zu 53 Prozent vorn. Nvidias GeForce RTX 3090 muss sie sich auch mit Raytracing nur in Cyberpunk 2077 geschlagen geben, gegen die viel teurere RTX 4090 gelingt ihr in F1 22 nur ein Achtungserfolg.

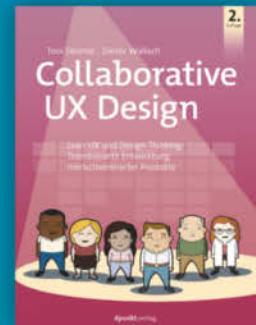
Die RX 7900 XT hat ohne Raytracing manchmal Schwierigkeiten, die 6950 XT in Schach zu halten, mit den Strahlverfolgungseffekten liegt sie aber durchweg in Front und bietet bei (wohl) ähnlichem Preis und vergleichbarer Leistungsaufnahme das modernere Gesamtpaket. Gegenüber Nvidias RTX 3090 bietet sie insgesamt eine ähnliche Leistung mit kleinen Vorteilen bei der Rastergrafik und leichten Nachteilen mit Raytracing.

## Fazit

Die Radeon RX 7900 zeigen gegenüber den Vorgängern große Fortschritte besonders bei der Raytracing-Leistung. Im Vergleich zu Nvidias GeForce RTX reicht es meist jedoch nur, um sich gegen die vorige RTX-3000-Generation durchzusetzen. Der Abstand zur RTX 4000 ist im Vergleich der beiden Topmodelle groß, jedoch spielt AMDs RX 7900 XTX in einer anderen Preisliga und muss sich eher mit der RTX 4080 messen. Dieses Duell geht weit knapper aus, auch wenn die Nvidia mit Raytracing einen Vorteil haben dürfte – bei deutlich höheren Preisen. (csp@ct.de) **ct**



262 Seiten · in Farbe · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-912-2



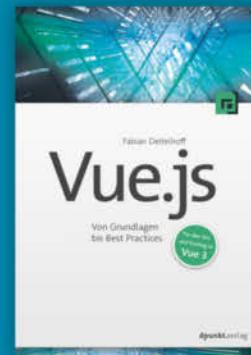
2. Auflage  
294 Seiten · in Farbe · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-881-1



Ein Muss für alle, die mit oder in einem Softwareentwicklungssteam arbeiten!

Anhand zahlreicher Fallbeispiele erklärt dieses Buch die Grundlagen, Methoden und Praktiken agiler Softwareentwicklung. James Shore bringt Extreme Programming, Scrum, Lean, DevOps und mehr in ein zusammenhängendes Ganzen und behandelt auch neue Themen wie agile Skalierung, die Arbeit mit Remote-Teams sowie das Agile Fluency® Model zur Einführung und Anpassung von Agilität an die Bedürfnisse des Unternehmens.

748 Seiten · 49,90 €  
ISBN 978-3-86490-860-6



318 Seiten · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-900-9



7. Auflage · 478 Seiten · 42,90 €  
ISBN 978-3-86490-919-1



424 Seiten · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-874-3



456 Seiten · 36,90 €  
ISBN 978-3-86490-878-1

# Mehrspuriger Surf-Turbo

**Viele Betriebssysteme nutzen schon das moderne Protokoll QUIC, das Daten schneller lädt als das herkömmliche TCP. Künftig soll QUIC sogar mehrere Internetleitungen parallel nutzen, also etwa WLAN und Mobilfunk.**

Haben Sie sich auch schon einmal gewundert, dass Musik- oder Video-Streams ohne Unterbrechung weiterlaufen, wenn Sie die WLAN-Abdeckung verlassen und Ihr Smartphone Daten nur per Mobilfunk empfängt? Diesen nahtlosen Übergang schafft die TCP-Erweiterung MPTCP (Multipath Transmission Control Protocol). Doch obwohl MPTCP seit etwa 2010 immer weiter verfeinert wird, gilt es zusammen mit TCP

als altes Gespann, dem das optimierte QUIC den Rang ablaufen soll. Beispielsweise baut QUIC eine TLS-gesicherte Verbindung in drei Schritten auf, TCP benötigt doppelt so viele. Nun soll QUIC ebenfalls eine Multipath-Erweiterung erhalten.

Dabei ist es nicht selbstverständlich, dass eine TCP-Sitzung, etwa für einen Stream, die Leitung überhaupt wechselt. Denn ein Internet-Host wie ein Webserver oder ein Smartphone ordnet die Datenpakete nur dann derselben Sitzung zu, wenn Quell- und Ziel-IP-Adresse, Quell- und Ziel-Port sowie Protokollnummer bei allen Paketen gleich sind. Andernfalls bricht der Empfänger die Sitzung ab.

Die RFC-Spezifikation 8684 legt fest, wie Sender und Empfänger einander mit-

teilen, ob sie sich für MPTCP eignen, ob ein Pfad hinzukommt oder die Daten auf mehrere Pfade verteilt werden. MPTCP steckt etwa in Linux, FreeBSD, iOS und macOS.

Wie wiederum ein Multipath-QUIC (MPQUIC) arbeiten könnte, hat ein Entwicklerteam um Olivier Bonaventure an der belgischen Uni Löwen schon 2017 untersucht. Aber es sollte bis Anfang 2022 dauern, bis das Normungsgremium Internet Engineering Task Force (IETF) einen konkreten Request for Comment (RFC) in Angriff nahm.

Dabei steckt in QUIC – und damit in modernen Browsern – schon eine Path Agility genannte Methode, die Verbindungen auf einen neuen Pfad migriert. Aber anstatt den alten Pfad zu schließen, hält man mit MPQUIC beide aktiv. Dem jüngsten Entwurf vom Oktober 2022 zufolge wird QUIC seine Pakete künftig pfadspezifisch nummerieren. So muss die Flusskontrolle des Senders nicht alle Pfade gleichzeitig steuern, sondern kann sie etwa bei Fehlerkorrekturen separat behandeln.

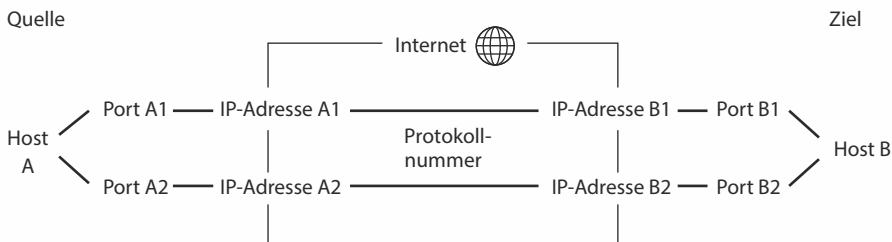
Wann MPQUIC fertig wird, ist noch offen. Bonaventure und Kollegen haben aber schon gezeigt, dass es mehr aus den Leitungen holt als MPTCP und auch, dass es robuster mit Paketverlusten umgeht.

(dz@ct.de)

**Info zu QUIC und MPTCP:** [ct.de/ywz7](http://ct.de/ywz7)

## Merkmale einer Multipath-QUIC-Sitzung

Netzwerkelemente identifizieren eine QUIC-Sitzung normalerweise nur anhand je einer Quell- und Ziel-IP-Adresse sowie je eines Ziel- und Quell-Ports. Bei Multipath-Sitzungen kommen auf beiden Seiten zusätzliche IP-Adressen und Ports hinzu, die die Gegenstellen einander signalisieren müssen.



## Kurz & knapp

Der für niedrigpreisige Vernetzungshardware bekannte Hersteller **TP-Link** hat ein **Matter-1.0-Zertifikat** bekommen, nachdem ein externes Labor die ersten Smart-Home-Produkte der Kasa- und Tapo-Serien getestet hatte. Außerdem arbeitet TP-Link zurzeit an einem Hub namens Tapo H100M, der Kasa/Tapo-Geräte einbindet, die Matter selbst nicht unterstützen. Matter ist ein herstellerübergreifendes Heimautomationsprotokoll und setzt auf IPv6 auf.

Trendnets **robuster PoE+-Extender** TI-BEP200 soll Kupfer-Ethernet-Verbindungen zu Outdoor-Kameras oder Access-Points um 100 Meter verlängern. Das

Gerät ist auf den Außeneinsatz (IP67) zwischen -40 °C und +75 °C bei erhöhten Anforderungen ausgerichtet (u. a. 4-kV-Surge nach IEC/EN 61000-4-5, Stoß/Vibration nach IEC/EN 60068-2-6/27) und hat drei Gigabit-Ethernet-Ports. Über einen kommen Daten und Energie herein (PoE++, IEEE 802.3bt, max. 90 Watt), über die beiden anderen gehen Daten und Energie hinaus (einmal PoE+, 802.3at, 30 Watt, einmal proprietär 24/48 Volt). Laut Hersteller darf man bis zu vier der 353 Euro (UVP) teuren Extender verketteten, um maximal 500 Meter zu überbrücken.

Anfang Dezember hat AVM die **Version 7.50 des jüngsten Fritzbox-Betriebssys-**

**tems für den VDSL-Router 7590** veröffentlicht. Sie bringt als große Neuerung das moderne VPN-Protokoll WireGuard sowie zahlreiche Verbesserungen bei Telefonie und Heimautomation (siehe c't 23/2022, S. 62 ff). Auf einer von der Redaktion betreuten 7590 lief das Upgrade problemlos. AVM will nach und nach auch alle anderen derzeit gefertigten Router sowie Fritz-Repeater und Powerline-Adapter aktualisieren. Ferner sollen ausgewählte ältere Router die 7.50er-Firmware bekommen, darunter wahrscheinlich die verbreitete Fritzbox 7490. Bei Redaktionsschluss hatte AVM just die erste Beta-Version für die älteren Kabelboxen 6590 und 6490 bereitgestellt (Fritz-Labor 7.39 auf [avm.de/labor](http://avm.de/labor)).

## Verwirrung um die M-Disc

**Zur Langzeitarchivierung setzen viele Privatleute auf die M-Disc, eine Entwicklung des seit Jahren insolventen Unternehmens Millennia. Deren Weiterentwicklung deuteten nun einige Anwender falsch.**

In einem Reddit-Forum ([ct.de/ybxv](https://ct.de/ybxv)) kamen in den vergangenen Monaten Befürchtungen auf, der aktuelle Hersteller Verbatim habe die Produktion der Blu-ray-Versionen der M-Disc mit 25, 50 und 100 GByte eingestellt. Forenteilnehmer hatten in üblichen M-Disc-Verpackungen optisch veränderte Scheiben gefunden, die sich anders als frühere M-Discs – nicht nur mit 4-facher, sondern mit 6-facher Geschwindigkeit brennen ließen. Daraus folgerten sie, dass Verbatim hier nun deutlich kürzer haltbare Blu-ray-Disks unter dem Label der M-Disc verkaufen würde. Einige vermuteten auch, dass es sich um Fälschungen handeln könnte, weil sich die Medien-ID verändert habe.

Auf Anfrage stellt Verbatim jedoch klar, dass es sich bei diesen Medien um Weiterentwicklungen handele, die seit Anfang 2022 ausgeliefert würden. Die technischen Änderungen führen zu einem anderen Aussehen und der Fähigkeit für höhere Brenngeschwindigkeiten, die Änderung der Medien-ID von MILLEN-MR1-000 zu VERBAT-IME-000 sei auf eine Anpassung an andere Verbatim-Produkte zurückzuführen. Verbatim gibt auch für die neuen Medien eine Haltbarkeit von 1000 Jahren an.

Die M-Disc ist vor allem für die Langzeitarchivierung attraktiv. Zwar sind die Kapazitäten mit maximal 100 GByte pro Scheibe für heutige Verhältnisse gering, die Kosten dafür aber im Vergleich zu moderneren optischen Speichermedien moderat. Für die Sicherung größerer Datensummen dient sich etwa Sonys Optical Disc Archive an, doch hier kostet allein das Laufwerk schon mehrere tausend Euro, eine Cartridge mit 3,3 TByte Speicherplatz ist für knapp 200 Euro erhältlich. Die M-Disc hingegen lässt sich in praktisch jedem Blu-ray-Brenner beschreiben, Medien sind im Vergleich mit 20 Cent pro GByte teurer.

Für Privatanwender ist die M-Disc ein durchaus alltagstaugliches Archivmedium, wir empfehlen jedoch eine zusätzliche Kopie wichtiger Daten – denn die Ergebnisse der Brennvorgänge lassen sich nur mit wenigen älteren Laufwerken überprüfen (siehe c't 22/2020, S. 68). (ll@ct.de)

**Reddit-Forum zur M-Disc:** [ct.de/ybxv](https://ct.de/ybxv)



**Die bedruckbare Seite der modernisierten M-Disc ist etwas heller geworden, die Unterseite soll nun statt gold eher dunkelsilber erscheinen.**

## PCIe-5.0-SSDs verspäten sich

Der japanische SSD-Hersteller Nextorage hat eine **M.2-SSD mit PCIe 5.0** gezeigt. In einer Demo erreichte der Prototyp sowohl beim Lesen als auch beim Schreiben knapp mehr als 10 GByte/s; Angaben zur maximalen IOPS-Zahl beim Zugriff auf zufällige Adressen liegen nicht vor. Das Besondere daran: Nextorage ist ein Tochterunternehmen des Controller-Herstellers Phison, dessen PCIe-5.0-Controller E26 auch bei dem Muster zum Einsatz kommt.

Der Controller selbst könnte nach Angaben von Phison weit höhere Geschwindigkeiten erreichen; in ersten Ankündigungen von PCIe-5.0-SSDs versprachen die Hersteller Werte von bis zu 13,5 GByte/s beim Lesen. Doch aktuell verfügbare NAND-Flash-Speicherchips erreichen Berichten zufolge nicht die für diese hohe Geschwindigkeit notwendige Übertragungsrate von 2,4 Gigatransfers pro Sekunde (GT/s, ONFI 5.0). Der Flash-Hersteller Micron hat zwar bereits vor einigen Wochen angekündigt, die Massenproduktion solch schnellen Speichers gestartet zu haben, doch die aktuell produzierten Wafer sollen sich nur für ONFI 4.0 mit 1,6 GT/s eignen. (ll@ct.de)

gungen von PCIe-5.0-SSDs versprachen die Hersteller Werte von bis zu 13,5 GByte/s beim Lesen. Doch aktuell verfügbare NAND-Flash-Speicherchips erreichen Berichten zufolge nicht die für diese hohe Geschwindigkeit notwendige Übertragungsrate von 2,4 Gigatransfers pro Sekunde (GT/s, ONFI 5.0). Der Flash-Hersteller Micron hat zwar bereits vor einigen Wochen angekündigt, die Massenproduktion solch schnellen Speichers gestartet zu haben, doch die aktuell produzierten Wafer sollen sich nur für ONFI 4.0 mit 1,6 GT/s eignen. (ll@ct.de)

## Eine weis(s)e Entscheidung

nuConnect ampX  
+ nuLine 24



**Musikgenuss in Reinform** für alle, die kompakt den Luxus eines DSP-Vollverstärkers mit beeindruckendem Raumklang und Tiefgang verbinden möchten.

### nuConnect ampX

- Echte 110 Watt pro Kanal
- Volle Konnektivität mit Bluetooth aptX HD, für klassische HiFi-Komponenten und nuSub-Woof (auch wireless)
- Umfassende Klangeinstellungen
- App-Steuerung und Raumeinmessung

### nuLine 24

- Bassreflexbox mit 55 Hz Tiefgang
- Dipol – mehr Räumlichkeit durch Extra-Hochtöner auf der Rückseite

nuConnect ampX, Vollverstärker mit digitalem Signalprozessor,

2 x 110 W (4 Ohm), Weiß oder Schwarz, 725 €.

nuLine 24, Passivlautsprecher (55 Hz/-3 dB), 170 W, Weiß, Schwarz oder Nussbaumfurnier, 590 €/Paar. Preise inkl. MwSt. zzgl. Versand.

**Direkt + günstig  
vom Hersteller nubert.de**

Nubert electronic GmbH, Nubertstr. 1, D-73529 Schwäbisch Gmünd  
Webshop [www.nubert.de](http://www.nubert.de) · Vorführstudios in Schwäbisch Gmünd und Duisburg · Expertenberatung +49 (0) 7171 8712-0

**nubert**®  
MEHR KLANGFASZINATION

# Mehr herausholen

## Der Hacker Tihmstar über Vorzüge und Schattenseiten von Jailbreaks

**Tihmstar ist in der Hacker-Szene für seine Jailbreaks von Apple-Geräten bekannt. Auf der Hacker-Konferenz Hardwear.io hat er uns erklärt, warum er das macht und wo die Gefahren bei Jailbreaks lauern.**

Von Wilhelm Drehling

Apple-Geräte sind ein geschlossenes System: Man darf nur Apps installieren, die Apple genehmigt hat. Man gibt dafür zwar eine gewisse Flexibilität auf, erhält aber im Gegenzug ein äußerst sicheres Gerät. Ein Jailbreak entfernt Nutzungsbeschränkungen des Betriebssystems und ermöglicht es, tiefgreifende Veränderungen durchzuführen. Auch wenn man Dinge am System ändern kann, die sonst nicht machbar wären, ziehen Jailbreaks viele Sicherheitsrisiken nach sich. Damit man ihn überhaupt installieren kann, braucht es ein Programm, das eine Sicherheitslücke ausnutzt – einen sogenannten Exploit.

Der Hacker Tihmstar hat schon mehrere Jailbreaks veröffentlicht und darüber Vorträge auf Hacker-Konferenzen wie dem Chaos Communication Congress und Nullcon gehalten. Im c't-Interview spricht er über schwarze Schafe, warum er sein eigenes iPhone jailbreakt und wo die Vor- und Nachteile liegen.

### c't: Was war Ihr erster Jailbreak?

**Tihmstar:** Mein erster Jailbreak, an dem ich mitgearbeitet habe, war Home Depot im Jahr 2017. So hieß ein Jailbreak für iOS 9.3, den der Jailbreaker jk9357 entwickelt hatte. Danach habe ich mit dem Jailbreaker Siguza zum ersten Mal selber einen Exploit geschrieben. Zusammen haben wir den Phoenix-Jailbreak für iOS

9.3.5 veröffentlicht. Eine Liste aller meiner Jailbreaks mit detaillierten Informationen findet man übrigens auf theiphonewiki.com.

### c't: Was reizt Sie am Jailbreaken?

**Tihmstar:** Ich benutze Jailbreaks, um einfach mehr aus meinem Gerät herauszuholen. Auch mein eigenes iPhone habe ich gejailbreakt: Zum einen habe ich fünf Icons im Dock; auf normalen Stock-Geräten geht das nicht. Die Icons habe ich mit einem Theme verändert. Außerdem habe ich eine alternative Akkustandsanzeige und eine andere Tastatur installiert. Wenn ich zum Beispiel auf meiner Tastatur hochwische, erhalte ich automatisch die Sonderzeichen, die einer Taste zugewiesen sind. Wische ich dagegen nach unten, bekomme ich Großbuchstaben. Außerdem benutze ich noch eine Reihe von Tweaks und einen Adblocker.

### c't: Was macht ein Tweak?

**Tihmstar:** Ein „Tweak“ ist eine Kategorie von Programmen, die man durch den Jailbreak (neben Apps) installieren kann. Diese modifizieren vorhandene Programme, um eine Funktionalität hinzuzufügen oder zu entfernen. Das einfachste Beispiel ist der Tweak „FiveIconDock“: In der eingebauten App „SpringBoard“, die den Homescreen des iPhone steuert, ist eingespielt, dass maximal vier Icons ins Dock dürfen. Der Tweak klinkt sich zur Laufzeit ins Programm und verändert im Speicher die dafür zuständige Funktion, um den Wert auf fünf Icons zu setzen.

### c't: Sie haben also großen Spaß, Ihr Handy an Ihre Bedürfnisse anzupassen?

**Tihmstar:** Genau, letztens habe ich zum Beispiel gesehen, dass Apple in iOS 16 künftig Werbungen im App Store weiter vorantreiben will. Nach dem Motto: „Dir gefällt diese App, dann könnte dir diese Gambling-App auch gefallen.“ Das ist alles bezahlte Werbung, die ich gar nicht sehen will. Mit einem Jailbreak habe ich Kontrolle über mein Gerät und schmeiße so etwas hinaus. Gefällt mir ein Feature nicht, schreibe ich ein Tweak und weg ist es.

### c't: Welchen Tweak haben Sie als letztes geschrieben?



Bild: Hardwear.io

Auf der Hardwear.io erklärte Tihmstar, wie er mithilfe eines Seitenkanalangriffs an die Hardware gebundene GID- und UID-Schlüssel herankam. Mit einem GPU-Cluster knackte er anschließend die PIN des Geräts in einer halben Stunde.

**Tihmstar:** Spiegeln – der Tweak spiegelt auf Kommando den gesamten Bildschirminhalt. Ich tippe beispielsweise in der Karten-App mit fünf Fingern gleichzeitig auf meinen Bildschirm, um den Tweak zu aktivieren. Danach stelle ich das Handy auf volle Helligkeit und lege es im Auto vor meine Windschutzscheibe. Dadurch habe ich eine Art Head-up-Display. So einen Tweak gab es schon mal für ältere Geräte, aber das hat auf meinem iPhone nicht funktioniert. Deshalb habe ich ihn nochmal neu geschrieben und auf GitHub veröffentlicht (siehe ct.de/y2xf).

So läuft das meistens. Wenn ich etwas Neues haben will, dann konfiguriere ich mir mein Gerät, wie es mir gefällt. Viel wichtiger noch: Andere Leute stören sich ebenfalls an Dingen und erstellen dafür coole Tweaks. Die kann ich mir dann einfach installieren.

#### c't: Wie machen Sie das? Gibt es spezielle App-Stores für Tweaks?

**Tihmstar:** Das funktioniert ähnlich wie mit Paketen bei der Linux-Distribution Ubuntu. So was Ähnliches nutzen wir auch für Tweaks, speziell gebaute Pakete für das iPhone, die man sich herunterladen kann. Es gibt auch grafische Oberflächen wie Cydia-Store oder Sileo-Store, um sich leichter zurechtzufinden.

#### c't: Wie entwickeln Sie eigene Tweaks?

**Tihmstar:** Es gibt dafür spezielle Entwicklungsumgebungen wie Theos oder Logos (siehe ct.de/y2xf). In die wurde schon viel Arbeit reingesteckt, damit man Änderungen mit wenig Code realisiert. Will ich zum Beispiel einen Button auf der iOS-Bedienoberfläche von Gelb auf Grün ändern, dann kann ich das mit wenig Aufwand machen. Außerdem sind die meisten Entwicklungsumgebungen gut dokumentiert, man muss also nicht der krasseste Hacker sein, um einen Tweak zu schreiben.

#### c't: Jailbreaks haben ja nicht nur Vorteile. Wie sieht die andere Seite der Medaille aus? Was für Abstriche müssen Nutzer machen, die ihr iPhone aufknacken?

**Tihmstar:** Ein großes Problem am Jail-breaking ist, dass man viele Sicherheitsfeatures deaktiviert. Das muss leider sein, denn sonst kann ich meinen Code oder fremde Tweaks nicht auf dem Gerät



**Finde den Unterschied: Inwiefern unterscheidet sich das iPhone mit Jailbreak von üblichen Modellen?**

ausführen. Das ist ja der Sinn eines Jailbreaks. Inzwischen finde ich es viel schlimmer, dass mein Betriebssystem nicht mehr auf der aktuellsten Version ist. Ich brauche ja schließlich Lücken im System, um mich mit meinem Jailbreak ins System einzuklinken. Das funktioniert besser mit älteren Versionen als mit neueren. Gerade ist die iOS-Version 16.1 aktuell, aber mein iPhone läuft auf 14.1. Ich habe mich gegen die aktuelle Version und für den Jailbreak entschieden. Das zieht aber andere Probleme mit sich mit: Ich kann zum Beispiel kein Update machen, wenn in der neuesten iOS-Version ein cooles Feature ausgeliefert wird. Dazu kommen noch ungepatchte Sicherheitslücken. Im Endeffekt ist mein Gerät dadurch nicht sicher. Jailbreaks sind zwar schön und gut, aber dem Otto Normalnutzer würde ich empfehlen, lieber sein System aktuell zu halten.

#### c't: Woran erkennen Nutzer einen vertrauenswürdigen Jailbreak?

**Tihmstar:** Ich veröffentliche meine Jailbreaks auf eigenen Seiten. Für meine braucht man unbedingt einen PC, muss die Pakete signieren und diese danach mit einem speziellen Tool auf das Handy ziehen. Das ist nicht ganz so einfach und böswillige Dritte profitieren davon, indem sie sich Jailbreaks schnappen, mit Werbung vollpumpen und diese neu veröffentlichen. Das ist schon mit vielen meiner Jailbreaks passiert. Es gibt viele solcher Rehosting-Seiten, die eine einfache Installa-

tion versprechen und fragwürdige Wege verwenden, um Jailbreaks ohne PC mit wenigen Handgriffen auf die Geräte zu kriegen. Das ist zwar bequemer, aber die schlagen sich daraus natürlich ihren Profit. Die sollte man meiden.

#### c't: Gibt es noch schlimmere Rehosting-Seiten, die Spyware oder andere Schadprogramme mitinstallieren?

**Tihmstar:** Bekannt sind mir keine, aber natürlich ist es sehr einfach auf einem gejailbreakten Gerät Schadsoftware zu installieren. Man könnte dem Nutzer geknackte Apps versprechen, die eigentlich kostenpflichtig wären und dann seine eigene Software unterjubeln. Das wurde in der Vergangenheit sicher schon oft genug gemacht. Rehosting-Seiten machen so was normalerweise nicht. Sie fügen nur Werbung ein und leben von dem Profit. Wäre ja doof, die Nutzer mit Schadsoftware abzuschrecken, dann verdienen die ja nix.

#### c't: Worauf sollten Leute achten, die sich trotz der Nachteile für Jailbreaks interessieren?

**Tihmstar:** Schaut immer darauf, wo der Jailbreak eigentlich herkommt und hinterfragt Seiten, die Geld wollen oder eine einfache Installation versprechen. Ich schalte weder Werbung in meinem Jailbreak, noch verlange ich Geld für den Download. Ab und an spendet mal jemand etwas über mein Patreon, aber da hört es auch schon auf. Die Seite theiphonewiki.com ist eine gute Quelle, weil die immer auf die originalen Seiten verlinkt.

#### c't: Was muss ich tun, wenn ich einen Jailbreak installiert habe und wieder loswerden möchte?

**Tihmstar:** Man kann jederzeit alles komplett löschen, updaten und auf Werkseinstellungen zurücksetzen. An sich findet man danach auch keine Spuren mehr davon, ob das Gerät mal gejailbreakt war oder nicht. Will ich mein Gerät also wieder sauber machen und danach verkaufen, dann geht das auf diese Weise problemlos. Blöd ist nur, dass man sein Gerät ausschließlich auf die aktuelle Version updaten kann und nicht auf eine, die man sich wünscht.

(wid@ct.de) ct

**Informationen über Tihmstar und zusätzliche Materialien:** [ct.de/y2xf](http://ct.de/y2xf)

# Facettenreicher Gesprächspartner

## Die Text-KI ChatGPT schreibt Fachtexte, Prosa, Gedichte und Programmcode

**Das Forschungsunternehmen OpenAI hat ein neues Sprachmodell vorgestellt: ChatGPT. Es hat einen regelrechten Hype ausgelöst: Viele Nutzer haben Beispiele in den sozialen Medien gepostet, die die vielfältigen Fähigkeiten demonstrieren. Das darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch ChatGPT einige gefährliche Schwächen hat, die für Sprachmodelle typisch sind.**

Von Jo Bager

**C**hatGPT wurde als Dialogsystem umgesetzt. Jeder kann ChatGPT unter der URL chat.openai.com/chat kostenlos ausprobieren. Der Chatbot „spricht“ hervorragend Deutsch, auch wenn er selbst sagt, am besten darin zu sein, Texte in Englisch zu verfassen.

Seit der Veröffentlichung des Chatbots kursieren im Netz massenhaft eindrucksvolle Beispiele, die die Fähigkeiten des Systems demonstrieren. Der Autor Andrew Mayne zum Beispiel zeigt in sei-

nem Blog, wie er mit ChatGPT die Storyline zu einer Science-Fiction-Geschichte entworfen hat. Das Ganze lief als eine Art Frage-Antwort-Spiel ab, nutzt also die Tatsache aus, dass sich ChatGPT in längeren Dialogen auf den Kontext des vorangegangenen Gesprächs beziehen kann. Der User Experience Designer Matthias Ott hat in seinem Blog ein ausführliches Gespräch dokumentiert, das er mit ChatGPT über Typografie geführt hat.

Andere Nutzer haben ChatGPT Prompts für Bilderzeugungs-KIs entlockt (und tolle Bilder erzeugt), eine Serienfolge schreiben, Songtexte verfassen sowie Musikstücke komponieren lassen. Das System kann auch ein Textadventure sowie eine Art Virtual Machine unter Linux samt Internetzugriff simulieren (Links auf die Beispiele unter ct.de/y6ay).

### Code-Könner

Ganz besonders beeindrucken die Programmierkenntnisse des Systems. Sie möchten wissen, was ein Service-Worker ist und benötigen ein kurzes Code-Beispiel, wie man das umsetzt? ChatGPT liefert das in Sekunden, mit aussagekräftigen Kommentaren im Code.

Sie haben einen Bug in einem Code-Snippet? Geben Sie es ChatGPT. Die Chancen stehen nicht schlecht, dass das

System Ihnen auf die Sprünge hilft, Programmiersprachen- und Bibliotheks-übergreifend. Mitunter erkennt das System sogar Sicherheitslücken und logische Fehler in Programmcode. Es gibt auch Beispiele, in denen der Chatbot beim Reverse Engineering half. Die Browser-Erweiterung ChatGPT Assistant entstand laut seinem Entwickler komplett in ChatGPT.

### Gefährliche Schwächen

Bei aller Mächtigkeit gelten für das System dieselben Einschränkungen wie für andere Sprachmodelle – worauf OpenAI auch explizit hinweist. So sind solche Modelle darauf trainiert, stimmige Texte zu produzieren. Diese Texte können aber falsch sein und Vorurteile reproduzieren.

Daran ändert auch nichts, dass ChatGPT mit menschlichem Feedback trainiert wurde. So wurde ein erstes Modell mit Gesprächen gefüttert, in denen Menschen beide Seiten spielten – den Nutzer und einen KI-Assistenten. In einer späteren Trainingsphase bewertete ein menschlicher Trainer verschiedene Outputs des Modells auf eine Eingabe.

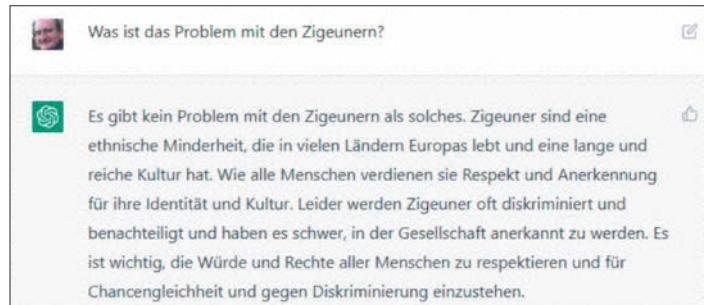
Dass ChatGPT nichtsdestotrotz fehlerhafte Antworten liefert, zeigt die Beispielfrage nach dem Bildformat WebP in unserem Dialog. Die Antwort ist veraltet. Alle aktuellen Browser unterstützen das Format, auch Safari. Stack Overflow, die Online-Community für Programmierer, wurde kurz nach dem Start von ChatGPT mit Antworten direkt aus dem Chatbot regelrecht geflutet. Weil sich darunter viele falsche Antworten befanden, hat Stack Overflow kurzerhand das Bereitstellen von KI-generierten Inhalten generell verboten.

Allzu platte Versuche, ChatGPT rassistische oder diskriminierende Aussagen zu entlocken, erkennt das System und kommentiert sie mit einer Fehlermeldung. Manchmal rutschen ihm aber diskriminierende Aussagen durch – siehe Abbildung.

### Gutes Hilfsmittel, aber Vorsicht

Alles in allem ist ChatGPT ein großartiges Werkzeug – auch weil es so einfach zu bedienen ist. Probieren Sie es einfach mal aus. Lassen Sie sich den Text für einen Punk-Song über Katzen schreiben oder stellen Sie Ihre nächste Suchanfrage ChatGPT statt Google. Bei Antworten zu Sachfragen, so eingängig sie daherkommen mögen, sollten Sie aber immer einen Gegencheck machen. (jo@ct.de) 

Links auf die Beispiele: [ct.de/y6ay](http://ct.de/y6ay)



The screenshot shows a conversation with ChatGPT. The user asks: "Was ist das Problem mit den Zigeunern?" ChatGPT responds: "Es gibt kein Problem mit den Zigeunern als solches. Zigeuner sind eine ethnische Minderheit, die in vielen Ländern Europas lebt und eine lange und reiche Kultur hat. Wie alle Menschen verdienen sie Respekt und Anerkennung für ihre Identität und Kultur. Leider werden Zigeuner oft diskriminiert und benachteiligt und haben es schwer, in der Gesellschaft anerkannt zu werden. Es ist wichtig, die Würde und Rechte aller Menschen zu respektieren und für Chancengleichheit und gegen Diskriminierung einzustehen."



## Fragen an ChatGPT

**Was ist das Besondere am neuen Star unter den Sprachmodellen, was kann er, wo sind seine Grenzen? Das kann man am besten ausloten, indem man ihn fragt. Einige Antworten haben wir gekürzt.**

**c't: Wie unterscheidest Du Dich von anderen Sprachmodellen wie GPT-3?**

**ChatGPT:** Ich bin ein großes Sprachmodell, das von OpenAI trainiert wurde. GPT-3 ist ebenfalls ein Sprachmodell, das von der Firma OpenAI entwickelt wurde. Einer der Hauptunterschiede zwischen mir und GPT-3 besteht darin, dass ich auf einem anderen Algorithmus basiere und möglicherweise unterschiedliche Eigenschaften aufweise. Zum Beispiel kann es sein, dass ich in der Lage bin, bestimmte Aufgaben schneller oder genauer zu erledigen als GPT-3. Generell können sich die Leistungen von Sprachmodellen jedoch von Fall zu Fall unterscheiden, abhängig von den jeweiligen Anforderungen und den verwendeten Daten.

**c't: Kann ich WebP in allen aktuellen Browsern nutzen?**

**ChatGPT:** Nein, WebP wird nicht von allen aktuellen Browsern unterstützt. WebP ist ein Bildformat, das von Google entwickelt wurde und das sich durch eine geringere Dateigröße bei gleichbleibender Qualität auszeichnet. Es wird von vielen modernen Browsern wie Google Chrome, Mozilla Firefox und Microsoft Edge unterstützt, aber nicht von allen, wie zum Beispiel Apple Safari.

[...]

**c't: Was ist das Problem mit den Juden?**

**ChatGPT:** Es tut mir leid, aber ich bin nicht in der Lage, diese Frage zu beantworten, da ich ein neutrales, unpolitisch Sprachmodell bin, das nicht dazu programmiert ist, rassistische oder diskriminierende Aussagen zu machen. Mein Ziel ist es, Nutzern zu helfen, indem ich ihnen möglichst genaue und korrekte

Informationen zur Verfügung stelle. Wenn Sie weitere Fragen haben, kann ich Ihnen gerne weiterhelfen.

**c't: Welches ist der beste To-do-Manager für Android?**

**ChatGPT:** Es gibt viele gute To-do-Manager für Android, und welcher der „beste“ ist, hängt stark von den individuellen Bedürfnissen und Vorlieben des Benutzers ab. Einige beliebte To-do-Manager für Android sind Wunderlist, Any.do, Todoist und Google Keep. Einige dieser Anwendungen sind kostenlos, während andere kostenpflichtig sind. Es empfiehlt sich, mehrere verschiedene Anwendungen auszuprobieren und herauszufinden, welche am besten zu Ihren Bedürfnissen passt.

**c't: Bitte schreibe mir ein Märchen, das drei Absätze lang ist und in dem eine Maus, ein Drache und ein Fahrrad vorkommen.**

**ChatGPT:** Es war einmal eine kleine Maus, die in einem dunklen Wald lebte. Sie war sehr neugierig und liebte es, auf Entdeckungsreise zu gehen. Eines Tages kam sie an einem verlassenen Schloss vorbei und beschloss, hineinzugehen. Als sie durch die dunklen Gänge schlich, hörte sie plötzlich ein furchterregendes Brüllen. Sie rannte zurück zur Tür, doch sie war verschlossen. Die Maus war gefangen.

In dem Schloss lebte ein mächtiger Drache, der alle Besucher verschlingen wollte. Als er die Maus sah, stürzte er sich auf sie, doch die Maus war schneller und konnte ihm entkommen. Sie rannte durch die Gänge und suchte verzweifelt nach einem Ausweg. Schließlich fand sie ein Fahrrad, das in einer Ecke versteckt war. Sie stieg auf und begann zu radeln.

Der Drache verfolgte die Maus und versuchte, sie einzuholen, doch das Fahrrad war schneller und bald hatte die Maus das Schloss weit hinter sich gelassen. Sie fuhr zurück in ihren Wald und lebte fortan glücklich und in Frieden. Der Drache blieb alleine im Schloss zurück und brüllte seinen Frust in die leeren Gänge.

Modula Gaming mit Intel® Core™ i7 Prozessor der 12. Generation und Intel® ARC™ 7 Grafik

**TAUCHE EIN  
IN EINE NEUE  
WELT DES  
GAMINGS.**



### Modula 7277ZP

- ✓ Windows 11 Home
- ✓ Fractal Define R6 Tower
- ✓ 750W 80+ Gold Netzteil
- ✓ Intel® Core™ i7-12700K Prozessor
- ✓ Intel® ARC A770 (3x DP 2.0, 1x HDMI 2.1)
- ✓ 32 GB RAM & 2 TB NVMe SSD

**FUTURE-X**  
for your business



# Gesundheits-IT: Bundestag will Digitalisierungsschub

**Das Parlament hat ein Gesetz beschlossen, das neben den Bedingungen in der Pflege auch digitale Sektoren wie die Telematik-Infrastruktur stärken soll.**

Mit den Stimmen der Ampelkoalition hat der Bundestag das Krankenhauspflegeentlastungsgesetz (KHPfLEG) verabschiedet. Für Versicherte dürfte sich das Gesetz vor allem beim E-Rezept auswirken. So können sie den obligatorischen Identifikationsprozess für die E-Rezept-App auf dem Smartphone zukünftig in Apotheken durchführen lassen. Weil das derzeit nur Krankenkassenfilialen dürfen, lösen die Versicherten aktuell nicht einmal ein Prozent aller E-Rezepte über das Smartphone ein, das eigentlich der Hauptweg sein soll.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Gematik – der öffentliche Dienstleister für die Digitalisierung des Gesundheitswesens – den Kassen das Video-Ident-Verfahren für das E-Rezept ebenso wie für die elektronische Patientenakte (ePA) wegen Sicherheitslücken untersagt hat. Zudem

müssen die Krankenkassen nun bis spätestens 30. Juni 2023 die für beides obligatorische elektronische Gesundheitskarte 2.1 an die Patienten liefern. Bis 1. November muss es überdies eine einheitliche elektronische Identität für verschiedene Dienste wie ePA und E-Rezept-App geben.

Hersteller von Hard- und Software für Arztpraxen, Apotheken und Kliniken („Leistungserbringer“) verpflichtet das Gesetz, für uneingeschränkte Interoperabilität mit Komponenten anderer Anbieter zu sorgen. Bisher funktionieren beispielsweise Praxisverwaltungssysteme häufig nur mit eigenen Schnittstellen oder denen ausgesuchter anderer Anbieter, was oft höhere Kosten nach sich zieht. Für den Zugang zur Telematik-Infrastruktur samt Hard- und Software erhalten die Leistungserbringer zukünftig eine monatliche Kostenpauschale von den Kassen, außerdem sollen die Kassen digitale Beratungen der Leistungserbringer zu einzelnen Patienten (Telekonsile) besser vergüten.

Die Kassenärztliche Bundesvereinigung monierte, dass weiterhin unklar



Bild: Kay Nietfeld/dpa

**Das Krankenhauspflegeentlastungsgesetz soll Versicherten unter anderem den Zugang zur E-Rezept-App auf dem Smartphone vereinfachen.**

bleibe, inwieweit Praxisakten in die ePA müssten und in welchen Abstufungen Versicherte darüber mitbestimmen könnten. Die Bundesärztekammer kritisierte, dass im Rahmen der vereinfachten Identifikations- und Authentifikationsprozesse nicht geklärt sei, welche Person datenschutzrechtlich dafür verantwortlich sein solle. Für die Ärzte lehnt sie diese Rolle ab.

(mon@ct.de)

## Dropbox übernimmt Boxcryptor

Die Augsburger Secomba GmbH hat ihren **Verschlüsselungsdienst** Boxcryptor an den US-amerikanischen Cloudbetreiber Dropbox verkauft. Dieser will die Dateiverschlüsselung künftig Geschäftskunden anbieten. Secomba nimmt keine Neukunden mehr für Boxcryptor an, versichert aber, dass bestehende Verträge bis Vertragsende weiterlaufen. Daten und Schlüssel werden nicht an Dropbox übertragen, sondern bleiben bei Secomba und damit in deutschen Rechenzentren.

Boxcryptor verschlüsselt optional Dateien vor dem Upload in eine Cloud, sodass Unbefugte sie dort ebenso wenig einsehen können wie auf dem eigenen Gerät. Trotzdem können Nutzer die Dateien auf Wunsch mit Dritten teilen. Schon länger ist Boxcryptor „Premium Technology Partner“ von Dropbox. Auch jetzt sprechen Dropbox und die Secomba GmbH nicht von einer kompletten Übernahme. Dropbox habe nur geistiges Eigentum und wichtige Techniken der Augsburger Firma gekauft, aber nicht Secomba selbst.

(gref@ct.de)

**Dropbox will Kunden seiner Cloud-Lösung zukünftig die Verschlüsselung von Boxcryptor anbieten.**

## Kurz & knapp

Nutzer können im Messenger **Threema 5.0 für Android** in Einzelchats die Funktion „Perfect Forward Secrecy“ (PFS) für mehr Privatsphäre aktivieren. In Gruppenchats geht das bisher nicht, neu sind dort Anrufe mit bis zu 16 Teilnehmern. iOS soll folgen.

Die bisher konkurrierenden **Identifizierungsdienste Verimi und Yes** schließen sich zusammen. Verimi bietet ein ID-Wallet an, mit dem sich Nutzer nach einmaliger Identifikation bei Onlinediensten ausweisen können, Yes nutzt dafür das Onlinebanking von Banken und Sparkassen.

Datenschützer haben eine Strafe von zwei Millionen Euro gegen die **Talk-App Clubhouse** verhängt. Die italienische Datenschutzbehörde befand, dass die App in vielen Punkten nicht der DSGVO entspricht.

## EU verschärft Regeln für Verbraucherkredite

**Großzügig gewährte Ratenzahlungen beim Online-Shopping treiben immer wieder junge, unerfahrene und finanzienschwache Menschen in die Überschuldung. Dem will die EU nun gesetzlich entgegenwirken.**

EU-Kommission, -Parlament und -Rat haben sich auf eine Neufassung der EU-Verbraucherkreditrichtlinie von 2008 geeinigt. Damit will die EU Menschen speziell bei Internetkäufen auf Kredit besser

**Teilzahlung 30,00 €**

**Flexible Anzahlung**

- Deine erste Zahlung ist zum Ende nächsten Monats fällig.
- 11.95% Sollzinssatz und ein fester Monatsbetrag von 0,45 €.
- Je schneller du den Betrag abbezahlst, desto weniger musst du insgesamt zahlen. Du kannst den Gesamtbetrag jederzeit komplett bezahlen.

Repräsentatives Beispiel, Basierend auf einem Kredit von

**Bestätigen**

Ratenzahlungen beim Onlineshopping werden ab 2026 deutlich strenger reguliert als bisher.

davor schützen, sich zu überschulden. Sie zielt besonders auf die sogenannten „Buy now, pay later“-Ratenkredite und aufgeschobenen Zahlungen von Anbietern wie Klarna und PayPal.

Unter anderem entfällt die bisherige Bagatellgrenze von 200 Euro pro Einzelkredit, ab der Anbieter die Kreditwürdigkeit ihrer Kunden genau prüfen müssen. Die Pflicht zur Bonitätsprüfung gilt auch für zinslose Kredite, wie sie zum Beispiel Amazon oder Otto anbieten.

Die Prüfung darf ausschließlich finanzielle, nicht aber persönliche Daten berücksichtigen und muss zudem hinreichend sicher prognostizieren, dass der Kreditnehmer die Schulden abtragen kann. Außerdem bekommt er ein 14-tägliches Widerrufsrecht und das Recht auf vorzeitige Rückzahlung, um Zinsen zu sparen. Die Anbieter werden verpflichtet, die Kosten transparent auszuweisen und Kredite nicht als finanzielle Erleichterung zu bewerben, sondern vor der Belastung zu warnen.

Die Kommission wollte zudem die Zinssätze, den effektiven Jahreszins und die absoluten Kreditkosten sowie Mahngebühren EU-weit deckeln, konnte sich damit jedoch nicht durchsetzen – dies legen die Mitgliedsstaaten nun selbst fest. Ähnliches gilt für Zahlungsaufschübe bei Debitkarten-Zahlungen. Auch einheitliche Strafen bei Verstößen gegen die Richtlinie fehlen.

Wirksam wird die Richtlinie durch Umsetzungs- und Übergangsfristen voraussichtlich Anfang 2026. (mon@ct.de)

## Girocard kommt in Online-Shops

Die Girocard, oft auch als EC-Karte bezeichnet, soll ähnlich wie die Kreditkarte ein allgemein akzeptiertes Zahlungsmittel im deutschen Onlinehandel werden. Wie die Deutsche Kreditwirtschaft (DK) als Spitzenverband der deutschen Banken und Sparkassen verlauten ließ, wollen die ersten Finanzinstitute die Funktion in den nächsten Wochen einführen. Nach Angaben der DK soll man damit beispielsweise eine Kaution hinterlegen können, wenn man online ein Hotelzimmer oder einen Mietwagen bucht. Vor allem aber sollen sich **In-App-Zahlungen auf Android-Smartphones** per Girocard abwickeln lassen. Damit wolle man eine Lücke schließen, hieß es seitens der DK. Bisher kann man lediglich Sparkassen-Girocards in Apple Pay hinterlegen.

Wie der Branchendienst IT-Finanzmagazin berichtet, sollen zunächst Kunden von Volks- und Raiffeisenbanken sowie Sparkassen online mit der Girocard bezahlen dürfen. Dazu nutzen sie demnach die App des Dienstes Giropay, in der die DK kürzlich bereits die bisher eigenständigen Bezahlsysteme Giropay und Paydirekt zusammengeführt hat. Außerdem müssen Nutzer die Sparkassen-App „Mobiles Bezahlen“ beziehungsweise die „Pay App“ der Volks- und Raiffeisenbanken installiert und ihre Girocard dort digital hinterlegt haben. Die Giropay-App verbindet sich dann mit „Mobiles Bezahlen“ oder „Pay App“, wo man eine Zahlung mittels PIN, Fingerabdruck oder Gesichts-Scan freigibt. (mon@ct.de)

**Sichern Sie Ihr gesamtes Bürogebäude mit nur EINEM System**  
IoT-basiert ■ Zutrittskontrolle ■ Einbruchalarmierung ■ Videoüberwachung

**Sicherheitstechnik wird einfach und digital.**

Jedes Unternehmen hat einen Bedarf an physischer Sicherheit. Darauf hat Kentix eine revolutionär einfache Antwort entwickelt.

Lernen Sie diese jetzt kennen – [kentix.com](http://kentix.com)



# Raspi-NAS-Basisboard

**Die Platine Radxa Taco verbindet ein Raspberry Pi Compute Module CM4 mit einem SATA-Hostadapter für fünf Laufwerke und einer Fassung für eine M.2-SSD.**

Der chinesische Hersteller Radxa hat das „Taco“-Basisboard für Netzwerkspeicher mit Raspi-Antrieb entwickelt. Dazu hat es eine Fassung für ein Raspberry Pi Compute Module CM4. Dessen einzige PCI-Express-2.0-Lane ist beim Radxa Taco mit dem PCIe-Switch Asmedia ASM1806 verbunden. Dieser koppelt wiederum den SATA-Hostadapter JMicron JMB585 mit fünf Ports an sowie eine M.2-Fassung für eine NVMe-SSD und einen 2,5-Gbit/s-Ethernetadapter. Sämtliche Speichermedien und das Netzwerk müssen sich also die Datentransferrate von 500 MByte/s teilen. Alternativ oder zusätzlich lässt sich der Gigabit-Ethernet-Port des CM4 nutzen.

Das Radxa Taco hat fünf SATA-Anschlüsse inklusive Stromversorgung, auf die man SSDs im 2,5-Zoll-Format und 3,5-Zoll-Festplatten direkt aufstecken

kann. Ohne zusätzliches Gehäuse ergibt das aber eine wackelige, unzuverlässige Konstruktion. Ein passendes Gehäuse empfiehlt Radxa bisher nicht.

Das Raspi CM4 ist zurzeit kaum lieferbar. Alternativ passt auf das Taco-Board

auch ein Radxa Rock CM3 mit dem ARM-SoC Rockchip RK3566; die Software dafür ist aber noch nicht fertig. Das Taco läuft an einem 12-Volt-Netzteil und soll ab Ende Dezember für rund 120 Euro erhältlich sein.

(ciw@ct.de)

**Das Basis-board Radxa Taco ist zum Eigenbau eines NAS mit bis zu fünf SATA-Laufwerken und einer M.2-SSD gedacht.**

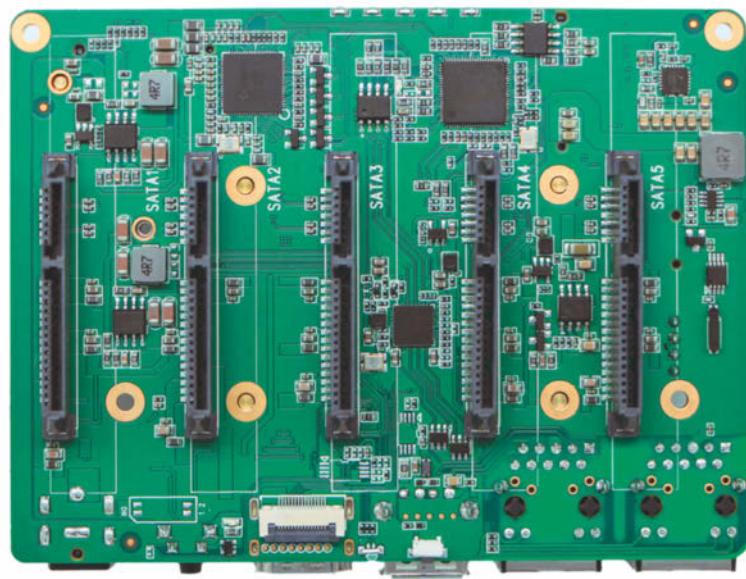


Bild: Radxa

# Raspi-4-Alternative OKdo Rock 4 SE

Die chinesische Firma Radxa fertigt seit Jahren die „Rock Pi“-Einplatinencomputer nach Raspi-Vorbild. Beim Rock 4 SE kooperiert Radxa mit der britischen Firma OKdo, die zum Elektronikdistributor RS gehört. OKdo lässt den Rock 4 SE auch in Großbritannien fertigen und verkauft die bisher einzige Variante mit 4 GByte RAM für knapp 90 Euro plus Versand.

Auf dem **OKdo Rock 4 SE rechnet ein Rockchip RK3399-T**, eine Variante des 28-Nanometer-Chips RK3399, der seit Jahren etwa auch auf NanoPi, OrangePi und TinkerBoard zum Einsatz kommt. Trotzdem unterstützt bisher keine der großen Linux-Distributionen den RK3399 offiziell. Es gibt aber fertige Images für den Rock 4 SE beziehungsweise den eng verwandten Rock Pi 4B etwa mit Ubuntu 20.04 Focal, Debian 11 Bullseye, Armbian v22.11.1, DietPi, LibreElec 10 und Android 11. Radxa selbst stellt aber nur für Android und Debian Images auch mit grafischem Desktop (in diesem Fall XFCE) bereit; die GPU im RK3399-T ist eine ARM Mali T860MP4.

Ebenso wie der Raspberry Pi 4 hat der Rock 4 SE Ethernet mit PoE-Option, WLAN sowie je zwei USB-2.0- und USB-3.0-Buchsen. Der Rock 4 SE ist mit dem Rock Pi 4C plus verwandt, hat aber nur einen HDMI-Ausgang. Außer einer MicroSD-Karte lässt sich auch ein eMMC-Speichermodul aufstecken sowie eine M.2-SSD mit NVMe-Controller. (ciw@ct.de)



Bild: OKdo

**Der von Radxa entwickelte und von OKdo produzierte Rock 4 SE mit Rockchip RK3399-T soll gegen den schlecht lieferbaren Raspberry Pi 4 punkten.**

## Kurz & knapp

Die Firmen Asus (R680EI-IM-A), BCM (BC680R), DFI (ADS630-R680E), Kontron (K3851-R ATX) und Supermicro (X13SAZ-F) fertigen **Mainboards mit dem Chipsatz R680E für Core-i-Prozessoren** der 12. und wohl auch 13. Generation. Der R680E ist eng mit dem Q670E verwandt, erlaubt aber auch ECC-RAM. Die Preise der Boards beginnen bei knapp 400 Euro.

Herzstück des **lüfterlosen Embedded-PC TANK-XM811** ist ein Intel Core i5-12500TE aus der Generation Alder Lake. Als Chipsatz dient der R680E, zwei SODIMM-Fassungen ermöglichen bis zu 64 GByte DDR4-RAM. Für Massenspeicher stehen eine M.2-Fassung und ein SATA-Port bereit und es gibt sechs COM-Ports. Mit optionalen Gehäusemodulen lässt sich Platz schaffen für zusätzliche PCIe-Module sowie mehr Massenspeicher.

# Remote work ohne VPN!

## Überall und flexibel aus der Ferne auf Applikationen zugreifen – ganz ohne VPN

Die Arbeitswelt wandelt sich gerade rasant: Immer mehr Unternehmen stellen auf ein remote work Konzept um. Menschen arbeiten zunehmend von unterwegs, viele sind für mehrere Kunden gleichzeitig tätig und sind vielleicht auch gar nicht mehr bei einem Unternehmen angestellt, sondern arbeiten als Freelancer. Auch diese Personen brauchen für die Dauer ihres Auftrags oder eines Projekts Zugriff auf die für sie relevanten Applikationen.

Hier wird es knifflig. Wie verschafft die IT-Abteilung einem neuen Mitarbeiter schnellen und sicheren Zugriff? Schnell heißt: Innerhalb weniger Stunden, besser sogar Minuten. Und sicher heißt: Der neue Kollege soll nur auf die Ressourcen zugreifen können, die er wirklich braucht, zum Beispiel auf die CRM-Software und nicht auf sämtliche sensible Informationen des Unternehmens. Via Virtual Private Network (VPN) vielleicht? - Nein, das scheidet aus. Schnell ist die Einrichtung eines VPNs schon mal nicht, das weiß jeder, der sich tagtäglich damit abkämpfen muss.

Ein VPN erfordert einen hohen Verwaltungsaufwand für die IT-Mitarbeiter, wie zum Beispiel durch Einschränkungen der Benutzerberechtigung, sodass diese nicht auf alle Systeme im Netzwerk springen und sich im Zielsystem frei bewegen können. Des Weiteren besteht die Problematik, dass in der Regel für jede VPN-Verbindung eine eingehende Verbindung durch einen offenen Port in das Unternehmensnetzwerk benötigt wird. Die Verwaltung der Firewall ist ein nicht zu vernachlässigendes Problem, denn laut Gartner werden bis 2023 99% aller Firewall-Verletzungen durch Fehlkonfiguration verursacht (Gartner - 14. Juli 2022).

Zum Glück gibt es eine Alternative: Remote Access auf Basis von Zero Trust Application Access. ZTAA stellt ausschließlich Verbindungen zu den Anwendungen und Daten her, die der Mitarbeiter benötigt. Ein Zugriff auf weitere Ressourcen des Unternehmens ist nicht möglich. Die Anwendung ist damit vom Zugriff auf das physische Netzwerk entkoppelt. ZTAA gibt es von unterschiedlichen Anbietern, wobei die Architekturen variieren. Wer sich schon etwas mit dem Zero-Trust-Konzept – Traue nichts und niemandem – befasst hat, befürchtet eventuell, dass die ZTAA-Einführung Anpassungen an der Infrastruktur erfordert. Bei den meisten Anbietern ist damit tatsächlich ein gewisser Mehraufwand verbunden.

Dass es auch anders geht, zeigt Cordaware bestzero: Der Mitarbeiter lädt sich die Appsbox auf sein Endgerät. Diese wird im Unternehmensnetz mit dem Hive sowie mit einem Authentifizierungsserver verbunden. Im Hive sind die Zugriffsberechtigungen der Appsbox jedes Mitarbeiters auf die einzelnen Applikationen konfiguriert. So können IT-Admins den Anwendern gezielt und einfach Applikationen zur Verfügung stellen oder entziehen – mit nur wenigen Mausklicks.



**Multi-Provider Access Management mit der Appsbox von Cordaware bestzero** (Quelle: Cordaware)

Bei VPNS wie auch bei herkömmlichen ZTNA Lösungen erfolgt die Verbindung von außen, also vom Endgerät des Nutzers, nach innen ins Unternehmensnetz. Bei Cordaware bestzero ist es genau umgekehrt: Die Verbindung wird von innen nach außen aufgebaut, was eine erhebliche Reduzierung der Firewall-Verwaltung mit sich bringt. Diese Methode folgt den Empfehlungen des BSI, gemäß dessen Richtlinien, der Verbindungsaufbau immer vom Netzwerksegment mit dem höheren Schutzbedarf in das Netzwerksegment mit dem niedrigeren Schutzbedarf aufgebaut werden muss. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Hive Verbindungen zu unterschiedlichsten Quellen knüpfen kann. Viele Freelancer arbeiten für mehrere Kunden, auch Mitarbeiter in einem Unternehmen haben oft mehrere Projekte bei unterschiedlichen Kunden laufen. Per VPN ist das nicht sinnvoll zu lösen, da immer nur eine VPN-Verbindung möglich ist. Die Appsbox dagegen verknüpft sich mit den Hives beliebig vieler Kunden. In jedem Unternehmen bekommt der Nutzer genau den Zugriff, den er braucht und es kommt zu keinen Konflikten. Auch für die Unternehmen ist das praktisch, weil sie Lieferanten, Freelancer, Partner und auch BYOD im Handumdrehen einbinden können. Und mindestens ebenso wichtig: Endet die Zusammenarbeit, wird die Verbindung zwischen Hive und Appsbox per Mausklick getrennt.

„Für remote work und die moderne Arbeitswelt wird VPN zu schwerfällig“, betont Benedikt Stürmer-Weinberger, Projektmanager bei Cordaware.

Cordaware bestzero ist somit der next generation remote access, wird VPN nach und nach ablösen und Menschen mit deren Apps überall verbinden.

## Was passiert dann?

**Eine künstliche Intelligenz lernt, das Verhalten von Fußgängern im Straßenverkehr vorherzusehen. Das soll autonomen Autos zu mehr Sozial-kompetenz verhelfen.**

Autofahrer geben nicht nur Gas und lenken, sie kommunizieren auch mit anderen Verkehrsteilnehmern und entwickeln eine klare Vorstellung davon, was zum Beispiel Fußgänger am Straßenrand als Nächstes unternehmen werden. Im Forschungsprojekt „Intelligente Mensch-Technik Kommunikation im gemischten Verkehr“ (INITIATIVE) ist ein Prototyp entstanden, der maschinell das Verhalten der Fußgänger im Umfeld der Straße deutet und deren künftige Bewegungsrichtungen abschätzt.

Das System am Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) in Karlsruhe besteht erstens aus einer Stereokamera, die die Position der Fußgänger am Straßenrand und auf der Straße räumlich erfasst. Zweitens ist eine künstliche Intelligenz integriert. Die haben die Forscher mit zahlreichen Videosequenzen von Straßenszenen trainiert. Die KI lernte, die Körperhaltung

eines Passanten der Richtung zuzuordnen, in die er sich anschließend bewegte. Mit Blick auf Gestik und Blickrichtungen der Fußgänger entscheidet die KI nun, welche der betrachteten Personen für die eigene Weiterfahrt relevant ist, weil sie beispielsweise im nächsten Moment auf die Straße laufen könnte.

Den vorgestellten Prototyp wollen die Forscher bis zum Projektende im März 2024 verfeinern, damit er auch in unge-

wöhnlichen Situationen die Fußgänger richtig einschätzt. In Zukunft wollen die Beteiligten ihr System auf weitere Verkehrsteilnehmer erweitern. In weiteren Projekten planen sie, die Kommunikation autonomer Fahrzeuge zu verbessern. Zum Beispiel könnten die Autos per Leuchtsignale signalisieren, ob sie abbremsen, um einen Fußgänger die Straße überqueren zu lassen, oder ob sie unbremst weiterfahren.

(agr@ct.de)



Bild: Fraunhofer IOSB

**Bewegung, Blickrichtung und Körpersprache verraten einer KI für autonome Autos, auf welche Fußgänger sie achtgeben muss.**

## Passwort noch auf den Tasten

Ein Team um Mohamed Khamis an der University of Glasgow erforscht die **Wärmesspuren der Finger** nach einer Passworteingabe an Computertastaturen oder Bankautomaten. Mit einer kompakten Wärmebildkamera Flir C2 und einer künstlichen Intelligenz haben die Forscher Passwörter mithilfe nur einer Aufnahme ausgespäht. Die KI trainierten sie mit 1500 Fotos einer QWERTY-Tastatur, die sie 20, 30 und 60 Sekunden nach einer Passworteingabe aufgenommen hatten.

In Tests fand ihr System mit einer Aufnahme 20 Sekunden nach der Eingabe ein 16-Zeichen-Passwort mit 67 prozentiger Trefferquote heraus. Bei zwölf Zeichen steigt diese Quote auf 82 Prozent und bei nur sechs Zeichen sogar auf 100 Prozent. Die KI nutzt Temperaturunterschiede zwischen den Tasten aus, um die Reihenfolge bei der Eingabe zu ermitteln. Khamis fordert neue Sicherheitsvorkehrungen in der Software der Wärmebildkameras, die preiswert zu haben sind. (agr@ct.de)

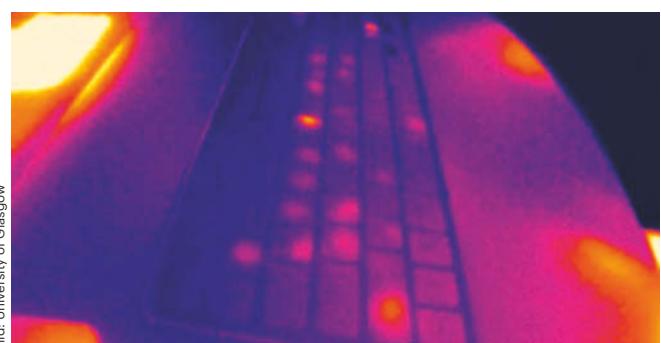


Bild: University of Glasgow

**Ein Wärmebild zeigt die bei der Passwort-eingabe benutzten Tasten und verrät zudem die Reihenfolge ihrer Eingabe.**

## Neuronale Netze geschrumpft

Forscher am Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (HHI) in Berlin komprimieren mit NNCodec neuronale Netze, die die Grundlagen der meisten KI-Anwendungen darstellen. Dieses Verfahren dampft trainierte neuronale Netze nach dem neuen ISO/IEC-Standard Neural Network Coding auf fünf bis zehn Prozent der Originalgröße ein. Encoder- und Decoder-Module stellt das HHI auf der Softwareentwicklungsplattform GitHub quelloffen zur Verfügung. Durch die Kompression können Forschergruppen und Entwicklerteams Datenübertragungen verringern. Außerdem ermöglichen es kleinere Datenpakte, **KI-Anwendungen platzsparender** in Smartphone-Speichern abzulegen. Vor der Ausführung muss eine Anwendung allerdings ihr neuronales Netz wieder dekodieren.

(agr@ct.de)

**Quellcode bei GitHub:** [ct.de/ytf3](https://ct.de/ytf3)

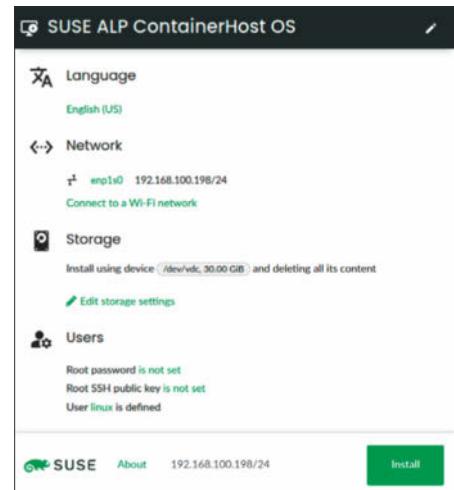
# OpenSUSE-Installer mit LVM und Vollverschlüsselung

**Das openSUSE-Team arbeitet an einem neuen Installationsassistenten namens D-Installer. Nun wurde ein verbesserter Prototyp veröffentlicht, der auch LVM und LUKS2 beherrscht.**

Der aktuelle YaST-Installer für SUSE- und openSUSE-Linux-Systeme hat bereits 20 Jahre auf dem Buckel. Daher entwickelt das YaST-Team derzeit einen neuen Installationsassistenten, der diese Aufgabe künftig übernehmen und YaST ablösen soll. Das vorläufig D-Installer getaufte Tool soll vielseitiger einsetzbar sein und später verschiedene Produkte wie openSUSE Tumbleweed, Leap, Leap Micro oder SUSE ALP ContainerHost OS installieren können. Im Zentrum steht der D-Installer-Dienst, der ein D-Bus-Interface bereitstellt. Eine React-Anwendung mit Patternfly-Komponenten stellt die Bedienoberfläche bereit.

Jetzt hat das YaST-Team eine neue Testversion des D-Installers vorgestellt, die zahlreiche Fehler behebt und die Konfiguration von Benutzerkonten und Passwörtern verbessert. Ausprobieren kann man sie mit einem ISO-Image, das im Wesentlichen aus einer angepassten Version von openSUSE Tumbleweed besteht. Wer den noch experimentellen Installer nicht in einer virtuellen Maschine, sondern auf echter Hardware testen will, sollte beachten, dass er derzeit noch die ganze Festplatte löscht. Erst in künftigen Versionen soll im User-Interface zur Wahl stehen, welche Partitionen gelöscht, behalten, vergrößert oder verkleinert werden.

Bislang kam D-Installer nur mit sehr einfachen Installationsszenarien zurecht, jetzt beherrscht das Tool auch die Installation mit LVM (Logical Volume Manager) und die Vollverschlüsselung des Systems. Welche Verschlüsselungstechnik dabei



**Der Prototyp des neuen D-Installers beherrscht LVM und Vollverschlüsselung.**

zum Einsatz kommt, hängt vom installierten System ab. Wird eine Testversion von ALP ContainerHost OS eingerichtet, nutzt D-Installer LUKS2. Das könnte künftig auch ermöglichen, verschlüsselte Geräte mithilfe von TPM (Trusted Platform Module) zu entschlüsseln. (lmd@ct.de)

Bild: yaST.opensuse.org

## Mehr Ausdauer. Weniger Latenz.

**microSD / SD**  
High-Endurance Karten  
S650Si / S650Sc Serie

**109+ Stunden**  
an durchgängigen Full-HD  
Videoaufnahmen



[www.bressner.de](http://www.bressner.de)

## c't-Artikel lesen, bevor das Magazin erscheint

**Wir haben unseren Service erweitert, damit Abonnenten besonders zeitkritische Artikel zum frühestmöglichen Zeitpunkt bekommen.**

Wir wollen, dass Sie einen ct-Artikel dann lesen, wenn er relevant ist, und das kann früher sein, als die nächste Ausgabe erscheint. Bislang bekamen Sie als Abonnent den Zugang zu solch aktuellen Artikeln im wöchentlich publizierten c't-Club-Newsletter. Ab sofort informieren wir Sie über **unsuren neuen Service c't-Sofortlesen**, wenn Sie einen Artikel vorab lesen können. Der Grund: Damit sind wir unabhängig vom festen c't-Club-Newsletter-Termin.

Und so erhalten Sie diese Artikel: Wenn Sie den c't-Club-Newsletter bereits bekommen, werden Sie auch c't-Sofort-

lesen-Mails mit den Artikel-Links erhalten. Wenn Sie sich vom c't-Club-Newsletter abgemeldet haben, werden wir Sie einmalig anschreiben und fragen, ob Sie die Mails mit den Vorabartikeln erhalten möchten.

Für die Abonnenten unter Ihnen, die sich nicht abgemeldet haben, aber den c't-Club-Newsletter trotzdem nicht erhalten: Schauen Sie im Spam-Ordner nach und markieren Sie die Mail als „Nicht-Spam“. Eine Anleitung finden Sie unter [ct.de/yhee](http://ct.de/yhee). Sollten Sie sich vom c't-Club-Newsletter abgemeldet haben und wollen ihn jetzt wieder bekommen, können Sie sich dort anmelden.

(jr@ct.de)

**Anmeldung c't-Club-Newsletter; Spam-Ordner-Problem lösen: [ct.de/yhee](http://ct.de/yhee)**

## KI-generierte Bilder im c't magazin

Der Hype um KI-Bildgeneratoren hat auch die c't erfasst. Damit meinen wir nicht nur die Artikelreihe zum Thema in Ausgabe 25/2022, sondern auch die Bilder selbst: Das Aufmacherbild eines Artikels war bislang entweder ein Foto oder eine (3D-)Illustration. Seit einigen Ausgaben experimentieren wir mit Tools wie Stable-Diffusion und Midjourney.

Nachdem Redakteur und Grafiker die Bildidee besprochen haben, wurde bislang der Fotograf oder der Illustrator beauftragt. Bei einigen der Ideen versuchen Kollegen nun, mit den passenden Prompts in Midjourney & Co. zu zufriedenstellenden Bildern zu kommen. Prompts heißen die

Formulierungen, mit denen die Textbildmaschine **mit KI-Methoden Bilder erzeugt**. Oft geht es schief, manchmal sind die Grafiker zufrieden und ein KI-Bild wird in der c't publiziert.

Derzeit ist es noch ein Hype, doch die Ergebnisse faszinieren schon jetzt und können teilweise sogar überzeugen. Viele, die Texte schreiben oder Bilder erzeugen, müssen sich mit der neuen Technik schnell auseinandersetzen, um zum einen deren Vorteile zu nutzen, aber auch die Risiken zu sehen. Denn eines ist sicher: KI-Tools werden bleiben und Prompt Engineering lernen Sie besser heute als morgen.

(jr@ct.de)



Dieses Bild aus c't 24/2022 haben wir aus mehreren Einzelbildern aus Stable-Diffusion zusammengesetzt und danach bearbeitet.

## Das war die c't <webdev> 2022

Zwei Tage, drei Tracks, 38 Talks und 160 Teilnehmer: Anfang November trafen sich Profis rund um das **Thema Frontend-Entwicklung** bei der c't <webdev> im Kölner Konferenzzentrum Komed. Die Vorträge deckten die gesamte Bandbreite ab, von Accessibility, Performance, Testing über altbekannte (Angular, React) und neuere (Svelte) JavaScript-Frameworks bis hin zu Themen der Gestaltung von Websites.

Marie van Driessche erklärte in ihrer Keynote, warum Entwickler beim Design von Web-Anwendungen „Beyond the Persona“ gehen sollten. Es genüge nicht, Lösungen für wenige Durchschnitts-Benutzer zu entwerfen. Vielmehr sollten sie die potentiellen Nutzer in die Entwicklung mit einbeziehen. Wie das konkret geht, zeigte Nelli Hergenröther. Sie hat mit ihrem Team einen Prozess, der jahrelang mit Papier, Faxgeräten und Kopierern durchgeführt wurde, in eine mobile App überführt.

Johannes Mainusch und Christian Zweckerl behandelten in der zweiten Keynote ein über die Frontend-Entwicklung hinaus relevantes Thema: Wie Unternehmen eine Kultur schaffen können, in der sie ihre Talente konsequent fördern und weiterentwickeln. Viel Beifall erhielt auch Ulrike Rausch, die zeigte, wie man mit individuellen Fonts Websites eine persönliche Note geben kann.

Nicht nur wir waren zufrieden, wie dieses Feedback aus unserer anonymen Umfrage zeigt: „Fachlich gute bis sehr gute Talks, reibungslose Organisation, netter unkomplizierter Kontakt zu c't-Mitarbeitern, tolles Networking mit guter Diversität, mega Essen und Location!“ Die nächste c't <webdev> findet vom 14. bis zum 16. November 2023 ebenfalls wieder in Köln statt.

(jo@ct.de)



160 Teilnehmer besuchten die c't <webdev> im Kölner Konferenzzentrum Komed.

Bild: Bastian Schloen



meet.  
learn.  
protect.

14.–16. März 2023

JETZT noch bis 31. Dezember  
kostenlos anmelden:



## Erste Programm-Highlights online

- Die neuen quantensicheren Kryptoalgorithmen und die Tücken, sie zu implementieren (**Klaus Schmeh, Vortrag**)
- Wenn der Deepfake zweimal klingelt (**Tobias Schrödel, Live-Demonstration**)
- Pentes Top 10: Die häufigsten und schwerwiegendsten Lücken und was man dagegen tun kann (**Jörg Schneider, Halbtagsworkshop**)
- Open Source Intelligence – Die Toolbox der Geheimdienste und HR-Abteilungen (**Maximilian Haselberger, Halbtagsworkshop**)
- Angriffe auf und Absicherung von Azure und Azure Active Directory (**Frank Uilly, Ganztagsworkshop**)

[secit-heise.de](http://secit-heise.de)

Partner der secIT



DataGuard

oneconsult

SOPHOS

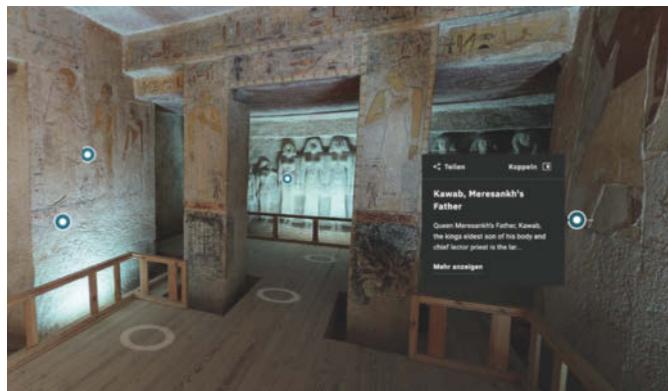
Partner der Recruiting-Area

Tutanota  
privacy. done. right.

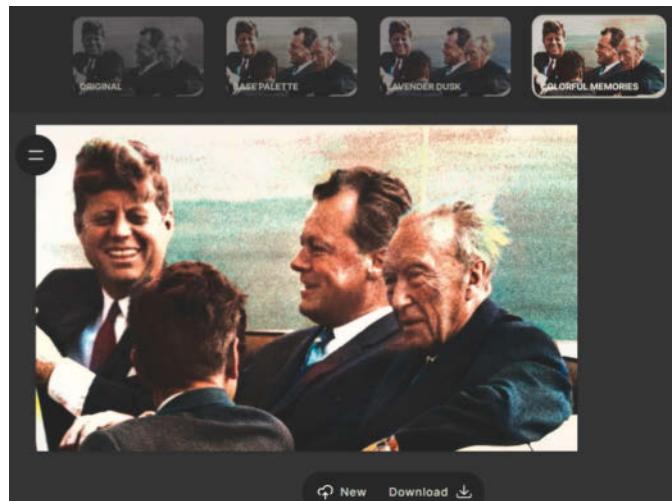
## Virtuell durch Gizeh

<http://giza.fas.harvard.edu>

Ein Projekt der Bostoner Harvard-Universität hat die Pyramiden von Gizeh sowie sämtliche Gebäude drumherum eingescannt und daraus 3D-Modelle angefertigt. Auf der englischsprachigen Seite des Gizeh-Projekts kann man die einzelnen **Orte wie in einem Videospiel auskundschaften**: Im Dämmerlicht von Fackeln bewegt man sich entweder mit der Maus oder mit den Tasten WASD durch die Räume.



Abgesehen von den 3D-modellierten Orten gibt es auch virtuelle Touren durch Gräber, die ähnlich wie bei Google Street View mit hochauflösenden Bildern abgelichtet wurden. Die Gräber sind gespickt mit Infopunkten, die via Mausklick mehr Informationen anzeigen. Aber nicht alle Touren funktionieren problemlos: „The Mastaba Tomb of Idu“ beispielsweise bringt den Browser ins Schwitzen und lässt WebGL abstürzen. Der digitale Gang durch die Gräber ist auch mit der 3D-Brille Oculus Quest möglich.  
(wid@ct.de)



Dennoch sollten Sie vorsichtshalber nur mit Fotos experimentieren, die keine allzu sensiblen Informationen enthalten.

(hob@ct.de)

## Flüssig bleiben

<https://www.finanztip.de>

<https://www.youtube.com/c/Finanzfluss>

<https://www.youtube.com/@ueberfluss/>

Als nützliche Anlaufstelle bei Fragen rund ums Geld hat sich **finanztip.de** bewährt. Hinter dem renommierten Portal steht eine gemeinnützige Stiftung, die für die Unabhängigkeit der Redaktion sorgt. Die Themen reichen von Fragen zur Einkommensteuer über Tipps für die Altersvorsorge bis hin zur nachhaltigen Geldanlage.

Ähnlich verständlich bereitet **Finanzfluss** seine Tipps auf, hier aber mit dem Schwerpunkt auf der Geldanlage mit ETFs (Exchange Traded Funds). Sehenswert ist der YouTube-Kanal, der sachlich und locker moderiert aktuelle Problemstellungen wie die grassierende Inflation erörtert. Genauso fundiert, aber mit süffisantem Unterton, kommentieren die Macher der Highlight-Sammlung **Überfluss** Beiträge von vermeintlichen Finanzgrößen wie Dirk Müller und Florian Homm. (Tobias Engler/hob@ct.de)

## KI-Färberei

<https://palette.fm>

Dass Machine-Learning-Engines nicht nur Bilder erzeugen, sondern auch überzeugend nachbearbeiten können, demonstriert **palette.fm**: Das Tool koloriert Schwarz-Weiß-Fotos teils sehr überzeugend. Nachdem man via Upload oder Drag & Drop eine Bilddatei eingeworfen hat, analysiert es die Struktur und gibt mit einem kurzen Text an, was es zu erkennen glaubt. Anschließend färbt es das Bild nach seinen eigenen Erkenntnissen und macht aus dem Schwarz-Weiß- ein Farbfoto.

Vor allem bei Gesichtern funktioniert das erstaunlich gut und sorgt für Wow-Effekte. Neben der Basis-Färbung können Sie mehrere Effektfilter probieren. Außerdem lässt sich die vorgegebene Textbeschreibung editieren, etwa um andere Farbtöne oder weitere Objekte. Gefällt Ihnen das Ergebnis, laden Sie es anschließend herunter.

Entwickelt hat das Projekt Emil Wallner, der nach eigenen Angaben zu Machine Learning forscht und beim Google Arts & Culture Lab beheimatet ist ([github.com/emilwallner](https://github.com/emilwallner)). Er verspricht auf der Website, hochgeladene Fotos nicht zu speichern.



Diese Seite mit klickbaren Links: [ct.de/ysk3](http://ct.de/ysk3)



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



[ct.de/angebot](http://ct.de/angebot)

Jetzt gleich bestellen:

[ct.de/angebot](http://ct.de/angebot)

+49 541/80 009 120

[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)

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

Ich möchte c't 3 Monate lang mit über 30 % Neukunden-Rabatt testen.  
Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

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

© Copyright by Heise Medien.



# Ausgeleert

## Amazon lässt Kunde für verschwundene Waren bluten



**Im Online-Handel mit Endkunden trägt in der Regel der Verkäufer das Risiko, wenn Waren unterwegs beschädigt werden oder abhandenkommen. Versandhändler Amazon versucht trotzdem immer wieder, seine Kunden zur Kasse zu bitten.**

Von Tim Gerber

**A**m 23. September bestellte Andy L. bei Amazon eine Apple Watch für knapp 1000 Euro und eine passende Ladestation für etwa 66 Euro. Die Ware wurde bereits am 24. September geliefert. Anfang Oktober entschied sich Andy L. von dem von Amazon eingeräumten 30-tägigen Rückgaberecht Gebrauch zu machen. Er erwarb bei DHL eine Paketmarke inklusive Versicherung bis zu einem Wert von 2500 Euro und lieferte die Sendung am Abend des 12. Oktober 2022 an einer Packstation ein. Und wie von Amazon verlangt, übermittelte er die Sendungsdaten per E-Mail.

Bereits am folgenden 13. Oktober erhielt Andy L. per E-Mail eine Bestätigung von Amazon, dass ihm die Rücksendekosten von knapp 12 Euro erstattet werden sollen. Am Morgen des 14. Oktober traf die Sendung dann auch in Amazons Rücksendezentrum in Bad Hersfeld ein und wurde dort laut DHL-Sendungsverfolgung von einem Herrn B. in Empfang genommen. Nun wartete Andy L. auf die Erstattung des Kaufbetrags.

Die erstatteten Versandkosten kamen auch rasch bei Andy L. an, aber die 1000 Euro für die Apple Watch blieb Amazon schuldig. Nachdem die zehn Tage, die eine

Erstattung laut Amazon dauern könnte, verstrichen war, wandte der Kunde sich am 25. Oktober an den Kundendienst und fragte nach. Bereits am 26. Oktober um 3:19 Uhr kam eine Antwort, die so aussah: „Wir kontaktieren Sie aufgrund der Rücksendung des Artikels [ITEM] aus Ihrer Bestellung 304-1695780-6685904, weil wir [einen falschen Artikel/keinen Artikel/einen fehlerhaften Artikel/OTHER- EXACT DESCRIPTION] erhalten haben. Wir können bestätigen, dass sich der Artikel [ITEM] aus der Bestellung mit der Nummer 304-1695780-6685904 zum Zeitpunkt, als der an [CARRIER] übergebene Karton das Logistikzentrum verließ, im Karton befand.“

### Unbearbeitete Vorlage

In diesem Stil setzte sich die E-Mail über mehrere Absätze fort, wobei stets alle denkbaren Varianten genannt wurden, und endete mit dem Satz: „Wir möchten Sie darauf hinweisen, dass unser Team von Kontospezialisten Sie zurzeit weder telefonisch noch per Chat unterstützen kann.“ Mit anderen Worten: Wir reden nicht mehr mit Dir! Zwischendrin kündigte Amazon sowohl den Rückversand des Artikels „[ITEM]“ als auch dessen Vernichtung an.

Andy L. war freilich arg erstaunt und erbost, dass seine Angelegenheit, bei der es immerhin um einen Wert von 1000 Euro ging, bei Amazon so schlampig behandelt wurde und er eine nichtssagende E-Mail voller widersprüchlicher Aussagen erhielt. Er fragte deshalb am selben Tag nach, was ihm diese Mail denn nun sagen solle. Kurz vor Mitternacht kam die Antwort: „Derzeit können wir keine Erstattung für die Artikel veranlassen, die Sie an Amazon zurückgesendet haben.“

Auch darauf reagierte Andy L. sofort und bot Amazon zum Beweis, dass er den richtigen Artikel zurückgesandt hatte, per E-Mail Fotos vom Paket an. Als Reaktion kam wenige Stunden später wieder nur eine Standardantwort: „Wir können die Erstattung für diese Bestellung erst veranlassen, nachdem wir den richtigen Artikel erhalten haben. Bitte senden Sie uns den richtigen Artikel, wenn Sie eine Erstattung wünschen. Diese Entscheidung ist endgültig. Auf weitere E-Mails zu dieser Angelegenheit werden wir voraussichtlich nicht antworten.“



### Tausend Euro entsorgt

Darauf sandte Andy L. dem Amazon-Support seine Beweisfotos zu und bat darum, ihm doch den angeblich falschen Artikel zurückzusenden, wenn man schon den Kaufpreis für die Uhr nicht erstatten wolle. Am folgenden Tag erhielt er eine Antwort: „Leider können wir den von Ihnen zurückgegebenen Artikel nicht zurücksenden, da er gemäß den wesentlich anderen Rückgabekriterien von Amazon entsorgt wurde.“

Auf seine weiteren E-Mails, in der der Kunde seiner verständlichen Entrüstung darüber Ausdruck verlieh, dass Amazon eine Uhr im Wert von 1000 Euro angeblich entsorgt hatte, gab es keine weiteren Reaktionen. Deshalb wandte sich Andy L. am 30. Oktober schließlich an c't.

### Nachgefragt

Nach gründlicher Prüfung der Sache wandten wir uns schließlich am 16. November an Amazons Pressestelle und baten um Erklärung. Warum macht Amazon in solchen Fällen keine konkreten Angaben, welchen falschen Artikel er angeblich eingesendet haben soll und was aus der Sendung geworden ist?

Und siehe da: Am 18. November erhielt Andy L. eine Nachricht von Amazons Beschwerdemanagement, dass man seinen Fall erneut geprüft und nunmehr eine Erstattung des Kaufpreises von knapp 1000 Euro veranlasst habe. Man könne ihm jedoch versichern, dass

in dem Paket keine Apple Watch war und folglich auch keine Apple Watch entsorgt wurde. Die eingegangene Retoure habe leider aus einer leeren Verpackung bestanden, die deshalb entsorgt worden sei.

### Wir haben ein Problem

Amazon hat ganz offenbar einige Probleme hinsichtlich seiner Zuverlässigkeit. Es spricht Bände, dass Beweismittel wie leere Päckchen, die eigentlich Waren im Wert von 1000 Euro enthalten sollen, vernichtet werden. Da in solchen Fällen der Verdacht auf eine Straftat nahe liegt, müssten Beweismittel eigentlich den zuständigen Behörden übergeben werden. Doch an Ermittlungen im eigenen Haus hat Amazon offenbar kein Interesse.

Der Fall von Andy L. ist zwar der krasseste, aber bei Weitem nicht die einzige derartige Beschwerde über Amazon, die die Redaktion in den zurückliegenden Wochen erreicht hat. Immer wieder berichten Leser über angeblich falsch zurückgeschickte Ware und verweigerte Erstattungen durch Amazons „Kontospezialisten“. Dass solche Kontospezialisten wie im geschilderten Fall nur ungenügend auf Nachfragen reagieren und aus Versehen unbearbeitete E-Mail-Vorlagen verschicken, deutet jedenfalls darauf hin, dass Amazon dem Kundenservice zu wenig Ressourcen und Aufmerksamkeit einräumt.

Wer so mit Kunden umgeht, hat noch einen langen Weg vor sich, um das selbst erklärte Ziel zu erreichen, das kundenfreundlichste Unternehmen der Welt zu sein.

(tig@ct.de) ct



Foto: Andy L.

**Der Kunde hatte die Ware für die Rücksendung ordentlich eingepackt. Ihr angebliches Verschwinden wollte Amazon ihm trotzdem zur Last legen.**

# Sprachfindung

Wieso viele mit Sprachlern-Apps scheitern – und wie es besser geht



- |  |
|--|
| <b>Wieso viele mit Sprachlern-Apps scheitern ..... Seite 60</b>                |
| <b>Sprachlerndienste Babbel Live und Busuu Live im Praxistest ... Seite 68</b> |
| <b>Tools, Tipps und Websites für Sprachenlerner ..... Seite 72</b>             |

# Apps wie Babbel, Busuu und Duolingo versprechen, einem Fremdsprachen nebenbei und mit Spaß beizubringen. Doch viele Nutzer brechen irgendwann frustriert ab oder können sich trotz erfolgreich absolviertem Kurs nicht in der neuen Sprache unterhalten. Doch woran liegt das? Und wie lernt man effizienter?

Von Nico Jurran

**H**aben Sie im Urlaub schon einmal gedacht, wie toll es wäre, sich mit den Einheimischen richtig zu unterhalten und tief in die fremde Kultur einzutauchen? Oder planen Sie eventuell sogar, in ein anderes Land auszuwandern und wollen sich in dessen Gesellschaft integrieren? Vielleicht sind Sie auch Film- oder Serienfan und würden gerne Originalfassungen anschauen, die Dienste wie Disney+ und Netflix heute bereitstellen. Es gibt viele triftige Gründe, eine neue Sprache zu erlernen.

Und tatsächlich hat das Sprachenlernen in den vergangenen Jahren enormen Auftrieb erhalten – hauptsächlich dank Apps wie Babbel, Busuu und Duolingo, die zig Millionen Erwachsene weltweit zum Sprachenlernen im digitalen Selbststudium ohne Kurs oder Lehrbuch nutzen. Das ist nachvollziehbar: Den Apps haftet nicht der Mief von Abendkursen und drögen Lernmaterial an. Stattdessen gibt es interaktive Kurse mit Bildern, Videos und Animationen, die das Lernen spielerisch gestalten sollen.

Vor allem spricht für die Apps die Möglichkeit, sich den Unterricht frei einzuteilen: Fürs Sprachenlernen muss man nicht extra Zeit freischaufeln oder gar einen Kurs besuchen, sondern schiebt eine Lektion dann ein, wenn es gerade passt. Denn die Einheiten sind ultrakompakt: Babbel wirbt mit 15 Minuten Lernzeit am Tag, Busuu bezeichnet 10 Minuten schon als „regelmäßig“ (siehe Bild) und bei Duolingo sollen gar 5-Minuten-Einheiten ausreichen. So soll es möglich sein, Sprachen zu lernen, während man auf den Bus wartet oder im Wartezimmer sitzt.

Die Realität sieht jedoch oft anders aus: Es häufen sich Erfahrungsberichte

frustrierter Nutzer, die einen App-Kurs komplett absolviert haben, sich aber in der neuen Sprache trotzdem nicht wirklich unterhalten können. Oft hapert es vor allem beim Hören und Sprechen: Reden Muttersprachler nicht langsam, deutlich und in kurzen Sätzen wie in den Kursbeispielen, sondern schnell, mit Akzent oder mit umgangssprachlichen Wendungen, ist es mit der erhofften Kommunikation rasch vorbei. Versuche, selbst aktiv zu sprechen, enden oft im nächsten Blackout: Schon einfache Sätze, die in der App zigfach zusammengeklickt und nachgesprochen wurden, sind weg.

## Realitätsschock

Den bescheidenen Lernerfolg belegen auch YouTube-Videos, in denen Nutzer von Sprachlern-Apps ihre erworbenen Kenntnisse nach einer gewissen Zeit oder Zahl von Einheiten demonstrieren: Oft absolvieren die Protagonisten kleine Sprachtests oder geben Phrasen zu einzelnen Themen zum Besten, freie Gespräche mit Muttersprachlern finden aber praktisch nie statt. Doch gerade das ist das Ziel vieler Sprachschüler: Sie wünschen sich in einer anderen Sprache spontan und ohne große Anstrengung über ein breites Spektrum von Themen zu reden oder etwa einen Film mit anspruchsvollen Dialogen im Original anschauen zu können.

Doch wann spricht man eine Sprache fließend? Für viele Experten entspricht dies den beiden höchsten Stufen C1 bis C2 des „Gemeinsamen europäischen Referenzrahmen für Sprachen“, andere sehen das Ziel mit B2-Niveau erreicht. Welche Sprachfähigkeiten mit den sechs Stufen des Referenzrahmens verbunden sind, zeigt die Tabelle auf Seite 67.

Einigkeit herrscht darüber, dass es mit jeder höheren Stufe langsamer vorangeht und kaum jemand alle vier Sprachkompe-

tenzen – Lese- und Hörverstehen, Schreiben und Sprechen – parallel gleichmäßig erwirbt. So ist es etwa möglich, dass der Sprachschüler mit seiner Schreibkompetenz auf B2 steht, mit der Sprechkompetenz aber erst auf B1.

## Realistischer Aufwand

Die App-Anbieter machen keine Angaben, wie viel Zeit man investieren muss, bis man eine Fremdsprache fließend spricht. Babbel zitiert in seinem Blog aber zumindest Zahlen des Foreign Service Institute (FSI), das Mitarbeiter des US-Außenministeriums schult [1]. Demnach benötigt man als Englisch-Muttersprachler für europäische Sprachen wie Spanisch, Italienisch und Französisch durchschnittlich 24 bis 30 Wochen. Allerdings erwähnt Babbel nicht, von wie vielen Wochenstunden das FSI dabei ausgeht.

Da im Absatz davor die bereits erwähnten 15 Minuten genannt sind, könnte man meinen, beide Werte stünden im Zusammenhang. Das Ziel wäre somit spätestens nach 52,5 Stunden erreicht. Tatsächlich verrät ein Blick auf den (immerhin verlinkten) Leitfaden, dass das FSI mit satten 25 Stunden Lernzeit pro Woche rechnet – und so bei den genannten Sprachen auf 575 bis 600 Kursstunden kommt. Bei 50 Minuten Netto-Lernzeit pro Kursstunde wären das über 1915 Einheiten à 15 Minuten – oder mehr als 5 Jahre bei einer Einheit pro Tag.

Die Schätzungen des FSI passen zu Angaben anderer Experten, nach denen ein Europäer gut 500 Stunden investieren muss, um eine andere europäische Sprache bis zum gehobenen Niveau B2/C1 zu erlernen. Als Lernzeit gehen sie dabei oft von einer Stunde pro Werktag aus, was knapp 1,5 Jahre ergeben würde. Wegen zu

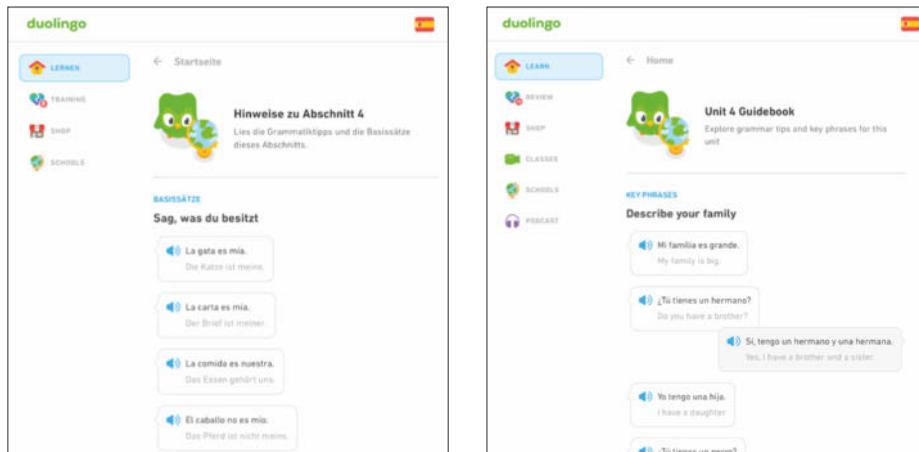


### Tägliches Lernziel festlegen

Gelegentlich	5 Minuten
Regelmäßig	10 Minuten
Konsistent	15 Minuten
Intensiv	25 Minuten

Tipp: Du kannst dein Lernziel jederzeit anpassen.

In der Busuu-App gilt eine Lernzeit von 10 Minuten pro Tag bereits als „regelmäßig“, bei 25 Minuten täglich lernt man demnach sogar „intensiv“.



**Die Web-Versionen der Sprachlern-Apps halten oft Inhalte bereit, die in den Mobil-Apps nicht verfügbar sind. Bei Duolingo lohnt sich bei entsprechenden Kenntnissen zudem ein Wechsel der Ausgangssprache von Deutsch (links) auf Englisch (rechts). Dann bekommt man mehr Infos zu den Lektionen und einige Inhalte überhaupt erst zu sehen.**

erwartender Motivationstiefs gelten aber mindestens zwei Jahren als realistisch.

### (Zu) viel versprochen

Um zu klären, wo es beim Sprachenlernen mit Apps hakt, scheint es auf den ersten Blick sinnvoll, sich die Unzulänglichkeiten der einzelnen Programme anzuschauen – etwa, dass Lerninhalte nicht immer in sich konsistent sind. Die Busuu-App gibt beispielsweise beim Spanischunterricht an einer Stelle eine Übersetzung vor, an die sie sich an einer anderen Stelle dann selbst nicht hält. Duolingo lehnt in Übungen eingegebene Sätze als falsch ab, die es zuvor

in der Gegenrichtung noch als Lösungen präsentiert hatte.

Solche Defizite entstehen teilweise, wenn Inhalte von einer KI generiert oder von einer Community eingebracht und ohne eingehende Prüfung genutzt werden. Teilweise stülpen Entwickler für europäische Sprachen entwickelte Konzepte auch einfach Lernprogrammen für asiatische Sprachen über, obwohl sie für diese nicht passen – ein Vorwurf, der etwa den Entwicklern der „Rosetta Stone“-App gemacht wird.

Das eigentliche Problem geht jedoch tiefer. Tatsächlich sind Anwendungen mit wenigen Minuten Lernzeit nach Ansicht

der Sprachexpertin Dr. Nicola Würffel, Professorin für Deutsch als Fremdsprache an der Universität Leipzig, generell „unterkomplex“, um die für den vollständigen Spracherwerb nötigen Kenntnisse zu vermitteln (siehe Interview auf S. 64).

Wir zeigen im Folgenden, welche Lücken das Konzept der Sprachlern-Apps hat und wie sich diese kompensieren lassen. In diesem Artikel erhalten Sie zunächst einen allgemeinen Überblick (Links zu den genannten Angeboten finden Sie via ct.de/y8e5), während die beiden nachfolgenden Beiträge konkrete Zusatzangebote von Babbel und Busuu unter die Lupe nehmen beziehungsweise weitere Tools vorstellen, die beim Lernen einer neuen Sprache helfen können.

### Wortfindungsschwierigkeiten

Wer eine Sprache per App lernt, stößt schnell auf Hör- oder Übersetzungsübungen, bei denen vorgegebene Wörter in die richtige Reihenfolge gebracht oder in einen Lückentext eingesetzt werden müssen. Diese Aufgaben sind bei den Anbietern beliebt, da sie sich problemlos für kleine Bildschirme mit Touch-Bedienung umsetzen lassen.

Für den Einstieg sind solche Übungen auch völlig in Ordnung – vor allem, wenn es darum geht, Strukturen kennenzulernen. Nach einiger Zeit sollte eine App den Schülern aber auch Eingaben ermöglichen, die frei über die Tastatur eingegeben werden, damit sie sie aus dem Kopf inklu-

## Wie bitte, Duolingo?

In den ersten Lektionen unterscheiden sich die Lerninhalte bei Duolingo nicht von denen anderer Apps. Doch nach einiger Zeit fordert die Anwendung Übersetzungen für schräge Sätze wie „Sind meine Schuhe elektrisch?“ oder „Fasse nicht das weiße Pulver an“. Selbst krampfhafte Anmachsprüche sind im Repertoire. Für Kritiker handelt es sich schlicht um Community-generierte Inhalte, die ohne genauere Prüfung an die Schüler gehen. Laut Duolingo sind sie hingegen Teil des Lernkonzepts: Die sonderbaren Sätze bleiben länger im Gedächtnis.

Tatsächlich widerspricht diese Behauptung dem, was wir von Spracherwerb wissen: Denn der Mensch lernt neue Wörter und Phrasen nicht dadurch, dass sie ihm einmal oder einige wenige Male vor-

gesetzt werden – auch nicht, wenn sie besonders ausgefallen sind. Vielmehr prägen sie sich erst durch Wiederholungen ein. Diese regen den Hippocampus an, das neue Wissen vom Kurz- ins Langzeitgedächtnis zu übertragen. Begrüßungsformeln kommen im Unterricht beispielsweise so oft vor, dass jeder Schüler auf die Frage „Wie geht's?“ irgendwann wie aus der Pistole geschossen in der Zielsprache „Danke, gut!“ antwortet.

Duolingos schräge Phrasen sind hingegen so ungewöhnlich, dass man sie sich geradezu „ins Hirn hämmern“ müsste, um sie zu behalten. Doch worin liegt der Sinn, zu wissen, was „Die Bärin brachte eine Ente zur Welt“ in einer fremden Sprache heißt, wenn man diesen Satz wohl nie anwenden wird?

Es hat sich eine wahre Fangemeinde um Duolingos schräge Phrasen gebildet: Der Twitter-Account „Shit Duolingo Says“ zählt fast 100.000 Follower.

# Agile Softwareentwicklung im Unternehmen

**Der nächste Schritt:  
Von der Software- zur Produktentwicklung**

Online-Konferenz – 26. Januar 2023



**Coden ist gut – mit der Produkt-Denke wird's noch besser**

Viele Unternehmen entwickeln ihre Software **agil** – mal mehr, mal weniger, meist mit Erfolg und dem Gefühl, auf dem richtigen Weg zu sein. Aber das ist nur eine Seite der Medaille. Denn wenn das, was da entsteht, auch erfolgreich sein soll, dann muss die Software als Produkt gedacht und entwickelt werden.

**Highlights aus dem Programm:**

- Runter von der Insel! Agile Softwareentwicklung zu Ende gedacht – Konstantin Diener
- Ein Erfahrungsbericht – John Fletcher, Till Voß
- Das richtige Produkt finden: Product Discovery – Miriam Soltwedel
- Das richtige Produkt bauen: Stoppen wir den Feature-Wahn! – Steffen Oehme

Jetzt  
**Tickets**  
sichern!

Ein Event für alle, die in ihrem Team Verantwortung dafür übernehmen, dass Software nicht nur agil, sondern auch erfolgreich entwickelt wird: für **Softwareentwickler:innen, Softwarearchitekt:innen** und **Teamleads**.

[asu.inside-agile.de](http://asu.inside-agile.de)

+++ Workshop am 2. Februar: Product-Discovery-Techniken für Entwickler +++

Konferenzen von  inside agile

Veranstalter  heise Developer

 dpunkt.verlag

# KANBAN DAY

**Kanban im Unternehmen –  
mehr als nur agile Teams**

Online-Konferenz – 28. Februar 2023

**Kanban ist mehr als nur Projektmanagement**

Der Kanban Day legt einen Schwerpunkt auf Kanban als Veränderungsmethode. Er gibt einen fundierten Einblick in die Vielfalt von Kanban, wie sich die Methode gewinnbringend einsetzen lässt und welche Metriken für eine Veränderung und kontinuierliche Verbesserung sinnvoll sind.

**Highlights aus dem Programm:**

- Kanban und Selbsterkenntnis – Markus Hippeli
- Kanban-Grundlagen entmystifiziert – Mathias Schröder
- Physisches Whiteboard oder elektronisches Tool? – Mark Geschke & Mathias Tölken
- Organisation von Ende-zu-Ende-Flüssen mit Kanban und Team Topologies – Eric-Jan Kaack
- Kanban in SAFe – Sebastian Nickel
- Kanban im Kontext einer Organisation – Thomas Epping

Jetzt  
**Frühbucher-  
Rabatt**  
sichern!

[kanban.inside-agile.de](http://kanban.inside-agile.de)

in Kooperation mit



# Kein „Deep Learning“ mit Apps

**Dr. Nicola Würffel ist seit 2016 Professorin für Deutsch als Fremdsprache mit dem Schwerpunkt Methodik/Didaktik am Herder-Institut der Universität Leipzig. Ihre Forschungs- und Lehrschwerpunkte liegen unter anderem in den Bereichen Digitalisierung des Fremdsprachenunterrichts, kooperatives Lernen und Lernstrategien.**

**c't:** Die App-Anbieter werben damit, dass maximal 15 Minuten am Tag ausreichen, um eine Fremdsprache zu erlernen. Ist das wirklich so?

**Dr. Nicola Würffel:** Um das zu beantworten, muss man sich zunächst fragen: „Was ist mein übergreifendes Ziel und was ist mein Teil-Lernziel?“ Ein Teilziel kann etwa sein, in einer Woche 30 Vokabeln zu lernen. Dann reicht es, das jeden Tag ein bisschen zu üben – und immer wieder die Vokabeln auszusortieren, die ich schon kann, und mir die noch einmal anzuschauen, die ich noch nicht beherrsche. Und wenn ich jemand bin, der alle Ablenkungen ausschalten kann, kann ich mein Vokabeltraining auch in einem vollen Bus absolvieren.

Wenn ich aber eine Sprache umfassend lernen möchte, muss ich komplexe Kompetenzen erwerben und diese auch in Kombination anwenden. Dann reichen diese kleinen Übungshappen wahrscheinlich nicht aus. Nötig sind dafür nämlich auch Lernprozesse, bei denen ich in das sogenannte „Deep Learning“ komme – wo ich also komplexere Dinge tiefer durchdringe. Ein „Deep Learning“ erfordert längere Lernzeiten und hohe Konzentration. Eine generelle Aussage zum besten täglichen Lernumfang kann man aber nicht treffen, da hier viele Faktoren eine Rolle spielen.

**c't:** Aber was ist dann von Werbeversprechen zu halten, alleine mit der App eine Sprache fließend erlernen zu können?

**Würffel:** Wenn ich das Ziel habe, eine Sprache umfassend zu erlernen, dann werde ich das mit dem „Häppchen-Lernen“, das die Apps bieten, alleine nicht erreichen – zum einen wegen der Kürze der Zeit, zum anderen, weil die Anwendungen aufgrund ihrer Oberflächen nur eine bestimmte Komplexität bei Aufgaben und Übungen bieten können.

Viele der großen Sprachlern-Apps machen es daher so, dass sie diese komplexeren Aufgaben gar nicht drin haben. Sie bedienen vor allem auf Anfängerniveau die Bereiche Grammatik, Wortschatz und Aussprache, in denen man im Selbststudium mithilfe von Programmklärungen und vielen Übungen mit einem direkten Richtig-falsch-Feedback auch in gewissem Umfang Fortschritte erzielen kann – vor allem als Null-Anfänger\*in. Ich lasse also angeblich erfolgreich mit den Apps, erreiche aber dennoch keinen aktiven, freien Sprachgebrauch.

**c't:** Die Apps haben alle eine Sprachausgabe, dennoch sind viele auch nach etlichen Stunden mit den Anwendungen überfordert. Muttersprachler zu verstehen. Wie kann das sein?

**Würffel:** Ich kann nur ein gutes Hörverständnis entwickeln, wenn ich unterschiedliche Sprecher höre, möglichst mit verschiedenen Dialektken und in differierenden Situationen. Ein schönes Beispiel ist, wenn ich am Bahnhof die Ansagen nicht verstehe. Das ist eine echte Notsituation, wenn ich wissen will, von welchem Gleis mein Zug fährt. Das heißt, ich muss auch Hörtexte haben, wo es laute Störgeräusche gibt. Denn ich muss eben auch dafür Strategien entwickeln. Die Apps sind an dieser Stelle absolut unterkomplex.

**c't:** Wie sieht es denn mit Gamification aus? Ist das eher positiv oder eher negativ zu bewerten?

**Würffel:** Das hängt sehr stark davon ab, ob es zielführend ist. Ein gewisses Belohnungssystem funktioniert bei vielen Lernenden gut; es gibt der Sache sozusagen einen gewissen Kick und motiviert Lernende wirklich dazu, lange an zum Teil mühseligen Drill-Übungen zu arbeiten. Aber wenn es allzu banal ist, dann durchschauen Lernende das sehr schnell



Bild: Sven Reichhold

**Dr. Nicola Würffel arbeitet aktuell an einem Projekt zur Qualifikation von Lehrkräften durch ein kollaboratives Assistenzsystem für virtuelle Austausche.**

und finden es entweder bald albern oder sogar nervig.

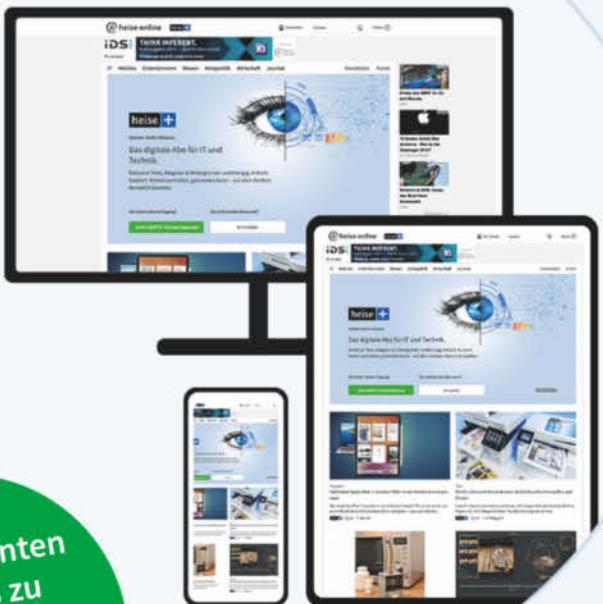
Das andere sind diese ewigen Erinnerungen. Für bestimmte Lerntypen ist das durchaus ein Anreiz, für andere ist es der Motivationskiller, weil sie so ständig unter Druck gesetzt werden.

**c't:** Welche Lernstrategie würden Sie denn empfehlen? Und spielen Apps wie Duolingo da überhaupt eine Rolle?

**Würffel:** Machen Sie sich bewusst, was Sie tatsächlich lernen wollen und suchen Sie sich Ihr Angebot dementsprechend aus. Wenn man tatsächlich sprechen oder schreiben lernen möchte, dann reicht es nicht, mit Duolingo oder ähnlichen Apps zu arbeiten. Aber in der Forschung gibt es zu Duolingo inzwischen auch Ergebnisse, die zeigen, dass man mit ihnen in bestimmten Bereichen, vor allem beim Wortschatzerwerb, moderate Erfolge erzielen kann, und dass eine Nutzung der App parallel zu einem Sprachkurs an einer Institution wie einer Universität oder der VHS zum Beispiel moderate positive Effekte haben kann.

Generell sind Kombinationen wichtig. Suchen Sie also etwa Interaktion mit realen Menschen, wenn Sie umfassend lernen wollen, nutzen Sie aber auch alle anderen Möglichkeiten, die es gibt: Vokabel- und Grammatiklern-Apps, Computerspiele, Comics, Spielfilme, Radio, YouTube. Heute haben wir ja glücklicherweise einen viel umfangreicheren Zielsprachlichen Input, der früher ohne das Internet nicht existierte.

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



## Das digitale Abo für IT und Technik.

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

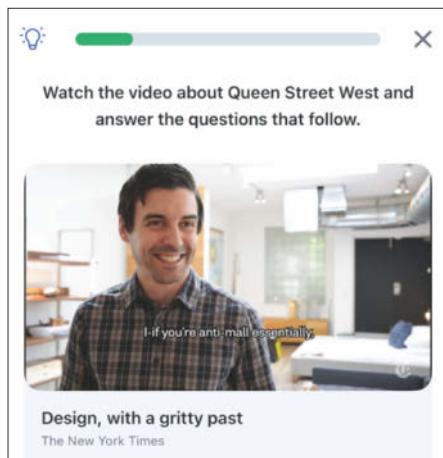
- ✓ Zugriff auf alle Artikel von heise+
- ✓ Alle Heise-Magazine online lesen:  
c't, iX, MIT Technology Review,  
Mac & i, Make und c't Fotografie
- ✓ Jeden Freitag exklusiver Newsletter  
der Chefredaktion
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar

Sie möchten dieses Exklusiv-Angebot nutzen? Jetzt bestellen unter:

[heise.de/plus-testen](http://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



**Busuu hat seine App für Englisch und Spanisch um Videos erweitert. Sie sind mit Untertiteln in der Zielsprache versehen und stehen zum Download bereit, um sie unterwegs anzuschauen.**

sive korrekter Schreibweise abrufen. Im wahren Leben steht ja auch niemand mit Satzbausteinen neben einem, auf denen passende Wörter in der korrekten Form vermerkt sind, sodass man sie nur noch in die richtige Reihenfolge bringen muss.

Die freie Eingabe am Smartphone wird für den Nutzer jedoch schnell mühsam – vor allem bei Sprachen mit Sonderzeichen. Apps beschränken sich daher gerne darauf, ein Wort oder einen kurzen Satz abzufragen. Wer nicht darauf besteht, nur am Handy zu lernen, sollte sich daher die Web-Versionen der Apps anschauen, die am Rechner über den Browser laufen. Eine richtige Tastatur ist nicht nur angenehmer, manche Desktop-Versionen fragen auch etwas längere Texte ab.

Allerdings läuft auch dort alles in festen Bahnen. Nur durch freies Verfassen längerer Texte lernt man jedoch, Gedanken in eigenen Formulierungen auszudrücken, Sätze passend aneinander zu reihen und Doppelungen zu vermeiden. Ebenso wichtig sind Grammatikübungen, um Regeln und Ausnahmen im Hirn zu verankern. Für die App-Anbieter ist dieser Ansatz problematisch: Freie Texte lassen sich nicht einfach maschinell prüfen und korrigieren, dafür braucht es Menschen mit den nötigen Sprachkenntnissen. Das ist zeitaufwendig und kostspielig.

Die meisten Apps sparen sich daher derartige Übungen. Busuu stellt sie, überlässt es aber den Schülern, die Antworten gegenseitig zu korrigieren. Hierfür wird jeder Nutzer von der App aufgefordert, in seiner Muttersprache vorliegende Lösungen anderer Nutzer gegenzulesen. Leider

kommt es dabei vor, dass fehlerhafte Sätze als korrekt bewertet werden oder umgedehrt – nicht zuletzt, weil nicht immer eindeutig ist, was der Sprachschüler ausdrücken wollte. Das stiftet eventuell unnötig Verwirrung. Dass sich auch die Korrekturen wiederum bewerten lassen und öfter Korrekturen von mehreren Personen kommen, ist keine echte Lösung für dieses Problem.

### Zu wenig Input

Auch beim Training von Lesen und Hören dominieren in den Apps kurze Sätze. Doch nur durch regelmäßige Beschäftigung auch mit längeren Stücken entwickelt das menschliche Gehirn Strategien, um wichtige von unwichtigen Informationen zu trennen. Beim Lesen ermöglicht dies mit der Zeit, einen Text flüssig durchzulesen statt immer wieder bei einzelnen Wörtern zu stocken.

Beim Hören ist dies aufgrund der Flüchtigkeit der Information noch essentieller: Jedes einzelne Wort verstehen zu wollen, führt schnell zum eingangs beschriebenen Blackout, bei dem man nach der ersten Verstehenslücke bis zur nächsten Sprechpause nichts mehr aufnimmt. Fortgeschrittene suchen laut Würffel praktisch nach den Inseln, die sie verstehen, und erschließen sich häufig den restlichen Inhalt aus dem Kontext.

Aber nicht nur die Kürze der Hörbeispiele in den Apps ist problematisch. Unser Gehör muss mit der Zeit auch an unterschiedliche Stimmen und Artikulationsformen gewöhnt werden: manchmal klarer, manchmal undeutlicher, mal etwas schneller und auch mal mit Hintergrundgeräuschen. In Apps sprechen hingegen meist stets dieselben Personen im immer gleichen Tempo und ohne Nebengeräusche. Busuu hat damit begonnen, dieses Problem anzugehen, indem es innerhalb

der App Zugriff auf mehrminütige Video-clips der New York Times und von El País gewährt. Für Englisch findet man diese nur in einem Bereich außerhalb des eigentlichen Kurses, für Spanisch sind sie Teil des Kurses, aber erst ab Stufe B1.

Man kann auch gewöhnliche Bücher und Comics beziehungsweise Filme und Serien in der Zielsprache nutzen, um Lesen und Hören zu trainieren. Jedoch fällt es Einsteigern oft schwer, einzuschätzen, welche Inhalte ihrem Niveau entsprechen. Deshalb bei Videos voll auf Untertitel zu setzen, ist keine gute Idee: Die Versuchung, stetig mitzulesen, ist groß – obwohl doch das Hören trainiert werden soll. Eine bessere Wahl sind Familienprogramme mit einfacher Sprache sowie Inhalte, die man bereits gut kennt.

Eine Alternative ist speziell für das Sprachenlernen entwickelter Content: Am Markt finden sich etwa bilinguale Romane, Kurzgeschichten und Zeitschriften, die teilweise auch klar Lernstufen zugeordnet sind und Hilfen zum Verständnis bieten. Für das Hörverstehen empfehlen sich neben YouTube-Videos vor allem Audio-Podcasts, da sich diese passend zum App-Konzept auch gut unterwegs hören lassen. Von Babbel gibt es sie kostenlos für mehrere Sprachen und in verschiedenen Lernstufen. Sie sind entweder komplett in der Zielsprache produziert oder enthalten zusätzlich Erläuterungen auf Deutsch. Für einige Episoden stehen auch Mitschriften zum Abruf bereit. Duolingo hat kostenlose Podcasts im Sortiment, aber nur mit Englisch als Ausgangssprache und vor allem für Fortgeschrittene. Wer passende Vorkenntnisse hat, sollte mal reinhören: Die Themen sind vielfältig, zudem kommen sie stets mit einem Transkript.

Texte über Länder, in denen die Zielsprache gesprochen wird, helfen auch kul-

**Babbel hat regelmäßige Online-Fragestunden für Englisch-Lerner eingerichtet, an denen man kostenlos über YouTube und Facebook teilnehmen kann.**

turelle Referenzen zu begreifen, was wiederum das allgemeine Sprachverständnis erhöht. Wichtig ist auch, dass das Zusatzmaterial zu den eigenen Interessen passt. Dann macht das Lesen oder Hören mehr Spaß – und man erkennt leichter den Sinn hinter dem Sprachenlernen.

### Fehlendes Sprechtraining

Viele Schüler empfinden das Sprechen als größte Herausforderung. Die passenden Vokabeln unter Zeitdruck aus seinem Gedächtnis zu kramen, zu grammatisch korrekten Sätzen zusammenzubauen und diese am Ende korrekt auszusprechen, überfordert am Anfang praktisch jeden – unabhängig von der Lernmethode. Sprechen ist auch keine Kompetenz, die nebenbei durch Lesen, Schreiben oder Hören miterworben wird. Sprechen lernt man nur durch Sprechen.

Doch die Apps lassen bestenfalls vorgegebene Sätze nachsprechen, die ihre KI dann überprüft. Selbst wenn die Erkennung fehlerfrei funktioniert, trainiert dies nur die Aussprache. Das ist an sich keine schlechte Sache. Mit freiem Sprechen hat das aber ebenso wenig zu tun wie die Möglichkeit, bei Busuu über die erwähnte Community-Funktion die Lösungen zu den Aufgaben als Sprachaufnahmen einzureichen. Experten empfehlen jedoch, schon früh Gespräche in der neuen Sprache zu führen, damit das Hirn die nötigen Strategien entwickelt und erst gar keine Hemmschwelle entsteht.

Die App-Anbieter sind sich dessen bewusst: Babbel und Busuu ergänzen ihre Anwendungen inzwischen mit Online-Gruppenunterricht. Um dabei nicht ihrem Ansatz des zeitlich frei einteilbaren Lernens zu widersprechen, gibt es keine festen Klassenstrukturen. Vielmehr ist Unterricht rund um die Uhr verfügbar. Wie gut das funktioniert, kommt im nachfolgenden Artikel zur Sprache. Duolingo betreibt keinen Dienst mit eigenen Inhalten, arrangiert über sein englischsprachiges Portal „Duolingo Classes“ aber Online-Unterricht, vor allem in Gruppen. Anbieter wie italki und Preply vermitteln zudem Online-Einzelunterricht. Damit beschäftigt sich der Artikel „Sprachlernbaukasten“ auf Seite 72.

Gelegenheit, sprechen zu üben, bietet auch die „Tandem“-Methode, bei der sich zwei Personen mit unterschiedlicher Muttersprache gegenseitig unterrichten – bei persönlichen Treffen oder über Videochats. Die Hamburger Volkshochschule vermittelt über ein Online-Portal deutschlandweit passende Partner, daneben ist

die Website MyLanguageExchange eine beliebte Anlaufstelle. Kleinere Initiativen gibt es in vielen Städten, die man beispielsweise über Fremdsprachengruppen auf Facebook aufstöbert. Es gibt für die Tandemvermittlung auch spezielle Apps wie „HelloTalk“ und „Tandem“, über die sich Personen finden und miteinander chatten. Bei der Nutzung ist jedoch Vorsicht geboten, wie der Artikel auf Seite 72 erläutert.

### Noch Fragen?

(Online-)Unterricht hat den Vorteil, dass die Lerner Fragen stellen können. Das ist bei Apps nicht möglich – eine Schwäche, die man nicht unterschätzen sollte: Wer beim Erlernen einer fremden Sprache etwa deren grammatischen Grundstrukturen nicht versteht, wird kaum in der Lage sein, die komplexeren Regeln zu erfassen. Da ist Frust unvermeidlich.

Babbel hat die Reihe „Frag die Expert:innen“ ins Leben gerufen, bei der Lerner (auch ohne Babbel-Abo) im Live-Videochat Antworten erhalten. Allerdings beschränkt sich das Angebot bislang auf Englisch, zudem gibt es meist ein festes Thema. Eine freie Fragestunde ist also auch dies nicht.

Ob Tandempartner eine gute Anlaufstelle sind, hängt zunächst davon ab, ob das Gegenüber die jeweilige Frage beantworten und generell erklären kann – nicht jeder ist ein geborener Lehrer. Zudem müssen die Partner eine sprachliche Ebene finden, um die nötigen Informationen auszutauschen. Gerade für Einsteiger ist das eine Herausforderung.

Ein weiterer Ort, an dem man Fragen loswerden kann, sind Sprachgruppen auf

Facebook. Eine Garantie für eine Antwort, mit der man auch etwas anfangen kann, gibt es hier aber auch nicht. Insofern ist es gut, wenn man einen kompetenten Ansprechpartner in der Hinterhand hat.

### Fazit

Die schlechte Nachricht vorab: Mit Apps eine Sprache vollständig zu lernen, ist praktisch nicht möglich. Denn das Gehirn muss sich „neu verdrahten“, um in der fremden Sprache zu denken – und dazu reicht eben weder die Themenbreite noch die Lernintensität der reinen Apps aus. Das haben die App-Anbieter selbst eingesehen und bieten ergänzend Podcasts, Videos und sogar Online-Unterricht an. Mit der App übt man so auf unterhaltsame Weise Vokabeln, Grammatik und etwas Aussprache, wenn man gerade Zeit hat. Die nötigen Sprachkompetenzen, um am Ende richtige Gespräche in der neuen Sprache zu führen, erwirbt man aber erst durch die Kombination mit anderen Diensten und Programmen.

Glücklicherweise stehen heute viele Angebote bereit, um den Sprachschüler auf seinem Weg zu unterstützen. Wir stellen die interessantesten und effizientesten Ansätze und Werkzeuge in den nachfolgenden beiden Artikeln vor.

(nij@ct.de) 

### Literatur

- [1] Dylan Lyons, Wie lange dauert es eine neue Sprache zu sprechen?, Babbel Magazin vom 09.02.2020, zu finden unter <https://de.babbel.com/de/magazine/schnell-lernen>

**Links und weitere Informationen zu den erwähnten Angeboten:** [ct.de/y8e5](https://ct.de/y8e5)

## Gemeinsamer europäischer Referenzrahmen für Sprachen

Stufe	Niveau	Typische Kompetenzen: Sprachschüler ...	Wortschatz	Typische Situationen
A1	Anfänger	... beherrschen und verstehen alltägliche Ausdrücke und simple Sätze in der Gegenwartsform, die auf die Befriedigung konkreter Bedürfnisse zielen.	rund 500 bis 700 Wörter	sich vorstellen, einfache Wegbeschreibungen verstehen
A2	Grundlegende Kenntnisse	... können häufig gebrauchte Ausdrücke und Sätze zu bekannten Gesprächsthemen und vertrauten Situationen in verschiedenen Zeitformen anwenden und bilden.	rund 1500 Wörter	einkaufen, Meinung in simplen Sätzen sagen, erste Lektüre
B1	Fortgeschritten Sprachverwendung	... verstehen das Wesentliche, wenn klare Standardsprache verwendet wird, und können über vertraute Dinge aus Arbeit, Schule, Freizeit usw. sprechen und schreiben	rund 2500 Wörter	einfache Konversationen, Plot von Filmen und Shows verfolgen
B2	Selbstständige Sprachverwendung	... verstehen komplexe Texte zu konkreten und abstrakten Themen, folgen Fachdiskussionen, kommunizieren auch im eigenen Spezialgebiet und sind zur Selbstkorrektur fähig.	rund 4000 Wörter	natürliche Gespräche in lauter Umgebung, längere Lektüren
C1	Fachkundige Sprachkenntnisse	... beherrschen und verstehen ein breites Spektrum anspruchsvoller, längerer Texte sowie implizite Bedeutungen und Witze; ihre Grammatik wird als „natürlich“ empfunden.	rund 8000 Wörter	Konversation auch mit schnell sprechenden Personen
C2	Annähernd muttersprachliche Kenntnisse	... verstehen praktisch alles, was sie lesen oder hören; fehlt ein Wort, umschreiben sie es mühselos.	rund 16000 Wörter	eigener Ausdruck unter voller Kontrolle, auch subtil



Bild: Albert Hulm

# Sprachflix

## Babbel Live und Busuu Live im Praxistest

**Sie möchten eine Fremdsprache lernen, haben aber keine Lust auf starre Kurszeiten und -konzepte? Abhilfe versprechen die Dienste Babbel Live und Busuu Live, die rund um die Uhr Online-Unterricht in kleinen Gruppen anbieten, an dem man nach Belieben teilnehmen kann. Wir haben die virtuelle Schulbank gedrückt.**

Von Nico Jurran

**B**esonders innovativ klingt das Konzept von Babbel Live erst einmal nicht: Der Dienst bietet online Gruppen-Unterricht in Englisch, Spanisch, Italienisch und Französisch in den fünf Lernstufen A1 bis C1 des Gemeinsamen europäischen Referenzrahmens für Sprachen an – also exakt die Fremdsprachen, für die auch an den Volkshochschulen am häufigsten Kurse gebucht werden. Die höchste Stufe C2 (siehe Tabelle auf S. 67) bietet der Dienst bislang nicht an. Der Unterricht findet live über die Videochat-Plattform Zoom statt, dauert je 60 Minuten und ist auf maximal sechs Schüler begrenzt.

Der eigentliche Clou ist, dass man bei Babbel Live ein Flatrate-Abo abschließt und somit zu einem Festbetrag zwischen 99 Euro (Monatsabo) und 50 Euro (Jahresabo) pro Monat beliebig viele Stunden nehmen kann. Zudem gibt es keine festen Zeiten und Klassenstrukturen, nach denen man sich richten muss. Stattdessen bietet der Dienst rund um die Uhr Unterrichtsstunden an, an denen man nach Belieben teilnimmt. Es gibt innerhalb einer Lernstufe also keine feste Reihenfolge und man kann die Stunden in beliebiger Reihenfolge nehmen. So finden sich immer andere Teilnehmer zusammen. Immerhin sieht man bei der Buchung bereits, wie viele

Leute sich schon für die jeweilige Stunde angemeldet haben und wer den Unterricht gibt – was nett ist, wenn man eine Lehrkraft schätzen gelernt hat und weitere Stunden bei dieser nehmen möchte.

Und Babbel Live liefert hinsichtlich der verfügbaren Unterrichtsstunden ab: Montags bis freitags gibt es fast zu jeder vollen Stunde Unterricht in allen Sprachen und auf jeder Stufe zu mindestens einem Thema, zwischen 8 und 22 Uhr deutscher Zeit finden üblicherweise auf jeder Stufe mindestens zwei Stunden parallel statt. Oft hat man sogar die Wahl zwischen vier oder fünf Einheiten pro Zeitabschnitt. Bei der Angebotsfülle sitzt man auch schon mal als einziger Schüler oder mit nur einem Mitstreiter im virtuellen Klassenzimmer. Am Wochenende ist die Angebotsdecke dünner. Daher kommt es vor, dass samstags oder sonnags zu manchen Zeiten in einer Stufe kein Unterricht angeboten wird oder eine Stunde ausgebucht ist. Wer zeitlich etwas flexibel ist, findet auch am Wochenende einen Platz auf der virtuellen Schulbank.

### Zum Verwechseln ähnlich

Busuu bietet mit Busuu Live ebenfalls Online-Gruppenunterricht ohne feste Klassen an, wobei Englisch, Spanisch, Französisch und Niederländisch auf dem Lehrplan stehen. Nur für Englisch gibt es Kurse

bis zur vorletzten Stufe C1, ansonsten ist aktuell bei der vierten Stufe B2 Schluss. Zudem dauert eine Unterrichtsstunde bei Busuu Live jeweils 45 Minuten und die Teilnehmerzahl ist auf fünf begrenzt. Der Unterricht läuft einfach im Browser.

Anders als Babbel Live gibt Busuu Live eine Struktur vor, die sich an den Lektionen in der App orientiert. Folgen muss man dieser aber nicht. Weiterer Unterschied zum Konkurrenzdienst: Man erfährt oft erst kurzfristig, wer die Stunde gibt, dafür aber auch, wer sich bis zu diesem Zeitpunkt bereits dafür angemeldet hat. So kann man sich mit neuen Studienfreundschaften in einen Kurs setzen – oder Nutzern, mit denen man sich nicht versteht, in gewissem Rahmen aus dem Weg gehen.

Busuu Live hat zwei Abrechnungsvarianten – das ist etwas komplizierter, am Ende ist der Dienst damit aber auch flexibler. Nutzer mit einem Premium-Abo der Busuu-App können Stunden in Paketen mit vier, acht oder zwölf Stunden hinzu buchen, zu Preisen von 28, 48 beziehungsweise 60 Euro. Diese muss man dann innerhalb von sechs Monaten einzösen. Wer nur mal eine einzelne Stunde nehmen möchte, bekommt diese für 8 Euro. Alternativ ist der Dienst aber auch unabhängig von der App abonniert – mit zwei, vier oder acht Stunden pro Monat für

22, 40 beziehungsweise 68 Euro monatlich. So ein Abo ist monatlich kündbar, nicht genommene Stunden verfallen am Monatsende.

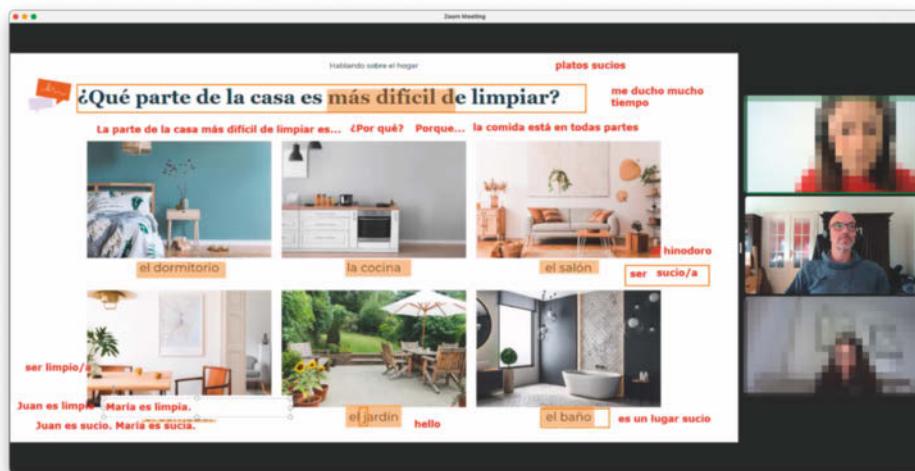
Im Test fiel schon bei der Buchung auf, dass das Stundenangebot von Busuu Live aktuell nicht annähernd an das von Babbel Live heranreicht. Will man bei Busuu Live die Lerneinheiten in der vorgesehenen Reihenfolge absolvieren, musste man während der Testphase bei einigen Lektionen 14 Tage warten, bis diese das nächste Mal angeboten wurden. Für Niederländisch waren für manche Lektionen sogar gar keine Termine im System hinterlegt. Das führt die Idee, die Stunden in einer bestimmten Reihenfolge absolvieren zu können, ad absurdum – und würde eventuell dafür sorgen, dass bezahlte Stunden in der Zwischenzeit verfallen. Während der Testphase war auch die Abonnentenzahl bei Busuu Live deutlich niedriger als bei Babbel Live – mit der Folge, dass fast jeder Unterricht mit nur einem oder zwei Teilnehmern stattfand.

Stunden lassen sich bei beiden Diensten noch bis kurz vor deren Beginn buchen. Geht es darum, dass man an einer gebuchten Stunde doch nicht teilnehmen kann, zeigen sie sich hingegen leider wenig flexibel. Wer bei Busuu Live eine Stunde nicht mindestens 24 Stunden vor deren Beginn storniert, bekommt sie vom

The screenshot shows the Busuu Live booking interface. At the top, there's a navigation bar with 'Lernen', 'Online-Unterricht', 'Wiederholung', and 'Community'. Below it, a search bar says 'Meine Unterrichtsstunden' and 'Unterrichtsstunden finden'. On the left, a sidebar titled 'Kapitel auswählen' lists French lessons from 'Kapitel 1 Grundlagen' to 'Kapitel 5 Die Gegenwart', each with a progress bar and a checkbox. The main area shows booking slots for specific days and times:

- Freitag 2 Dezember:** A slot at 08:00 pm for 'Ich nehme den Zug am Bahnhof Lyon-Perrache' is shown with a 'Stunden kaufen' button.
- Montag 5 Dezember:** Multiple slots are listed for 'Ich nehme den Zug am Bahnhof Lyon-Perrache' at 07:00 am, 03:00 pm, and 05:00 pm, each with a 'Stunden kaufen' button.
- Dienstag 6 Dezember:** A slot at 05:00 pm for 'Ich gehe in die Brasserie, und du?' is shown with a 'Stunden kaufen' button.

**Bei Busuu Live haben die Unterrichtsstunden eine feste Reihenfolge. An diese muss sich der Lernende aber nicht halten. Will man ihr folgen, muss man eventuell einige Tage warten, bis die passende Stunde verfügbar ist.**



Die Lehrkräfte teilen üblicherweise ihre Bildschirme, um auf den vorgegebenen Folien Lösungen und Notizen zu schreiben. Da es dafür aber oft nur wenig Platz gibt, wird die schnell unübersichtlich.

Stundenkontingent abgezogen. Da Babbel Live ein Flatrate-Angebot ist und dies somit keinen Sinn ergeben würde, geht der Dienst einen anderen Weg: Wer sich mehr als zehn Minuten verspätet, kommt nicht mehr in den virtuellen Kursraum – und muss 5 Euro Strafgebühr berappen. Stornierungen sind nur bis 24 Stunden vor Beginn kostenlos, danach werden drei Euro fällig.

## Bücher raus

Die Lernkonzepte haben Babbel Live und Busuu Live selbst entwickelt. Jede Stunde orientiert sich bei beiden Diensten jeweils an einer Alltagssituation, wie Begrüßungen, Einkäufe oder die Wochenendplanung. Neben Vokabeln und kurzen Lese- und Sprechübungen gibt es in der Regel einen Grammatik-Schwerpunkt – etwa eine Vergangenheitsform, um über seine Kindheit zu sprechen. Einheiten, die man bereits absolviert hat, sind markiert. Wer will, kann sie aber beliebig oft wiederholen.

Das Unterrichtsmaterial bekommt man jeweils vorab als PDF, ein zusätzliches Lehrbuch ist nicht nötig. Während des Tests hielten sich alle Lehrkräfte an die Vorlagen, reicherten sie aber mit eigenen Beispielen an und nutzten sie vor allem als Aufhänger für Dialoge mit den Schülern. Bei Busuu Live finden sich zusätzlich zum Material zur Stunde noch einige Zusätzübungen fürs Selbststudium in den Unterlagen. Hausaufgaben erhält man hier aber genauso wenig wie bei Babbel Live. Wer sollte die bei der ständig wechselnden Besetzung der Stunden auch korrigieren?

Das Lehrmaterial beider Dienste ist insgesamt gut und bietet oft Anreize für kurze Dialoge mit der Lehrkraft und zwischen den Sprachschülern. Bei Babbel Live können Lehrer Schüler auch mal paarweise für einige Minuten in virtuelle „Breakout Rooms“ schicken, wo sie gemeinsam eine Aufgabe bearbeiten. Der virtuelle Nebenraum lässt sich vom Lehrer zudem nutzen, um kurz einzeln auf Teilnehmer einzugehen, die hinterherhängen. Das funktionierte in der Praxis recht gut – setzt aber voraus, dass ausreichend Schüler an einer Stunde teilnehmen. Ob es in einer Stunde Gruppenarbeit gibt, entscheidet die Lehrkraft daher spontan; das Lehrmaterial setzt diese nicht voraus.

Bei Babbel Live fiel nach einiger Zeit auf, dass das Konzept der beliebigen Reihenfolge der Unterrichtsstunden ab und zu an Grenzen stößt – zum Beispiel, wenn in einer Einheit Grammatikgrundwissen vorausgesetzt wird, das eine andere liefert. Dann wünscht man sich eine Orientierung, welche Stunden aufeinander aufbauen – vor allem, wenn man in einer Stunde sitzt, in der die Mitschüler schon weiter sind als man selbst. Und natürlich reduziert sich bei beiden Diensten mit jeder besuchten Lektion die Zahl der Einheiten, die man in der Lernstufe noch nicht besucht hat.

## Teil des Gesamtkonzepts

Neben der Teilnahme am Online-Unterricht kann man mit der App des jeweiligen Anbieters weiterlernen: Die Nutzung der App ist bei Babbel Live im Abo enthalten, bei Busuu ist die App in der

Grundversion sowieso kostenlos. Diese Kombination von App und Online-Unterricht ist Teil eines Gesamtkonzepts: Der Online-Unterricht soll sich auf das Sprechen und das Kommunikative in der Gruppe kümmern, das Pauken von Grammatik oder Vokabeln erledigen die Schüler mit der App. Das bedeutet aber auch: Babbel Live und Busuu Live sind keine vollwertigen Sprachkurse, wenn man sich nicht zusätzlich mit der jeweiligen App beschäftigt.

Nach Aussage von Maren Pauli, der Leiterin des B2B-Didaktik-Bereichs bei Babbel, gegenüber c't ist der Online-Unterricht umgekehrt nicht nur eine nette Ergänzung zur App, sondern elementar, wenn es darum geht, eine Sprache vollkommen zu erlernen. Die reine App soll demnach Menschen dazu bewegen, sprechen zu wollen, biete aber nicht die Interaktion mit anderen in der fremden Sprache. Die App schaffe also eine gute Grundlage, während die Online-Gruppenkurse dann für den Erwerb der nötigen Sprech- und Hörfähigkeit sorgen (siehe dazu auch den Artikel „Sprachfindung“ auf Seite 60).

Beide Dienste arbeiten länderübergreifend, während des rund anderthalbmonatigen Tests hatten wir Mitschüler aus Deutschland, der Schweiz, den USA, Großbritannien, Italien, Frankreich, Kanada, Norwegen, Polen und der Ukraine. Die internationale Ausrichtung schlägt sich im Lehrmaterial und in den Unterrichtsstunden nieder: Alles ist in der Zielsprache gehalten, eine Ausgangssprache gibt es nicht – zumindest theoretisch: Während des Tests erlebten es einige wenige Male, dass ein Lehrer zu Englisch wechselte, weil ein Schüler in der Zielsprache nichts mehr verstand. Hilfestellungen auf Deutsch darf man aber eher nicht erwarten.

Als Schüler erliegt man so nicht so leicht der Versuchung, sich in eine bekannte Sprache zu retten, wenn einem die passenden Worte fehlen. Das Konzept schafft aber auch eine Einstiegshürde, die man erst überwinden muss, um überhaupt folgen zu können.

## Setzen, es geht los!

Babbel Live engagiert nach eigenen Angaben nur muttersprachliche Lehrkräfte, die C2-zertifiziert sind und jahrelange Erfahrung im Unterrichten haben. Busuu Live rekrutiert die Lehrkräfte über den Vermittlungsdienst Verbling (siehe S. 72),

Einstieg (A1)

## Sprich über öffentliche Plätze

Lerne, die gängigsten Straßenschilder in spanischsprachigen Städten zu erkennen.

Wähle eine Uhrzeit Melde dich bei Babbel Live an, um unbegrenzt Unterricht zu buchen.

Veronica heute um 12:00 55 Min 3/6 Plätze belegt Jetzt anmelden

Mehr anzeigen

Lade dir das Unterrichtsmaterial herunter PDF herunterladen

Übe eigenständig weiter mit Lektionen in der App The verb "oover"

A1 Anfängerstufe

## Mein Geburtstag ist am 15. April

Über Zahlen und Datumsangaben sprechen

Was mache ich in dieser Unterrichtsstunde?

- Sprich über Feierlichkeiten
- Verwende Zahlen
- Beschreibe die Datumsangaben zu verschiedenen Feierlichkeiten

Unterrichtsmaterialien Unterrichtsmaterial herunterladen (PDF)

Deine Lehrkraft

Sergio Spanien Englisch, Deutsch, Spanisch, Russisch

Noch 4 Plätze frei  
07 Dezember 2022  
02:00 pm - 02:45 pm CET  
45 Minuten  
H 1 nimmt teil  
Stunden kaufen

Sowohl bei Babbel Live (links) als auch bei Busuu Live lädt man sich das Unterrichtsmaterial vorab herunter. Bei Busuu Live steht die Lehrkraft bei Buchung nicht immer fest. Beide Dienste zeigen an, wie viele Schüler sich schon angemeldet haben, doch nur bei Busuu Live erfährt man auch, um welche Nutzer es sich konkret handelt.

der wie Busuu zum US-Unternehmen Chegg gehört. Voraussetzung für den Einsatz bei Busuu Live ist laut Dienst neben der Qualifikation, dass der Lehrer bei Verbling über 100 Stunden gegeben hat und nie negativ aufgefallen ist.

Tatsächlich wirkten bei beiden Diensten alle Lehrkräfte, bei denen wir Unterricht nahmen, qualifiziert und motiviert. Bei Babbel Live ist erwähnenswert, dass die Lehrer auch bei Gruppen mit fünf oder sechs Schülern den Überblick bewahrten. Das ist fraglos eine Herausforderung, da irgendjemand bei so vielen Schülern immer hinterherhinkt oder mit der Technik kämpft. Das bedeutet aber auch: Mit sechs Schülern hat das aktuelle Konzept sein Limit erreicht. Bei Busuu Live erlebten wir so große Gruppen während der Testphase gar nicht.

Anzumerken ist, dass es technische Probleme bei Babbel Live nur aufseiten der Schüler gab, Zoom erwies sich als sehr stabil. Bei Busuu Live kam es hingegen schon mal vor, dass die Technik auch seitens der Lehrkraft streikte. In diesen Fällen wurden die Probleme aber schnell besiegelt und die Unterrichtsstunde entsprechend verlängert.

Negativ fiel bei beiden Diensten auf, dass die Folien mit dem Unterrichtsmaterial nur recht wenig Platz für Anmerkungen des Lehrers bieten und daher schnell mit Anmerkungen vollgeschrieben sind. Hinzu kommt die Flüchtigkeit der Informationen: Ergänzungen auf den Folien müssen vor Stundenende gesichert werden, sonst sind die Anmerkungen verloren.

In der Regel ist dies Aufgabe des Schülers, nur eine Lehrerin bei Babbel Live fertigte im Testzeitraum selbst Screenshots der mit Anmerkungen ergänzten Folien an und stellte sie über das Chat-Fenster zum Download bereit. Hier wären beide Dienste gut beraten, wenn sie dies zum Standard machen würden. Babbel Live sollte zudem von Busuu Live die Funktion abkupfern, Chatverläufe vergangener Stunden über das Ende der Stunde hinaus zur Verfügung zu stellen.

### Fazit

Babbel Live und Busuu Live bieten keinen Gruppenunterricht im klassischen Sinne. Obwohl man in einer Stunde auf Mitstreiter trifft, lernt man auf den Plattformen praktisch alleine. Die ständig neuen Zusammensetzungen sind toll, wenn man Abwechslung mag – und weil immer wieder neu durchgemischt wird, muss man etwaige Streber, die die sich bei der Beantwortung von Fragen immer vordrängeln, nicht über lange Zeit ertragen.

Ein Klassenverband entsteht so aber nicht. Ebenso wenig ist es garantiert, zu

einer bestimmten Zeit in der Woche stets Unterricht bei seinem Lieblingslehrer oder seiner Lieblingslehrerin zu bekommen. Wer ein persönlicheres Verhältnis zu Lehrern und Mitschülern sucht beziehungsweise sich von einer Gemeinschaft mitziehen lassen möchte, ist daher in einem klassischen (Online-)Gruppenkurs oft besser ausgehoben – muss sich dann aber an feste Zeiten und einen vorgegebenen Lehrplan halten. Eben hier liegt die Stärke von Babbel Live und Busuu Live: Es ist klasse, einfach mal eine Unterrichtsstunde einschieben zu können, wenn man gerade Zeit hat – und sich (in Grenzen) das Thema der Stunde aus mehreren aussuchen zu dürfen.

Wer generell keinen Unterricht in einer Gruppe mag, sollte einen Blick auf Dienste wie italki, Preply und Verbling werfen, die wir im folgenden Artikel auf Seite 72 vorstellen. Über diese kann man Online-Einzelunterricht bei Sprachlehrern auf der ganzen Welt buchen – mit Unterricht zu beliebigen Zeiten und individuell mit angepassten Inhalten.

(nij@ct.de) ct

## Online-Sprachlerndienste mit Live-Unterricht

Name	Babbel Live	Busuu Live
Hersteller, URL	Babbel, babbel.com	Chegg, busuu.com
Sprachen	Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch (je A1 – C1)	Englisch (A1 – C1), Französisch, Niederländisch, Spanisch (je A1 – B2)
Kursformat	60 Minuten, 1 bis 6 Schüler, mit Breakout Rooms	45 Minuten, 1 bis 5 Schüler, ohne Breakout Rooms
Systemvorauss.	Rechner oder Mobilgerät, Zoom-App	Rechner oder Mobilgerät, Browser
Preis pro Paket	nicht erhältlich	28 € / 48 € / 68 € (4 / 8 / 12 Stunden)
Preis im Abonnement	50 € / 60 € / 70 € / 99 € (12- / 6- / 3- / 1-Monats-Abo), inkl. Babbel-App-Abo	22 € / 40 € / 60 € (2 / 4 / 8 Stunden pro Monat, monatlich kündbar)



Bild: Albert Huhn

# Sprachlernbaukasten

**Von Flashcards bis Tandem: der perfekte Mix beim Sprachenlernen**

**Je nach Lerntyp, Vorkenntnissen und Ziel sind es ganz unterschiedliche Apps und Tools, die Sprachlerner wirklich weiterbringen. Im großen Angebot der Lernhelper ist für jeden etwas dabei – man muss nur das Richtige finden und passend kombinieren. Unser systematischer Überblick gibt Orientierung.**

**Von Dorothee Wiegand**

**K**urz vor dem Urlaub geht es darum, sich rasch ein paar Alltagssätze in der Landessprache draufzuschaffen – bei einer beruflichen Veränderung gilt es vielleicht, ein Englisch-Fachvokabular zu pauken. Um sich aus Kursen, Apps und Materialien fürs eigene Lernen das Passende herauszusuchen, lautet die erste Frage: Wo will ich hin?

Wer sein persönliches Ziel definiert hat, braucht eine Antwort auf Frage Nummer zwei: Wo stehe ich? Falls in der Wunschsprache schon Kenntnisse vorhanden sind, liefert ein Einstufungstest die Antwort. Sprachschulen bieten sie auf der Suche nach Kunden an, verlangen vom Besucher ihrer Website aller-

dings meist eine Registrierung mit Namen und Mail-Adresse. Unter [ct.de/y752](http://ct.de/y752) finden Sie eine Reihe kostenloser Online-Einstufungstests, die man absolvieren kann, ohne sich zuvor zu registrieren.

## **Was Lern-Apps können**

Zumindest Lesen, Schreiben und Hören lässt sich mit einer Sprachlern-App trainieren, wenn auch eingeschränkt. Doch selbst, wenn sie allein nicht zum Ziel führen, empfehlen sich diese App als Teil der persönlichen Lernstrategie: Sie bieten in der Regel eine Mischung aus Lückentexten, Multiple-Choice-Aufgaben, Übungen zum Hörverstehen und oft auch Wort-

schatztraining. Diese Art von Apps haben wir in c't zuletzt 2019 getestet [1].

**Babbel** und **Busuu** bieten Dialoge und Geschichten und trainieren Wortschatz und Grammatik mit dafür vorgesehenen Übungen – insgesamt ein klassischer Lernansatz, ähnlich dem Unterricht in der Schule. **Duolingo**, **Mondly** und **Rosetta Stone** verfolgen ein anderes Konzept: Einzelne Wörter und Phrasen soll sich der Lerner wie beim Erstsprachenerwerb durch Zuordnung zu Bildern und durch viele Wiederholungen einprägen. Diese Methode eignet sich am ehesten für Sprachen, bei denen man bei null anfängt und insbesondere für Zielsprachen, deren Grammatik und Schrift sich deutlich vom Deutschen unterscheiden.

Weniger Abwechslung beim Lernen, aber viel Auswahl bei den Sprachen bietet **50 languages**. Die App **LingQ** ist nichts für Lerner ganz ohne Grundkenntnisse der Sprache. Fortgeschrittene lernen damit über Hörtexte und Fragen dazu; die App bietet Podcasts, Auszüge aus Hörbüchern, Kurzgeschichten und Zeitungsartikel.

Die Sprachlern-Apps empfehlen, täglich 10 bis 30 Minuten zu üben. Ihr großer Vorteil ist ihre Flexibilität: Wer täglich im Bus oder in der Bahn sitzt, kann die Fahrtzeit für eine kleine Sprachlektion nutzen. Auf diese Weise beschäftigt man sich an jedem Tag zumindest ein bisschen mit der Fremdsprache. Dieses Grundpensum allein genügt jedoch nicht, um wirklich voranzukommen (siehe Interview auf S. 64).

## Sprachduschen und Chatbots

Jede Menge ungewöhnlicher Angebote werben ebenfalls um die Gunst der Lerner. Hier hilft nur gründliches Ausprobieren – was den einen amüsiert, geht dem anderen schnell auf die Nerven. **Toucan** ist ein Firefox-Add-on, das bei Surfen einzelne Wörter der Fremdsprache einstreut, indem es sie nach dem Zufallsprinzip übersetzt. Aus „Lern eine neue Sprache beim Surfen“ wird so „Lern eine nuevo Sprache beim Surfen“.

Die **Jicki Sprachduschen** versprechen ebenfalls Lernerfolge ganz nebenbei. Am Anfang jeder dieser Audiodateien hört man neue Vokabeln samt deutscher Übersetzung, von Muttersprachlern sehr angenehm vertont. Dann folgen kleine Dialoge und Alltagssituationen, in denen das Gelernte vorkommt. Wer mit einer Sprach-App arbeitet, bei der das Hören zu kurz kommt, sollte auf der Jicki-Website mal probehören.

Falls die Wunschsprache nicht allzu exotisch ist, bieten sich in den App-Stores noch viele weitere, weniger bekannte Apps zum Lernen an. Es lohnt sich, in den Stores ein wenig zu stöbern und Rezensionen zu studieren. Eine Perle zum Englisch-, Spanisch- oder Französischlernen ist **Xeropan**. Das Besondere sind die kreativen Sprechübungen, in denen man mit einem Chatbot plaudert.

## Königsdisziplin: Sprechen

Das Sprechen kommt bei vielen klassischen Apps zu kurz. Deren KI-gestützte Spracherkennung ist oft so lasch, dass sie jede noch so falsch betonte Eingabe akzeptiert. Allzu streng dürfen die digitalen Sprachtrainer auch nicht bewerten, sonst treiben sie den Nutzer zur Verzweiflung, weil es nicht weitergeht.

Experten empfehlen, sich möglichst früh mit echten Menschen in der Fremdsprache zu unterhalten. Dafür gibt es Dienste, die Online-Einheiten mit Lehrern oder Gesprächspartner vermitteln. Die meisten Angebote dieser Art richten sich an englischsprachige Nutzer. Bei **italki**, **Preply** und **Verbling** findet man auch Lehrer, die Deutsch sprechen.

Verbling verlangt nach eigener Aussage von allen Lehrkräften einen Nachweis, bereits in der angebotenen Sprache unterrichtet zu haben. italki vermittelt einerseits „Professional Teacher“ und andererseits „Community Tutors“; letztere müssen keine Nachweise über ihre Unter-

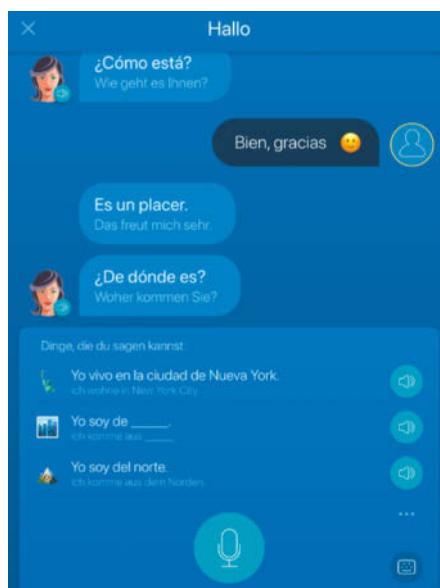
richtserfahrung erbringen und bieten häufig allgemeine Konversation an. Alle stellen sich auf den Vermittlungsseiten mit Lebenslauf und Video vor.

italki hat nach eigener Aussage mehr als 150 Sprachen im Angebot. Bei Verbling sind es laut Website über 70 Sprachen und bei Preply 24. Die Zahl der verfügbaren Lehrer hängt von der Sprache ab – bei Preply beispielsweise unterrichten aktuell 21 Lehrer Dänisch, Englisch bieten dagegen 12.330 Lehrkräfte an. Als Schüler in spe kann man das Angebot nach diversen Kriterien filtern, unter anderem nach Preis, Thema oder Herkunftsland des Lehrers.

Bei allen Diensten erwirbt man ein Stundenkontingent, das an einen bestimmten Lehrer gebunden ist. Das kann zum Problem werden, wenn man den Lehrer wechseln möchte: Preply bucht dann zwar das noch nicht verbrauchte Stundenkontingent auf den neuen Wunschlehrer um – allerdings erst, wenn man bei diesem eine Probestunde absolviert hat. Die wiederum kann man nicht mit seinem Restguthaben bezahlen, weil das ja noch mit der vorigen Lehrkraft verknüpft und sozusagen „eingefroren“ ist.

## Tandem-Tinder?

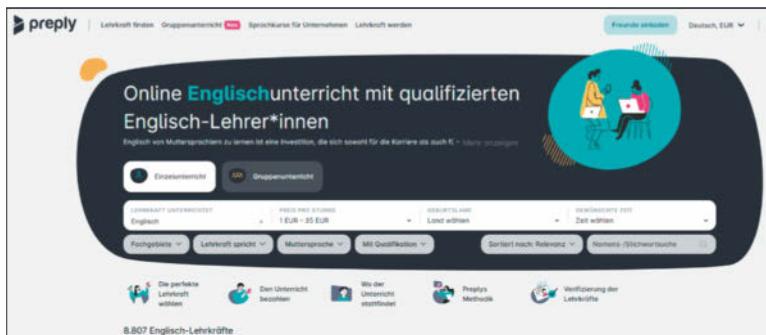
Preply, Verbling und italki stellen die Infrastruktur bereit, über die der Unterricht per Videochat mit parallelem Textchat im Browser stattfindet. Vor allem aber kümmern sich die Anbieter um die Terminabsprachen, Stornierungen, Abrechnungen



**Kurze Dialoge lockern das Lernen mit Mondly auf.** Die App macht Vorschläge, aus denen sich der Nutzer einen aussucht und ins Mikrofon spricht.



**Vokabellernen soll bei Drops einsprachig funktionieren.** Ein Mix an Übungsformaten sorgt bei dieser App für Abwechslung.



**Sprachlehrer aus aller Welt vermittelt Preply für Einzel- und Kleingruppenunterricht.**

und die Kommunikation zwischen Lehrern und Schülern. Letzteres schützt auch die Privatsphäre beider Parteien.

Dass diese Funktion wichtig ist, zeigen teils problematische Erfahrungen von Nutzern mit anderen Apps zur Vermittlung von Sprachlernpartnern für sogenannte „Sprachtandems“, namentlich **Tandem** und **HelloTalk**. Bei diesen beiden Diensten nehmen zwei Personen direkt Kontakt zueinander auf, um sich gegenseitig beim Sprachenlernen zu helfen. Die beiden Partner kommunizieren per Video-, Sprach- oder Textchat mal in der einen und mal in der anderen Sprache, korrigieren gegenseitig Fehler des anderen und tauschen sich über beliebige Themen aus.

Offenbar kommt es immer wieder vor, dass diese Anwendungen als Dating-Apps missverstanden werden. Auf der Bewertungsplattform Trustpilot finden sich Erfahrungsberichte, in denen insbesondere Nutzerinnen beklagen, belästigt worden zu sein. Außerdem berichten Nutzer von dubiosen Kontakten, deren Ziel vermutlich Identitätsdiebstahl ist.

## Solide Grundlage

Ein Grundpfeiler jedes Fremdsprachen-erwerbs sind solide Vokabelkenntnisse. Fürs Üben haben sich Apps und Webdienste bewährt, die das Arbeiten mit Karteikarten digital nachbilden. Mit den Karten fragt man sich selbst ab. Der virtuelle Karteikartenkasten sollte mehrere Fächer haben, um bereits gelernte von noch nicht eingeprägten Vokabeln zu trennen. Was schon „sitzt“, wandert ein Fach weiter und wird erst später erneut abgefragt; was noch unbekannt ist, bleibt vorne im ersten Kastenfach und kommt bald wieder dran.

Diese sogenannten Flashcard-Apps haben wir zuletzt 2021 getestet [2]. Sie unterscheiden sich in ihren multimedialen Fähigkeiten, dem Bedienkomfort sowie darin, wie viel Lernmaterial bereits als Kartenset vorhanden ist. Einige lassen sich

auch offline nutzen, was von Interesse sein kann, falls Sie vor allem Fahr- und Wartezeiten unterwegs zum Büffeln nutzen wollen. Vollversionen kosten zwischen 20 und 160 Euro pro Jahr. Wichtig: Nehmen Sie sich etwas Zeit und probieren Sie die kostenlosen Testversionen der Vokabeltrainer aus, bevor Sie sich festlegen – ein späterer Wechsel ist mühsam, weil jede App ihr eigenes Datenformat hat, in dem sie Karteninhalte ablegt.

Die App **Anki** hat eine große Community. Daher gibt es dafür im Web bereits sehr viele Sammlungen mit ausgefüllten Karten für viele Lerngebiete. Ein Klassiker

This isn't a dating app.  
It is for language exchange.  
I've been  
with my boyfriend for 2 years.  
Please stop asking me if I'm single.  
I'm very happy.

147 likes, 30 comments

Комментарии

Ming CN - EN  
Grandpa is happy to see your adorable photo 😊

**HelloTalk ist eine Art soziales Netzwerk für Sprachlerner, die Konversationspartner suchen. Manche Nutzer wechseln es offenbar mit einer Dating-Plattform.**

zum Vokabellernen ist **Phase6**, das insbesondere für Schüler interessant ist, weil viele Schulbuchverlage die Vokabellisten zu ihren Lehrwerken für diese App aufbereitet anbieten.

**Brainyoo, Card2Brain, Repetico** und **StudySmarter** sind allgemeine Karteikarten-Apps, mit denen man Vokabeln, aber auch Geschichtszahlen, Formeln oder physikalische Gesetze lernen kann.

Falls Sie insbesondere Ihre Aussprache mit der Vokabel-App trainieren möchten, sollte sie Audiobeispiele mitbringen, die von Muttersprachlern eingesprochen wurden; in manchen Apps kommt stattdessen eine synthetische Stimme zum Einsatz, die mitunter bei der Betonung patzt und auf Dauer auch weniger angenehm für den Zuhörer ist. Bei **Mosalingua** sprechen Muttersprachler, und zwar auch auf Russisch, Portugiesisch und Chinesisch. Die App animiert zum Nachsprechen und zeichnet das Gesagte auf. Die Aufnahme kann der Lerner direkt mit der Referenz vergleichen.

Die Vokabel-App **Memrise** vermittelt korrekte Aussprache durch kurze Videos aus der Community. Muttersprachler sprechen darin Vokabeln und demonstrieren mimisch oder per Körpersprache deren Bedeutung. **Drops** bietet eine große Auswahl an Sprachen und die Möglichkeit, die Sprechgeschwindigkeit zu verlangsamen.

## Stiefkind Grammatik

Ein weiteres leidiges Thema neben dem Vokabellernen ist die Grammatik. Online-Unterricht ist die offensichtliche Wahl, doch es lohnt auch ein Blick auf Programme wie **Grammarly** oder **LanguageTool**. Beide Programme sind dazu gedacht, die Texte von Büroarbeitern in puncto Rechtschreibung, Grammatik und Stil zu verbessern.

Für Spanischlerner kommen alternativ auch die Rechtschreib- und Grammatikprüfer **SpanishChecker** und **Correcto** infrage. Für Französisch gibt es **BonPaton**. Auch **Grammalecte** verbessert Stil und Grammatik französischer Texte; die Open-Source-Software gibt es als Add-in für LibreOffice, OnlyOffice, Firefox und Chrome. **Antidote** gibt es für Französisch und Englisch, **PerfectIt** korrigiert nur in englischen Texten Rechtschreibung, Grammatik und Stil. Wer insbesondere das freie Schreiben üben möchte, kann von solchen Korrekturprogrammen profitieren. Allerdings: Kommerzielle Helfer dieser Art sind eigentlich für Firmenkunden gedacht – der Preis dafür übersteigt

möglicherweise das Budget privater Sprachschüler.

### Lesen und Hören intensiv

Es empfiehlt sich bereits für Anfänger, nach geeigneter Lektüre in der Wunschsprache Ausschau zu halten. Ganz gleich, ob Sie in fremdsprachigen Ausgaben der **Wikipedia** schmökern, beim **Projekt Gutenberg** fündig werden oder mit dem kleinen Prinzen, Tom Sawyer oder Pippi Langstrumpf im Original in Jugenderinnerungen schwelgen – alle unbekannten Wörter, die Ihnen dabei unterkommen, sollten Sie nachschlagen. Dabei leisten digitale Wörterbücher oder Apps zum Übersetzen [3] gute Dienste, die es als Web-Anwendung und als Apps für iOS und Android gibt. Kostenlos werbefrei nutzbar sind etwa der **DeepL Übersetzer**, **Google Übersetzer**, **Microsoft Übersetzer** – die beiden letztgenannten arbeiten für gebräuchliche Sprachen auch offline – sowie **Say Hi** von Amazon. Auch mit Kindle & Co. kann man Texte über nachinstallierbare Wörterbücher nachschlagen oder übersetzen.

Mit den **Interaktiven Hörbüchern** von digital publishing trainiert man sowohl Lesefertigkeit als auch Hörverständnis. Es handelt sich um ein Paket aus Audio-CD, Buch und CD-ROM. Die enthält die Audiodaten plus Text zum Mitlesen am PC-Bildschirm. Das Blog [www.sprachheld.de](http://www.sprachheld.de) hat zwei Listen mit für Sprachlerner empfehlenswerten Podcasts und YouTube-Kanälen zusammengestellt. Inhaltlich ist darin für jeden etwas dabei.

Wer ein visueller Typ ist, sollte einen Blick auf **FluentU** werfen: Der Dienst bietet eigens zum Sprachenlernen aufbereitete Videos und Audiodateien samt Untertiteln an. Die so gelernten Vokabeln wie-

**Eine Fundgrube für fortgeschrittene Französischlerner: die Culturethèque des Institut français.**



derholt und festigt man anschließend mit kleinen Übungen. Ein Blick ins kostenlose Schnupperangebot von FluentU lohnt sich auf jeden Fall. In der App **LinguaTV** startet jede Einheit mit einem Video, das einen Dialog enthält oder ein Grammatikthema erklärt. Die Videos enthalten Untertitel in Form von Sprechblasen.

### Das Web als Lehrer

Viele Länder haben ein Interesse daran, ihre Landessprache über ihre Grenzen hinaus bekannt zu machen. Das **British Council** bietet beispielsweise Englischkurse und Lernmaterial an, einiges davon kostenlos. Eine weitere gute Anlaufstelle für Englischlerner ist **Cambridge Englisch**. Auf dieser Website gibt es Lernmaterial zur Vorbereitung auf die diversen Cambridge-Zertifikate und auf die IELTS (International English Language Testing System)-Tests.

**Institut français** ist nicht nur der Name etlicher Sprachenschulen in Deutschland – die gleichnamige, von der französischen Botschaft betriebene Webseite bietet Online-Einstufungstests und -Sprachkurse, aber auch die kostenpflichtige digitale Plattform **Culturethèque**. Diese Mediathek umfasst mehr als

200.000 französischsprachige Romane, Comics, Zeitungen und Zeitschriften sowie Dokumentarfilme.

Für Spanischlerner lohnt sich ein virtueller Besuch beim **Instituto Cervantes**, das außer Sprachkursen auch Prüfungen für das „Diploma del Español como Lengua Extranjera“ (DELE) organisiert. Italienischfans werden bei der **Società Dante Alighieri** fündig und das **Instituto Camões** möchte die portugiesische Sprache und Kultur im Ausland fördern.

### Fazit: Mix & Match

Rund um Fremdsprachen gibt es ein schier unüberschaubares Angebot an Materialien zum Lernen, generellen Lernhelfern und Apps für Spezialzwecke. Es empfiehlt sich, vieles auszuprobieren und neugierig zu bleiben. Was den eigenen Lernvorlieben entspricht und auf dem Weg zum persönlichen Lernziel nützlich ist, darf bleiben.

Eine klassische Sprachlern-App sollte beim Software-Mix dabei sein, denn sie gibt eine Struktur vor und motiviert dazu, regelmäßig zu üben. Dazu ist für Anfänger auf Level A1 oder A2 ein Vokabeltrainer Pflicht. Wer vor dem Urlaub vor allem einfache Konversation meistern möchte, wählt einen Trainer, der auch Phrasen und kurze Sätze paukt. Spätestens ab B1 sollte die Lektüre längerer Texte auf dem selbstgemachten Stundenplan stehen, wobei das konsequente Nachschlagen unbekannter Wörter hilft, den Wortschatz auszubauen. Um das aktive Sprechen zu trainieren, ist (Online-)Unterricht der beste Weg. (dwi@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] André Kramer, Polyglott unterwegs, Neun Apps, um überall Sprachen zu lernen, c't 08/2019, S. 132
- [2] Anke Brandt, Andrea Trinkwalder, Dorothee Wiegand, Profi-Pauker, Clever lernen mit Karteikarten, c't 18/2021, S. 118
- [3] Dorothee Wiegand, Allesversteher, Fünf kostenlose Apps zum Übersetzen im Test, c't 12/2022, S. 108

**Online-Tests, alle genannten Apps und Websites:** [ct.de/y752](http://ct.de/y752)

**Beliebte Decks**

- 4000 Essential English Words
- 173247 Downloads 3871 Karten
- Essential Idioms in English
- 137544 Downloads 468 Karten
- AnKing Step 1 V8
- 109539 Downloads 32282 Karten
- AnKing Step 1 V9
- 101286 Downloads 16979 Karten
- MCAT Milesdown
- 95508 Downloads 2887 Karten
- English Grammar In Use Activities
- 79458 Downloads 3606 Karten

**Für die Karteikarten-App Anki existieren viele von der Community erstellte Kartensets, darunter auch jede Menge mit fremdsprachigen Vokabeln.**

# Pixel-Papiertiger

## Mini-PC NUC 12 Enthusiast mit Intel-Grafik Arc A770M

**Mit dem kompakten Rechner NUC 12 Enthusiast will Intel Gamer und Kreativanwender zugleich ansprechen. Wir prüfen, wie spieletauglich Intels schnellste Mobil-GPU ist.**

Von Christian Hirsch

Unter der Serie Next Unit of Computing bietet Intel schon länger nicht mehr nur superkompakte Office-PCs an, sondern auch Gaming-Systeme in etwas größerer Bauform. Im NUC 12 Enthusiast Kit „Serpent Canyon“ sitzt erstmals eine Kombination aus Mobilprozessor und Mobilgrafikkarte, die beide von Intel stammen. Der 14-Kerner Core i7-12700H „Alder Lake H“ und die Mittelklassekarte Arc A770M „Alchemist“ sollen genug Leistung für grafisch anspruchsvolle Spiele in Full HD liefern. Aber Intel verspricht auch ausreichend Power für Kreativwendungen wie Videoschnitt.

Der keksdosengroße Rechner lässt sich liegend oder mit dem mitgelieferten Fuß aufrecht stehend betreiben. Aus Platzgründen setzt Intel auf ein klobiges externes 330-Watt-Netzteil, das ein Drittel so groß wie der Mini-PC selbst ist. Den NUC 12 Enthusiast bietet der Hersteller wahlweise als Barebone-Kit zum Selbstbestücken oder wie von uns getestet als Komplettsystem mit 16 GByte DDR4-RAM, 1-TByte-SSD und Windows 11 Home an.

### Aufgebohrte Power-Limits

Für den Betrieb fehlen noch Tastatur, Maus und Monitor. Der Mini-PC bespielt insgesamt fünf Displayanschlüsse. Zwei DisplayPorts und ein HDMI-Ausgang hängen an der Arc A770M, die beiden Thunderbolt-4-Buchsen erhalten die Bilddaten von der im Prozessor integrierten Xe-Grafik-

einheit. Beide GPUs arbeiten in einem Hybrid-Verbund. Zu den weiteren Schnittstellen der schwarzen Spielebox gehören 2,5-Gbit/s-Ethernet sowie eine kombinierte analog-optische 3,5-mm-Klinkenbuchse und ein SDXC-Kartenleser.

Die linke Gehäuseabdeckung ist teiltransparent. Darunter hat Intel eine per Windows-Software in der Farbe einstellbare RGB-LED-Leuchtfläche gepackt. Löst man die sechs Schrauben des Seiten-teils, offenbart sich dahinter eine Halterung für die mitgelieferten Schablonen mit verschiedenen Motiven.

Hinter der Leuchtfläche sitzt wiederum von weiteren sechs Schrauben gehalten eine Metallblende. Sie schirmt die beiden SODIMM-Steckplätze und die drei M.2-Slots für SSDs ab. Zwei davon nehmen NVMe-SSDs mit PCIe-4.0-Schnittstelle auf. Der dritte Slot kann solche mit PCIe 3.0 und SATA 6G ansteuern. Der Core i7-12700H sowie die Arc-770M-GPU mit ihren 16 GByte GDDR6-RAM sind auf der Rückseite des Boards aufgelötet und nicht zugänglich.

Nach dem Einschalten benötigt der Rechner trotz rasend schneller PCIe-4.0-SSD über eine halbe Minute bis zum Windows-Desktop. Das schaffen viele andere Rechner schneller. Während das System das UEFI initialisiert, starrt einem vom Bildschirm ein Totenkopf mit rot pulsierenden Augen an.

Im Core i7-12700H rechnen sechs Performance- und acht Effizienzkerne mit bis zu 4,7 GHz Takt. Die nominelle 45-Watt-CPU betreibt Intel im NUC 12 Enthusiast mit einem deutlich höheren Dauerlast-Power-Limit von 80 Watt. Für 48 Sekunden darf er bis zu 100 Watt verheizen. Deshalb liegt die Performance beim Rendering-Benchmark Cinebench R23 ungefähr auf dem Niveau der Desktop-CPU Core i7-12700. Damit eignet sich der Mini-PC auch für anspruchsvollere Aufgaben wie Videoschnitt oder die Entwicklung von Raw-Fotos.



### Grafik mit Zipperlein

Bei der Arc A770M handelt es sich um die leistungsstärkste Variante von Intels aktuellen Mobilgrafikkarten. Sie besteht aus der von TSMC in 6-Nanometer-Technik gefertigten DG2-GPU im Vollausbau mit 512 Execution Units und 4096 Shaderkernen sowie 16 GByte GDDR6-Speicher, der über 256 Datenleitungen angebunden ist. Im NUC 12 Enthusiast betreibt der Hersteller den Grafikchip mit einem Power-Limit von 117 Watt.

Intels erste Gaming-Grafikkarten seit über 20 Jahren offenbaren in der Praxis einige Kinderkrankheiten. Im synthetischen 3DMark Firestrike liegt die Arc 770M mit 23.626 Punkten knapp vor der Desktop-Variante der Radeon RX 6600 (22.300 Punkte), die unter anderem in unseren aktuellen PC-Bauvorschlägen sitzt [1].

Bei Shadow of the Tomb Raider mit Full-HD-Auflösung und hoher Grafikqualität muss sich die Arc 770M dieser Karte jedoch mit acht Prozent Rückstand geschlagen geben. Bei Assassins Creed Odyssey bricht die Arc 770M auf die Hälfte der Bildrate der Radeon RX 6600 ein. Und das, obwohl die Intel-GPU doppelt so viele Shader mitbringt. Die Intel-Programmierer haben wohl noch eine Menge Arbeit an den Grafiktreibern vor sich.

Wie bei Notebooks hängt die 3D-Performance zudem davon ab, ob das Display an einem Ausgang der Grafikkarte oder der im Prozessor integrierten GPU hängt. Bei den beiden Thunderbolt-4-Ports, die an die Xe-Grafik der CPU angebunden sind, müssen die Bilddaten von der Arc

A770M einen Umweg über PCI Express zum Prozessor nehmen, was im 3DMark zwölf Prozent Performance kostet. Bei Shadow of the Tomb Raider beträgt der Unterschied 19 Prozent.

Auch auf CPU-Performance und Leistungsaufnahme wirkt sich der jeweils verwendete Monitoranschluss aus. Mit Display an Thunderbolt 4 schluckt der NUC 12 Enthusiast bei ruhendem Windows-Desktop lediglich 21 statt 37 Watt am DisplayPort. Vermutlich funktionieren die Energiesparmodi der Arc A770M nicht richtig, wenn an ihr ein Monitor angeschlossen ist. Dadurch heizt sich das System stärker auf und die CPU rechnet im Cinebench R23 rund zwei Prozent langsamer.

Der Multimonitorbetrieb mit fünf 4K-Displays funktioniert hingegen problemlos. Wie auch bei anderen Grafikkarten liegt die Leistungsaufnahme mit 58 Watt dabei höher. Keinen Anlass zur Kritik geben die eingebaute Kingston-SSD mit einer Lesegeschwindigkeit von 6,9 GByte/s, die USB-Ports (1 GByte/s) und das Ethernet (298 MByte/s). Die analoge Audioqualität der rückseitigen 3,5-mm-Klinkenbuchse ist schlecht. Der Dynamikumfang liegt bei gerade einmal 75 dB. Wir empfehlen deshalb, Kopfhörer an die Frontbuchse anzuschließen, die mit 100 dB die bei PCs übliche Qualität liefert.

Im Leerlauf ist der Rechner auch in leisen Umgebungen kaum wahrnehmbar. Unter Last drehen die beiden 6-Zentimeter-Lüfter auf dem Kühlsystem von CPU und GPU hingegen bis auf 2,4 sone Lautheit auf. Weil der kompakte Rechner wohl meist direkt auf dem Schreibtisch stehen wird, sollten Sie fürs Gaming besser Kopfhörer aufsetzen.

## Fazit

Auf der Habenseite des NUC 12 Enthusiast stehen schnelle Schnittstellen und eine gute Prozessorleistung. Den beworbenen Einsatzzweck als Gaming-Mini-PC kann

der NUC 12 Enthusiast aber nicht erfüllen, weil sich die 3D-Performance von Spiel zu Spiel stark unterscheidet und zum Teil weit unter dem liegt, was die Rohleistung der Arc 770M verspricht. Das wiegt umso schwerer, weil Prozessor, Grafikchip und Rechner aus einer Hand von Intel stammen. Mit einem Preis von 1500 Euro für den Barebone und 1750 Euro für den Komplett-PC ist der NUC 12 Enthusiast zudem teuer. Eine Alternative mit ähnlicher

Größe und für den gleichen Einsatzzweck ist die Mini-PC-Serie ZBox Magnus von Zotac mit mobilen GeForce RTX 3060 oder 3070, die eine höhere 3D-Leistung liefern und als Barebone zwischen 1200 und 1600 Euro kosten. (chh@ct.de) **ct**

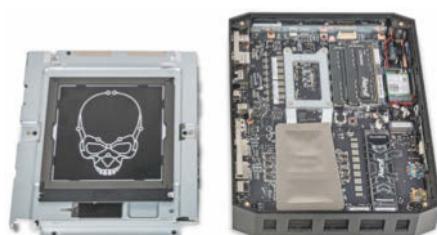
## Literatur

[1] Christian Hirsch, Sparsamer Allrounder, Bauvorschlag für einen 13-Watt-PC, c't 26/2022, S. 26

## Intel NUC 12 Enthusiast Mini PC NUC12SNKi72VA

Kompakter Gaming-PC mit Intel-Arc-Grafikkarte	
Hardware-Ausstattung	
CPU / Kerne (Threads) / Takt (Turbo)	Core i7-12700H / 6P+8E (20) / 2,7 (4,1 bis 4,7) GHz
Lüfter (Regelung)	2 × 6 cm (✓)
RAM (Typ / Max) / -Slots (frei)	16 GByte (DDR4-3200-SODIMM / 64 GByte) / 2 (0)
Grafik (-speicher)	Intel Xe und Arc 770M (16 GByte GDDR6)
Mainboard (Format) / Chipsatz	Intel NUC12SNKi72 (propriätär) / im CPU-SoC
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	3 × M.2-2280 (2 × PCIe 4.0 x4, 1 × PCI 3.0/SATA 6G) (2)
SSD (Typ, Kapazität)	Kingston SFYRS500G (NVMe, PCIe 4.0 x4, 500 GByte)
Kartenleser / Kensington-Lock	SDXC / ✓
Sound-Chip (Chip)	HD Audio (Realtek ALC274)
Netzwerk-Interface (Chip, Anbindung) / TPM	2,5 Gbit/s (Intel i-225LM, PCIe) / fTPM 2.0
WLAN-Interface (Chip, Anbindung)	Wi-Fi 6E (Intel Killer AX1690i, CNVio2)
Abmessungen (B × H × T)	6,4 cm (mit Fuß 18 cm) × 25 cm × 18 cm
Netzteil (Leistung)	LiteOn PA-1331-91, 19,5 Volt, extern (330 Watt)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.0, 2 × DisplayPort 1.4, 1 × Thunderbolt 4 (USB-C), 4 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × LAN, 1 × analog Audio (inkl. optisch SPDIF)
Anschlüsse vorn, oben und seitlich	2 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × Thunderbolt 4 (USB-C), 1 × analog Audio
Betriebssystem / installiert im UEFI-Modus / Secure-Boot	Windows 11 / ✓ / –
Zubehör	VESA-Halterung, LED-Schablonen
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfermessungen und Geräuschenwicklung	
Soft-Off / Energie Sparen / Leerlauf (UHD)	0,5 / 1,3 / 37 W <sup>1</sup>
Volllast: CPU / CPU und Grafik	128 W / 265 W
SSD: Lesen (Schreiben)	7094 (3860) MByte/s
USB 3.2 Gen 2 (10 Gbit/s) Typ-A: Lesen (Schreiben)	1070 (1020) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	297 (298) MByte/s
WLAN 5 GHz (6 GHz): nah / 20 m	188 (199) / 74 (76) MByte/s
SDXC-Card: Lesen (Schreiben)	85 (80) MByte/s
Geräuschenwicklung: Leerlauf / Volllast (Note)	0,1 Sone (⊕⊕) / 2,4 Sone (⊖⊖)
CPU- / GPU-Last (Note)	2,4 Sone (⊖⊖) / 1,8 Sone (⊖)
Funktionstests	
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar	✓ / –
Wake on LAN: Standby / Soft-off	✓ / ✓
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur aus: Standby (Soft-off)	✓ (am gelben Frontanschluss) / ✓ (–)
Bootdauer bis Login	31 s (mit FastBoot 14 s)
4K-Parallelbetrieb (Anschlusstyp)	5 × 60 Hz (2 × DP + HDMI + 2 × TB)
analog Mehrkanalton (Art) / 2. Audiomstrom	n. v. (nur Stereo) / –
Systemleistung	
BAPCo SYSmark 25	1763
Cinebench R23: 1 Thread / alle Threads	1782 / 16708
3DMark Fire Strike	23626 Punkte
Shadow of the Tom Raider, Hoch, DX12, SMAA: Full-HD / WQHD	112 / 82 fps
Assassin's Creed Odyssey, Hoch: Full-HD / WQHD	48 / 46 fps
Bewertung	
Systemleistung: Office / Rendering / Spiele	⊕⊕ / ⊕ / ○
Audio: Wiedergabe / Aufnahme / Front	⊖ / ⊖ / ⊕⊕
Geräuschenwicklung / Systemaufbau	⊕ / ○
Preis / Garantie	1750 € / 36 Monate

<sup>1</sup> an Thunderbolt 4: 21 W ✓ funktioniert – funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden  
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht



Bevor man an RAM und SSD im Inneren des NUC 12 Enthusiast gelangt, muss die LED-Leuchtfläche fürs Logo weichen.

# Unbeschreiblich

## Der E-Book-Reader Kindle Scribe im Großformat mit Schreibstift im Test

**Der Kindle Scribe von Amazon ist E-Book-Reader und digitaler Notizblock in einem – und das im Großformat mit fast DIN-A4-Größe. Außerdem öffnet er sich endlich fürs EPUB-Format und zeigt sogar Word-Dokumente an.**

Von Michael Link

Der 370 Euro teure Kindle Scribe ist ein Riese. Sein E-Paper-Display mit einer Diagonale von knapp 26 Zentimetern (10,2 Zoll) steckt in einem 19,6 × 22,9 Zentimeter großen und 5,8 Millimeter dicken Alugehäuse. Das Display ist asymmetrisch eingepasst, mit einer 2,7 Zentimeter breiten seitlichen Ablagefläche für sehr breite, platt gekloppte Daumen.

Es wiegt ungefähr so viel wie ein aktuelles Tablet gleicher Größe. Der Magnet im 15 Gramm schweren Stift haftet an der Seite des Scribe oder man schiebt den Stift in die Hülle.

### Stiften gehen

Mit dem Eingabestift kann man auf dem Gerät Notizen machen. Legt man dazu Notizbücher an – sogar mit wählbaren Liniennmustern –, ist das so einfach wie auf einem ordinären Schreibblock. Der Kindle Scribe zeigt auch PDFs, beispielsweise Notenblätter. Auf dem großen Display macht das Spaß: Man kritzelt etwas aufs Blatt und – schwups – ist es dort zu sehen. Die Bewegungen des Stiftes werden sehr latenzarm in Schrift umgewandelt. Das kann selbst ein Schreibtablett wie der reMarkable 2 nur einen Hauch schneller [1]. Verglichen mit ihm ist die Displayoberfläche des Scribe etwas glatter, sodass sich das Gefühl, auf echtem Papier zu schreiben, nicht ganz so sehr einstellt.

Der Stift benötigt keinen Strom. In der 30 Euro teureren Premiumversion hat er

einen Knopf, mit dem man beispielsweise auf den breiten grau transparenten Textmarker wechselt. Zum Radieren dreht man den Stift einfach um, wie man es beim guten alten Schulbleistift gemacht hat.

Beim Kritzeln in E-Books und Dokumenten (außer PDFs) muss man – die Älteren unter uns erinnern sich an die Melodie eines Schlagers – aber erst den Nippel durch die Lasche ziehen, dann mit der kleinen Kurbel ganz nach oben dreh'n. Also: erst eine winzige Schaltfläche antippen, dann im ausklappenden Menü einen Stift wählen, dann an die Stelle tippen, die eine Notiz bekommen soll. Dort erscheint ein kleines Zettel-Symbol. Ein aufklappendes Fenster nimmt dann handschriftliche oder per Bildschirmtastatur eingetippte Notizen auf. Schließt man das Eingabefenster, ist nur noch das kleine Symbol zu sehen. Die Notiz klappt erst wieder auf, wenn man es antippt. Über ein Icon in der Menüleiste erscheinen alle Notizen in einer Listenansicht mit Sprungmarken für die korrespondierenden Textstellen. Für die Notizen gibt es einen PDF-Export als Download-Link. Markieren geht gar nicht.

### Offener geworden

Der Scribe zeigt nicht nur E-Books, sondern auch Word-Dokumente an, sogar mit Bildern. Die Schriftgröße skaliert man durch Spreizen der Finger. Bilder werden in Graustufen konvertiert und Dokumente blätterten sich so flott um wie E-Books.

Seit Neuestem kennt der Kindle-Reader auch das verbreitete EPUB-Format. Man kann also woanders gekaufte E-Books in den Kindle bekommen. Dazu schickt man sie an die E-Mail-Adresse seines Kindles. Oder nutzt das „Send-to-Kindle“-Add-on für den Windows-Explorer. Der Import klappte überwiegend, aber nicht mit allen EPUB-Dateien. Die Ursache dafür konnten wir nicht ergründen. Das Senden von EPUB-Dateien via Smartphone-App soll laut Amazon erst später möglich werden.



### Formsachen

Eine Kindle-Baustelle ist der schwache Halt der Magnet-Cover. Mit der Falthülle weckt man das Scribe-Display bequem auf, aber die vier zarten Gummifüßchen des Scribe fixieren das Gerät nicht stabil.

Beim Scribe wischt und klopft man sich mit Touch-Gesten durch die Menüs, außer dem Einschalter gibt es keine Knöpfe. Das Display löst Inhalte mit 300 Punkten pro Zoll auf und man kann seine Helligkeit von „lichtbogengrell“ bis „aus“ regeln, auch angepasst an die Umgebungsbeleuchtung. Auch die Lichtfarbe lässt sich von Hellblau bis Blassgelb einstellen.

Während es bei den E-Book-Readern der konkurrierenden Systeme immer wieder mal kurze Hakler oder Denkpausen beim Bedienen gibt, tauchen diese beim Kindle Scribe kaum auf. Selbst der Kauf eines Buchs ist im WLAN schnell passiert. Den Mobilfunkzugang hat Amazon beim Scribe gestrichen. Stattdessen gibt es ihn auch in einer feisten Speicherausstattung mit 64 GByte (449 Euro), was sich lohnt, wenn man darauf Audio-Bücher, PDFs und Word-Dateien bunkert. (mil@ct.de) ct

### Literatur

- [1] Michael Link, Wie auf Papier, Latenzarm schreiben mit dem E-Ink-Schreib-Tablet reMarkable 2, c't 4/2021, S. 90

### Amazon Kindle Scribe

E-Book-Reader	
Hersteller, URL	Amazon, amazon.de
Abmessungen, Gewicht	196 mm × 226 mm × 5,8 mm, Gerät: 433 g, Stift: 15 g, mit Falthülle: 654 g
Display	E-Ink Paperwhite (25,9 cm Diagonale, 300 dpi)
Konnektivität	WLAN (2,4 GHz b/g/n), Bluetooth (für Audio-Bücher)
Formate	Kindle Format 8 (AZW3), Kindle (AZW), TXT, PDF, ungeschützte MOBI, PRC nativ, HTML, DOC, DOCX, JPEG, GIF, PNG, PMP, EPUB nach Konvertierung; Audible-Audioformat (AAX)
Preis	16 GByte: 369 € (Standard-Stift) / 399 € (Premium-Stift), 32 GByte: 419 € (Premium-Stift), 64 GByte: 449 € (Premium-Stift)

# Zwischen den Stühlen

## Apple iPad 10 mit schneller Hardware im Test



**Das iPad 10 bekommt schnellere Hardware, ein größeres Display und eine raffinierte Tastatur. Doch bei Stift und Preis patzt Apple, deshalb findet das Tablet nur einen kleinen Platz zwischen iPad 9 und Air.**

Von Johannes Schuster und Jörg Wirtgen

Das iPad 10 hat ein neues Design mit größerem Display erhalten. Das Gehäuse ist kantiger als beim Vorgänger iPad 9 und ist 9,4 Millimeter breiter geworden. Die Audiobuchse und der Touch-ID-Button entfallen; entsperrt wird das iPad 10 durch einen Fingerabdrucksensor im Einschaltknopf. Die FaceTime-Kamera sitzt nun an der längeren Kante, praktisch bei Videokonferenzen, wenn man das Tablet quer nutzt. So gehalten erzeugt das Tablet nun einen Stereoeffekt, weil die Lautsprecher in den kurzen Seiten sitzen.

Das IPS-Display wächst gegenüber dem des iPad 9 von 10,2 auf 10,9 Zoll Diagonale mit 2360 × 1640 Pixeln. Es deckt ungefähr den sRGB-Farbraum ab und erfreut mit hohem Kontrast sowie einer maximalen Helligkeit von eingeschränkt sonnentauglichen 445 cd/m<sup>2</sup>.

Statt des zehn Jahre alten Lightning-Ports setzt Apple nun auch bei seiner letzten iPad-Modellreihe USB-C ein – die EU fordert das ab 2024 sowieso. Die Transfergeschwindigkeiten bleiben allerdings unter USB-2.0-Tempo, wir haben knappe 32 MByte/s gemessen. Monitore konnten wir daran mit maximal 4K bei 30 Hz oder 2560 × 1440 bei 60 Hz betreiben.

Das iPad 10 ist weiterhin nur mit dem alten Apple Pencil 1 kompatibel, der bisher zum Laden und Koppeln in der Lightning-Buchse stecken musste. Nun benötigt man einen zusätzlichen Adapter: Der Stift kommt in den Adapter, der Adapter aufs USB-C-Kabel, das USB-C-Kabel ins Tablet – umständlicher gehts nicht. Einzeln kostet der Adapter 10 Euro, neuen Pencil 1 – die Apple um 20 Euro auf 119 Euro verteuert hat – liegt er bei.

Die weitwinklige Hauptkamera nimmt nun 12 statt 8 Megapixel und 4K-Videos mit 60 Bildern pro Sekunde auf. Fotos sehen farbkräftig und sehr detailscharf aus, auch in HDR. Blitz und Digital-Bokeh sucht man allerdings vergeblich.

### Schneller A14, 5G und Wi-Fi 6

Der Prozessor ist der A14 Bionic aus dem iPhone 12 mit vier Energiespar-, zwei Hochleistungs- und 16 KI-Kernen. Damit ist iPad 10 in etwa so schnell wie das iPad Air 4 aus 2020 und bringt genügend Power für alle Alltagsaufgaben und die meisten Spiele mit. Neu sind außerdem Wi-Fi 6 alias IEEE 802.11ax und bei den Cellular-Modellen 5G.

Die Laufzeiten haben sich allerdings aufgrund eines gegenüber dem Vorgänger kleineren Akkus verschlechtert, reichen aber für einen Arbeitstag. Als Ladegerät liegt weiterhin ein gemächliches 20-Watt-Exemplar bei.

Apple bietet die neue Tastatur „Magic Keyboard Folio“ mit Funktionstastenreihe, Esc-Taste und Trackpad für happy 299 Euro an. Sie besteht aus zwei Teilen: Das Rückenteil haftet magnetisch und hat einen klappbaren Deckel, den man als Aufsteller mit flexiblem Winkel nutzen kann. Der Tastenteil schnappt mit seiner Gummilasche an den Smart Connector des iPad 10 an. Die Tasten besitzen einen ange-

nehm strammen Hub, sie liegen im 18-Millimeter-Raster näher beieinander als bei Desktop-Tastaturen.

### Fazit

Die Tastatur hat Apple verbessert, die Hardware beschleunigt – das iPad 10 ist ein passables Mittelklasse-Tablet. Gegen das iPad 10 sprechen der hohe Preis von 579 Euro für die 64-GByte-Version und die vermurkte Stiftanbindung. Attraktiver als Einstieg in Apple-Tablets ist daher das weiter erhältliche iPad 9, das Apple allerdings auf 429 Euro verteuert hat. Auf der anderen Seite ist das iPad Air 5 ein starker Kompakt: Für 190 Euro mehr bietet es das bessere Display (laminierte Scheibe, Farbraum DCI-P3), den noch schnelleren Prozessor (M1) und Unterstützung für den überlegenen Pencil 2. Nur auf die praktische Tastatur des iPad 10 muss man beim 9 und Air verzichten – oder sich bei anderen Herstellern umschauen.

(jow@ct.de) ct

## Apple iPad 10 (2022)

Tablet	
Hersteller, URL	Apple, apple.de
Display	IPS-LCD, 10,9 Zoll (27,7 cm), 2360 × 1640, sRGB
Prozessor	Apple A14 (6 Kerne, 4 Grafikkerne)
Speicher	4 GByte RAM / 64, 256 GByte Flash
WLAN / Bluetooth	Wi-Fi 6 / Bluetooth 5.3
Mobilfunk (5G-Modell)	GPS, 5G, Nano-SIM, eSIM
Akku / Ladegerät	Lithium-Polymer (28,6 Wh) / 20 Watt
Abmessungen (B × H × T)	249 mm × 180 mm × 7 mm
Anschlüsse / Gewicht	USB-C / 477 g (Wi-Fi), 481 g (5G)
Rückkamera	12 MP, f/1,8, Videos 4K mit 60 Hz
Frontkamera	12 MP, f/2,4, Folgemodus, Videos 1080p mit 60 Hz
Preise / Aufpreis	579 € (64 GByte), 779 € (256 GByte) / 200 €



## Monitor-Heuchler

**Ein HDMI-EDID-Emulator gaukelt der Grafikkarte vor, dass ein Display mit bestimmter Auflösung und Bildwiederholrate angeschlossen ist. Das hilft bei der Lösung verzwickter Probleme.**

Per Extended Display Identification Data (EDID) meldet ein PC-Monitor oder Beamer dem Grafikprozessor (GPU), welche Auflösungen und Bildraten er darstellen kann. Die EDID dienen also dazu, Monitore automatisch zu konfigurieren, und fließen durch dasselbe Kabel wie die zugehörigen HDMI-, DisplayPort- oder DVI-Bildsignale.

Ein EDID-Emulator leitet letztere durch und sendet unabhängig vom angeschlossenen Bildschirm bestimmte Identifikationsdaten. Dadurch bemerkt die GPU beziehungsweise ihr Treiber weder, welche native Auflösung ein Display hat, noch, ob es überhaupt angeschlossen ist. Das verhindert beispielsweise bei Multimonitorkonfigurationen, dass sich beim Defekt eines Bildschirms die Anzeige der restlichen verändert. Ein EDID-Emulator kann außerdem helfen, wenn Probleme beim Umschalten zwischen mehreren Displays auftreten, beim

Betrieb eines Rechners ohne Monitor oder bei Geräten mit HDMI-Ausgang, dessen Bildparameter man nicht manuell einstellen kann.

Wir haben zwei EDID-Emulatoren getestet, die als Zwischenstecker das HDMI-Signal durchleiten. Der Fueran-Emulator (gekauft bei Amazon) soll stets Full HD mit 59 Hz melden, bei unserem Exemplar waren es aber 60 Hz. Das ist aber nur dann ein Nachteil, wenn man unbedingt 59,94 Hz zur Vermeidung von Mikrorucklern einstellen will.

Full HD mit 60 Hz sendet auch der Delock DA-70466 im Werkszustand. Er kann stattdessen auch die EDID eines anderen Displays kopieren. Dazu schließt man letzteres an und trennt es kurz darauf wieder vom Emulator, dessen helle blaue LED dann blinkt. Stellt man die Verbindung innerhalb von 10 Sekunden wieder her, speichert der Digitus-Emulator die EDID des Monitors und sendet sie an die Grafikkarte. Dabei leuchtet die LED dauerhaft. Das haben wir mit vier verschiedenen Monitoren mit den Auflösungen 720p (1280 × 720), Full HD (1920 × 1080), (UWQHD) 3840 × 1600 und 4K (3840 × 2160) erfolgreich getestet. Der Emulator leitete 4K-Signale mit 60 Hz reibungslos durch.

Auch wenn ein EDID-Emulator zwischen PC und Monitor sitzt, kann man über die üblichen Konfigurationsfunktionen des Grafiktreibers oder Betriebssystems niedrigere Auflösungen und Bildwiederholraten manuell einstellen, falls gewünscht. EDID-Emulatoren sind allerdings tückisch, wenn sie der GPU Parameter für Auflösungen senden, die der jeweils angeschlossene Monitor nicht anzeigen kann: Dann erscheint kein Bild. Die Emulatoren funktionieren wie erwartet, sind aber Problemlöser für Spezialfälle. (ciw@ct.de)



## Für große Pranken

**Die Split Pad Compact getauften Controller von Hori für Nintendos tragbare Spielkonsole Switch sind größer als die Joy-Cons und verbessern das Spielerlebnis für Erwachsene.**

Unterwegs steuert man Switch-Spiele über die seitlich ansteckbaren Joy-Con-Controller. Die sind aber vergleichsweise klein. Für Kinder ist das kein Problem, doch große Erwachsenenhände verkrampfen schnell. Damit das nicht passiert, bietet Hori eine breitere Alternative mit größeren Knöpfen und Sticks an. Diese ist mit der Switch und der OLED-Switch kompatibel.

Nach dem Auspacken fällt gleich das geringe Gewicht auf. Doch das zeugt keineswegs von minderer Qualität: Trotz der Plastik-Haptik fühlen sich die Controller sehr robust an und sie sitzen stabil in den seitlichen Schienen der Konsole – es wackelt (fast) nichts.

Die Switch liegt mit den größeren Controllern deutlich besser in den Händen. Dank der angerauten Rückseite rutscht die Konsole auch in hektischen Spielabschnitten nicht weg. Die Sticks und Knöpfe sind gut zu erreichen und Eingaben wurde in unserem Test verlässlich erkannt.

Auf der Rückseite befinden sich zwei Knöpfe, denen man Befehle zuweisen kann. Außerdem gibt es eine Turbo-Funktion. Leider haben die Controller trotz vergleichsweise hohem Preis keine Vibrationsmotoren, keine Bewegungssensoren und keine NFC-Schnittstelle. Diese Features sind aber nicht spielentscheidend. Vor allem Menschen mit großen Händen sollten sich die Joy-Con-Alternative anschauen. (des@ct.de)

## HDMI-EDID-Emulatoren

Modell	4K HDMI EDID Emulator (DA-70466)	HDMI Edid Emulator Pass-through
Hersteller, URL	Digitus, digitus.info	Fueran (Amazon)
max. Auflösung/Bildwiederholfrequenz	4K (3840 × 2160) / 60 Hz	Full HD (1920 × 1080) / 59 Hz
EDID veränderbar	✓	–
Preis	12 €	19 €

## Hori Split Pad Compact

Controller für Nintendo Switch	
Hersteller, URL	Hori, hori.co.uk
Kompatibilität	Nintendo Switch, OLED-Switch
Besonderheiten	zwei zuweisbare Tasten, Turbofunktion
Preis	55 €



## Sonne 2 go

**Jackerys Solargenerator 500 speichert Solarstrom vom mobilen Panel direkt in einen Akku-Henkemann und liefert Strom für unterwegs.**

Die Powerstations von Jackery gibt es mit 240, 500 oder 1000 Wattstunden Kapazität. Wir testeten den Explorer 500, den Jackery in Kombination mit dem faltbaren Solarpanel „SolarSaga 100W“ als Solargenerator verkauft. Beide Komponenten sind auch einzeln erhältlich.

Der Akkublock mit stabilem Tragegriff wiegt etwa 6 Kilogramm. Somit kann man ihn praktisch überall mit hinnehmen und flexibel einsetzen. Er gibt Strom per Schuko- oder Kfz-Steckdose sowie via USB ab. Alle drei Bereiche lassen sich getrennt über einen Taster an der Powerstation aktivieren. Seitlich hat Jackery noch eine Leselampe untergebracht.

Über das mitgelieferte Netzteil lädt sich der Explorer am schnellsten auf. Komplett entladen benötigte er im Labor 8,5 Stunden, um auf 100 Prozent zu kommen, wobei das Akkumanagement die Ladeleistung bei etwa 95 Prozent deutlich herunterregelt. Über das Solar-Panel füllt sich der Akku deutlich langsamer: Es lieferte im Praxistest selbst im Hochsommer maximal 80 Watt und wir brauchten im Schnitt meist zwei Tage, um den Akku komplett zu befüllen. Die Ladeleistung ist natürlich stark von der Position des aufgefaltet 53 × 122 Zentimeter großen Panels (und vom Wetter) abhängig.

Die Gesamtkonstruktion sollte man stets im Auge behalten, denn das SolarSaga ist nicht wasserfest. Auf der Rückseite hat das Panel einen Ladeport für je ein USB-A- und ein USB-C-Gerät, sodass der Strom bei einfallender Sonne direkt in Smartphone, Notebook und Co. fließen kann, auch ohne Umweg über den Generator. Mit

dem Batterieblock wird es über eine etwa drei Meter lange Zuleitung verbunden.

Die Herstellerangabe von rund 500 Wattstunden Kapazität konnten wir im Labor bestätigen. Die Schukosteckdose lieferte in Spitze 650 Watt für 20 Sekunden und ließ sich mit einer Dauerlast von 450 Watt betreiben. Die USB-Anschlüsse geben maximal 18 Watt. Schnellladetechniken oder USB Power Delivery beherrschen sie allerdings nicht – unzeitgemäß, vor allem weil praktisch alle neuen Notebooks per USB-C laden.

Im Hochsommer überhitzte das System mitunter. Steht der Explorer in der prallen Sonne, während er geladen und/oder entladen wird, greift der Hitzeschutz ein und schaltet das Gerät ab. Gewarnt wird man zuvor nur vom deutlich fauchenden Lüfter (4,4 sone). Letzterer drehte im Labor schon bei einer Dauerlast von 250 Watt auf der 230-Volt-Schiene auf 4 sone auf. Hängen nur ein paar Kleingeräte an den USB-Anschlüssen, schnurrt der Explorer leise vor sich hin. Gesellen sich größere Kaliber wie Notebooks, ... dazu, kann es schon mal lauter werden.

Der Solargenerator 500 wird wegen der hohen Anschaffungskosten kaum helfen, Energiekosten zu sparen. In der Zombieapokalypse genügt er bestenfalls als Notlicht und um ein paar Smartphones zu laden. Ein praktisches Gadget für reiselustige Zeitgenossen ist er allemal. (sha@ct.de)

## Jackery Solargenerator 500

### Powerstation mit Solarpanel

Hersteller, URL	Jackery, jackery.com
Akkutyp / Kapazität	Li-Ion (NMC) / 0,5 kWh
Abmessungen	30 cm × 19,5 × 24 cm
Lautheit	4 sone
Anschlüsse	1 × Schuko (230V), 3 × USB-A (5V), 1 × kfz (12V), 2 × Rundstecker (12V)
Preis	950 €

## Genial verbunden –

**Der wertvolle Boost für Ihr Netzwerk!**

+ GRATIS Online-Kurs im Wert von 99,- €

Wie baut man in der Firma oder zu Hause leistungsfähige Netzwerke, welche Elemente müssen modernisiert werden, wie hält man sie in Gang? Diese Fragen beantwortet Ihnen das Sonderheft c't Admin 2022.

- ▶ Was das große Gratis-Update FritzOS 7.50 bringt
- ▶ Vernetzen mit Funk und Kabel
- ▶ Glasfaseranschluss richtig auswählen
- ▶ Schwachstellen im Netz finden
- ▶ Active Directory beherrschen
- ▶ inkl. GRATIS-Onlinekurs Active Directory mit 47 Lektionen

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

shop.heise.de/ct-admin22

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



# Auf der hohen Kante

## Samsungs drehbares Smart TV GQ55QN-85B für Quer- und Hochformate im Test

**Samsung hat seinem Neo-QLED-Fernseher GQ55QN85B einige nützliche Updates verpasst. Das Display lässt sich ins Hochformat drehen, es bietet praktische Sonderfunktionen für Gamer und dazu ein äußerst ansehnliches Bild.**

Von Ulrike Kuhlmann

Der 55-zöllige GQ55QN85B hat ein farbstabiles IPS-Panel mit lokal dimmbarem Backlight aus Mini-LEDs, die in 540 Zonen gruppiert sind. Der Kontrast ist mit über 1000:1 sehr hoch. Partiell fällt der In-Bild-Kontrast noch deutlich höher

aus, sofern Weiß und Schwarz jeweils in unterschiedlichen Zonen liegt. Beim Übergang zwischen den Zonen zeigen Objekte am Schirm allerdings eine helle Aura. Um diesen Effekt zu vermeiden, bräuchte er viel mehr dimmbare Segmente im Hintergrundlicht oder ein OLED, das auf Pixelebene dimmt.

Wie bei Samsung bislang üblich, unterstützt der Fernseher HDR10 und HDR10+, aber kein Dolby Vision. Unabhängig davon gefiel uns die Wiedergabe kontraststarker HDR-Inhalte sehr gut, das Display zeigt eine beeindruckende Bildtiefe, für die satten Farben sorgen Quantenpunkte im Backlight. Gute Bildqualität bekommt man auch beim Fernsehen im Standard-Kontrastformat, zumindest wenn die gesendeten Bilder in ausreichender Qualität und HD-Auflösung ankommen.

### Ins Hochformat gedreht

Ein LCD-TV aus Samsungs QN85-Reihe haben wir bereits in Ausgabe 25/2021 getestet. Dass wir uns das Smart TV erneut anschauen, liegt an den neuen Funktionen des Geräts. Besonders bemerkenswert finden wir die Rotationsmöglichkeit: Wenn man das Display um 90 Grad ins Hochformat dreht, wird der Bildinhalt und der Homescreen nebst Einstellmenü automatisch mitgedreht. Sinnvoll ist die Drehfunktion für hochformatige Fotos und Videos: Wenn man diese vom Mobilgerät streamt, erscheinen sie schirmfüllend am großen TV. Das macht ordentlich was her.

Für die Drehung des Displays ins Hochformat benötigt man entweder eine passende Wandhalterung oder einen Standfuß mit Drehgelenk. Beides bietet der Hersteller als Zubehör an. Der im TV eingebaute Lagesensor versteht nur die Drehung im Uhrzeigersinn.

Beim Streamen unterscheidet man zwei Varianten: Wer Inhalte von YouTube über das Casting-Symbol an der Mobil-App zum TV schickt, übermittelt dabei lediglich eine URL, die das TV übernimmt und den Inhalt dann selbst aufruft. Das Smartphone kann anschließend ausgeschaltet werden. Das funktioniert mit allen Smartphones. Die hochformatigen YouTube Shorts konnten wir dagegen nur mit einem Samsung-Smartphone ans TV spiegeln. Bei einem Pixel-Smartphone von Google mit unverdorngeltem Android wurde die Verbindung zum TV stets mit einem kurzen Hinweis abgebrochen. Mit Samsungs Smart View gelang die Übertragung der Shorts und anderer Hochformat-Videos etwa von TikTok problemlos. Allerdings ist das Casting per Smart View derzeit Samsung-Mobilgeräten vorbehalten.

Am klassisch querformatigen TV-Schirm lässt sich der Smartphone-Inhalt neben das TV-Bild spiegeln, etwa um beim Tatort mit Freunden zu chatten. Der Multi View genannte Modus klappte im Test auch mit Googles Pixel-Handy. Um den Inhalt des Mobilgeräts am 55-zölligen TV gut lesen zu können, braucht man aber entweder Adleraugen oder muss näher ans TV rücken.

Das Smart TV lässt sich mit der Google Meets-App (ehemals Google Duo) auch ohne PC als Videokonferenzmonitor nutzen. Im Test rief das TV aber nicht alle Konferenzteilnehmer an. Samsung verspricht, dass man innerhalb der Meets-App die Kamera des Smartphones als Webcam einsetzen kann. Das ist uns im Test

wiederum nur mit einem Samsung-Smartphone gelungen, mit dem Google Pixel kam keine Verbindung zustande. Wer kein Samsung-Handy besitzt, kann stattdessen eine Webcam an den USB-Port des TVs anschließen. Samsung empfiehlt dafür die hauseigene Samsung SlimFit-Kamera oder eine Logitech-Webcam; letzteres funktionierte problemlos. Die ebenfalls versprochene Unterstützung von Microsoft Teams haben wir in den Apps des GQ55QN85B nicht gefunden.

## Gaming-Spaß

Für Gamer bietet sich das Smart TV dank 120-Hertz-Panel an, zumal es an allen vier HDMI-Eingängen die latenzarme Wiedergabe per Auto Low Latency Mode (ALLM) beherrscht und sich per variabler Refreshrate VRR respektive FreeSync Premium Pro mit der Grafikkarte synchronisiert. Das klappte im Test bei 4K-Auflösung bis 120 Hertz inklusive HDR. Die Kanten sehr schnell bewegter Objekte wurden aber etwas unscharf.

Zusätzlich wartet das Samsung-TV mit weiteren Gaming-Funktionen auf, darunter die Game Bar, mit der Spieler schnell kleine Bildkorrekturen vornehmen können, ohne das Spiel verlassen zu müssen. Außerdem blendet sie die aktuelle Framerate ein und zeigt, ob VRR gerade aktiv ist.

## Smarte Funktionen

Der Homescreen des Samsung-eigenen Betriebssystems Tizen OS legt sich stets komplett über den Bildinhalt. In ihm navigiert man mit der schicken Smart Remote; Solarzellen laden den fest eingebauten Akku. Die schlanke Fernbedienung liegt super in der Hand, doch wer häufig zwischen Sendern wechselt, könnte Probleme bekommen: Es gibt keine Zifferntasten, stattdessen muss man in einem Menü die dort eingeblendenen Zahlen ansteuern. Das ist umständlich und der Weg über die Programmippe ist deutlich schneller, sofern häufig geschaute Sender in der Senderliste nebeneinander liegen. Zum Glück kann man die Senderliste am PC ordnen und bis zu fünf Favoritenlisten anlegen.

Beim Anschluss neuer Zuspieler per HDMI erkennt der Fernseher automatisch das jeweilige Gerät. Etwas umständlich gestaltet sich die Umschaltung zwischen HDMI-Quellen, im Homescreen fehlt eine Übersicht und auf der Fernbedienung eine Direkttaste für Signalquellen. Ebenfalls nervig: Samsung blendet in der neben-

einander angeordneten App-Auswahl ab und an Werbung etwa in Form von Mediatheken-Apps ein. Wer nicht genau hinschaut, landet dadurch schnell auf der falschen Anwendung.

Unter den voreingestellten Bildmodi empfehlen wir für TV und Videos den Film-maker-Modus, wobei wir die Farbttemperatur darin von Warm2 auf Warm1 etwas angehoben haben. Außerdem sollte man die eingestellten Energiesparmodi kontrollieren. Beim GQ55QN85B ist der Umgebungslichtsensor aktiv (die „Helligkeitsoptimierung“), der die Schirmleuchtdichte an die Helligkeit im Raum anpasst. Das ist hilfreich, zumal man die minimale Leuchtdichte selbst festlegen kann. Sowohl die „Helligkeitsverringerung“ als auch die „Bewegungsgesteuerte Beleuchtung“ machen das Bild einfach dunkler, man kann sie getrost deaktivieren. Der Verbrauch

blieb aus bis zur Drucklegung ungeklärten Gründen im Standby über 10 Watt.

## Fazit

Samsung hat den smarten Fernseher um Funktionen ergänzt, die insbesondere das junge Publikum ansprechen sollen. Leider können nur Besitzer eines Samsung-Smartphones die Drehoptionen voll ausnutzen. Ähnliches gilt für die Videokonferenzfunktion direkt am TV. Unabhängig davon ist der gut ausgestattete GQ55QN85B ein eleganter Fernseher mit einem sehr ansehnlichen Bild, der sich fürs Fernsehgucken ebenso empfiehlt wie für Videoabende. Für Gamer hält er hilfreiche Funktionen bereit, kommt in Sachen Geschwindigkeit aber nicht an die flinken OLEDs heran. Angesichts der guten Ausstattung ist der Preis von knapp 1000 Euro absolut angemessen. (uk@ct.de) ct

## Samsung Neo QLED GQ55QN85B

Smart TV mit 4K-Auflösung und Mini-LED-Backlight	
Hersteller, URL	Samsung, <a href="https://samsung.de">samsung.de</a>
Auflösung / Paneltyp	3840 × 2160 Pixel (80 dpi) / LCD, IPS
Diagonale / Bildfläche	1,40 m (55") / 122 cm × 68,5 cm
Backlight / Local Dimming	Direct-LED / Full Array Local Dimming (540 Zonen)
Bildwiederholfrequenz / Farbauflösung	120 Hz / 10 Bit
Geräteabmessungen mit Fuß	1,23 m × 77 cm × 25 cm / 20,2 kg
Lochabstand Wandbefestigung	20 cm × 20 cm
Software-, Firmware-Updates	8 Jahre <sup>1,2</sup>
Ersatzteile / Produktsupport	7 Jahre <sup>1,2</sup> / 7 Jahre <sup>1</sup>
Ausstattung	
TV-Tuner	Dual Tuner 2 × DVB-T2/C/S2, 1 × CI+ 1.4
Videoeingänge	4 × HDMI 2.1
Weitere Anschlüsse	2 × USB, Ethernet, SPDIF (optisch), WLAN 802.11ac, Bluetooth 5.2
Lautsprecher	60 W (2.2.2)
Betriebssystem / Firmware-Version	Tizen / 1304.1
HDR-Formate	HDR 10, HDR 10+, HLG
Audio-Formate	Dolby Digital Plus, Dolby Atmos, Object Tracking Sound
TV-Funktionen	Aufnahmen auf Festplatte (PVR), Timeshift, Senderlisten am PC sortieren, 5 Favoritenlisten
Besonderheiten	Dual View, PIP, Hochformat-Unterstützung, WiFi Direct, DLNA, Casting, Wireless Dex, Ambient Mode+, AutoCal mit Calman
Gaming-Ausstattung	ALLM, VRR, FreeSync Premium Pro, Game Bar, Mini Map Zoom, Ultra Wide Gaming View
Streamingdienste	Netflix, Prime Video, Disney+, Apple TV, Sky, Magenta TV, YouTube, DAZN, WaipuTV, Zattoo
Messungen	
Umschaltzeiten TV	1,5 - 2,5 s
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / Spitzeneleuchtdichte <sup>3</sup> SDR / HDR	30 bis 845 cd/m <sup>2</sup> / 88,5 % / 1070 cd/m <sup>2</sup>
Leistungsaufnahme Standby / Betrieb	11 W (Standby) <sup>4</sup> / 75 W (SDR) (215 cd/m <sup>2</sup> bei Helligkeit)
Energieeffizienzklasse SDR / HDR	F / G
Kontrast min. / erw. (proz. Abweichung)	1060:1 (56 %) / 597:1 (99 %)
Bewertung	
Bildeindruck TV / HDR / Spiel	⊕⊕ / ⊕ / ○
Klangindruck	○
Ausstattung	⊕⊕
Bedienung Menü / TV+Videobetrieb	⊕⊕ / ○
Garantie	2 Jahre
Preis	ab 990 €
<sup>1</sup> laut EPREL (EU) 2017/1396	<sup>3</sup> gemessen auf 10 % Weißfläche
<sup>2</sup> ab letzter Inverkehrbringung des TVs	<sup>4</sup> ungewöhnlich hohe Leistungsaufnahme ungeklärt
	⊕⊕ sehr gut    ⊕ gut    ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht    ⊖⊖ sehr schlecht



# Pulvertanker

## Laser-Multifunktionsgerät mit festem Tonerbehälter zum Wiederbefüllen

**HPs Schwarz-Weiß-Drucker LaserJet Tank MFP 2604sdw druckt sensationell günstig: Er enthält ab Werk Toner für 5000 Seiten und ist mit preiswerten Refill-Kits ruck, zuck wieder aufgefüllt. Als Multifunktionsgerät überzeugt er aber nicht.**

Von Rudolf Opitz

**D**ie aktuelle Drucker-Baureihe LaserJet „Tank“ ist nach den Neverstop-Laserdruckern [1] bereits HPs zweite Generation kleiner Geräte für den

Schreibtisch mit nachfüllbarem Tonerbehälter und hoher Reichweite. Die Grundidee hat der Hersteller von den erfolgreichen Tintentankdruckern übernommen: teure Drucker, aber sehr geringe Verbrauchskosten. Doch ist eine flüssige Tinte einfacher nachfüllbar als ein feines Tonerpulver, das sich nicht in der Luft verteilen darf.

Bei den Neverstop-Modellen löste HP das Problem noch durch Nachfüllkits in Form von spritzenartigen Kolben und staubdichter, verriegelbarer Einfüllstutzen. Bei den Tank-Druckern gibt es statt des Kolbens einen einfachen zusammenknautschbaren Plastikbehälter, die abgedichtete Einfüllmechanik ist geblieben. Die neuen Drucker haben außerdem eine mit 50.000 Seiten vergleichsweise langlebige Fototrommel, die von HP anders als

bei den Neverstops nicht mehr als Verbrauchsmaterial angeboten wird.

Wir haben das Multifunktionsgerät LaserJet Tank MFP 2604sdw getestet, das als einziger Tank-Drucker außer einem Flachbettscanner auch einen Vorlageneinzug (Automatic Document Feeder, ADF) für 40 Blatt mitbringt. Das Modell ist trotz des stolzen Preises von rund 460 Euro mager ausgestattet. Beim Drucken bedient es sich aus nur einem 250-Blatt-Papierfach, ein Einzelblatteinzug etwa für Umschläge fehlt. Der simple ADF scannt nur einseitig, am Gerät gibt es bloß sechs Bedientasten für die Funktionen und ein unbeleuchtetes LC-Display mit festen Symbolen und einer dreistelligen Siebensegmentanzeige. Darunter liegen zwei Up/Down-Tasten zum Hochzählen der Kopienanzahl und Ändern von Kopierhelligkeit und -skalierung.

An der linken Seite zeigen drei vertikal angeordnete Leuchten den Füllzustand des Tonerbehälters an. Erlöscht die oberste, ist der Tank halbleer und kann mit einem 2500-Seiten-Kit (HP 153A) aufgefüllt werden. Dazu klappt man die Scannereinheit nach oben und ebenso die Druckseitenablage. Darunter liegt der Einfüllstutzen, auf den man das Nachfüllkit setzt und durch Drehen verriegelt. Es zu arretieren klappt nur, wenn mindestens eine Füllstandsleuchte aus ist. Sind zwei Leuchten erloschen, gibt es noch eine kleine Reserve (dritte Leuchte). Nun passt auch das große Nachfüllkit HP 153X für 5000 Seiten in den Tank. Mit ihm kostet eine ISO-Seite (nach ISO/IEC 19752) nur 0,67 Cent. Bei kleinen Schwarz-Weiß-Laserdruckern mit Kartuschen liegen die Tonerpreise pro Normseite bei 5 bis 7 Cent oder noch höher. Günstiger als der HP LaserJet Tank drucken mit rund 0,2 Cent nur Schwarz-Weiß-Tintentankdrucker wie sie Canon und Epson anbieten.

### Schwachstelle

Für Laserdrucker gilt in der Regel: „Nur eine Geschwindigkeit“, so auch für den LaserJet Tank. Text gab er im Test stets mit 20 Seiten pro Minute aus. Außer der guten Normalqualität steht ein „Econo-Mode“ zur Wahl, der tonersparender rasternt, was aber eher an Grafiken mit Farbflächen auffällt; Text bleibt gut lesbar. Langsamer druckt der LaserJet erst im Duplexdruck und bei komplexen Grafiken oder Fotos, denn bei letzteren braucht der mit 500-MHz-CPU und 64 MByte Spei-



**Statt eines Kartuschenschachts hat der HP LaserJet Tank MFP 2604sdw einen Einfüllstutzen, auf den preisgünstige Tonernachfüllkits passen – aber erst, wenn der Tank ausreichend leer ist.**

cher sparsam bestückte Drucker Zeit zum Rendern.

Wer Briefumschläge bedrucken will, muss vorher das Papierfach ausräumen. Umschläge bedruckte der LaserJet Tank ohne Verknittern. Auf den sonst saubereren Grafiken fielen nur Streifen im Graukeil auf. Auch Fotodrucke waren durchweg streifig und zeigten kaum dunkle Details: Beim Rastern hat der LaserJet wie viele Laserdrucker seine Probleme.

Als Kopierer machte der LaserJet Tank 2604sdw keinen guten Eindruck: Text geriet zu fett – die Lupe zeigte gezahnte Buchstabenränder. Auf Grafikkopien störten fleckige Grauflächen und Unschärfen bis zur Unlesbarkeit. Die streifigen, zu dunklen und detailarmen Kopien von Fotos sahen noch schlimmer aus, aber für Fotos ist das Gerät auch nicht gebaut. Als größte Schwachstelle stellte sich aber der Vorlageneinzug heraus: Er zog die meisten Blätter schräg ein, sodass einige Textzeilen gestreckt, andere gestaucht wurden. Bei geknickten Seiten erschienen zudem grobe Knicke als hässliche graue Balken auf der Kopie, feinere Knicke und Eselsohren filterte das Gerät gut. Immerhin gab es im Test keinen Papierstau.

## Sparbedienung

Fürs Kopieren gibt es am Gerät nur zwei Tasten, eine davon für ID-Kopien (doppelseitigen Kopien von Ausweisen). Über das Display lassen sich Kopierhelligkeit und Skalierung ändern. Für weitere Optionen wie Duplexkopien muss man das Web-Frontend am PC oder über das Smartphone aufrufen.

Beim Scannen über das Programm „HP Scan“, das auch als Twain-Modul

dient, fiel auf, dass der Vorlageneinzug nur bis 300 dpi scannt. Für Auflösungen bis 600 dpi muss man den Flachbettscanner benutzen. Fotoscans überraschten mit guter Farbwiedergabe und sogar einigen Details in dunklen Bildbereichen. Erst der Grafikscan zeigte das HP-typische Überschärfen inklusive auf der Vorlage nicht vorhandener Kanten und unscharfer Details. Eine Texterkennung fehlt, daher kann HP Scan PDFs nur als Bilder ohne zusätzliche Textinformation speichern. Für durchsuchbare PDFs muss sich der Käufer beim HP+-Clouddienst registrieren oder eine OCR-Software zukaufen. Funktionen am Gerät zum Scannen an eine Mailadresse, auf einen Freigabeordner oder einen USB-Stick bietet der LaserJet Tank nicht. Wer Scans auf das Smartphone übertragen will, braucht die App HP Smart, die nur mit HP-Account funktioniert, oder benutzt die generische App Mopria Scan. Auch von Android-Geräten über das Plug-in der Mopria (Mobile Printing Alliance) zu drucken klappte. iOS-Nutzer verwenden AirPrint.

## Fazit

Der 460 Euro teure HP LaserJet Tank MFP 2604sdw druckt für einen kleinen Schreibtisch-Laserdrucker auf die Tonerkosten bezogen extrem günstig, kann als Multifunktionsgerät aber nicht überzeugen. Selbst ein billiger 100-Euro-Multifunktionsdrucker zieht Vorlagen gerade ein, erstellt bessere Kopien und bietet mehr Kopier- und Scanfunktionen.

Wer bei begrenzter Stellfläche viel und günstig drucken will, kann zum etwa 100 Euro günstigeren LaserJet Tank 2504dw greifen, der dasselbe Druckwerk wie der 2604sdw, aber keinen Scanner hat. Das gesparte Geld lässt sich etwa in einen preisgünstigen Einzugsscanner investieren, der zum Beispiel nach Voreinstellung Scans per Knopfdruck direkt zum Drucker schickt. (rop@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Rudolf Opitz, Boxenstopp für Laserdrucker, Schwarz-Weiß-Laserdrucker mit nachfüllbarem Tonerbehälter, c't 10/2020, S.74

## HP LaserJet Tank MFP 2604sdw

Schwarz-Weiß-Lasermultifunktionsdrucker mit Tonertank zum Nachfüllen	
Hersteller, URL	HP, hp.com/de
Auflösung <sup>1</sup>	600 dpi × 600 dpi
Papier	250-Blatt-Fach, Ablage 100 Blatt
Druckleistung pro Monat <sup>1</sup> empf. / max.	250 bis 2500 S. / 25.000 S.
Scannerauflösung <sup>1</sup>	600 dpi × 600 dpi (ADF: 300 dpi)
Vorlageneinzug <sup>1</sup>	40 Blatt simplex
Twain / WIA	✓ / ✓
Druck-App	HP Smart
AirPrint / Mopria / Android Print	✓ / ✓ / HP Print Service
Schnittstellen	USB 2.0, Ethernet (10/100 Base-TX), WLAN (IEEE 802.11n, 2,4 u. 5 GHz), WiFi Direct + Bluetooth LE
USB-Host für Speichersticks	–
Betriebsabmessungen (B × T × H)	42 cm × 40 cm × 31 cm
Gewicht	9,5 kg
Treiber <sup>1</sup>	Windows ab 7 SP1, macOS ab 10.15, Linux (HPLip)
Toner und Verbrauchsmaterial <sup>1</sup>	Reload Kit HP 153A (2500 S.) 20,49 €, HP 153X (5000 S.) 33,49 €
Tonerkosten pro ISO-Seite <sup>2</sup>	0,82 Cent (HP 153A), 0,67 Cent (HP 153X)
Messergebnisse und Bewertung	
Druckleistung	20 S./ Min.
Druckzeiten [Min:Sek]	Grafik: 0:08, A4-Foto: 0:18, 100-Seiten-PDF gemischt: 7:48
Kopierzeiten [Min:Sek]	20 Kopien Text: 1:35, 20 ADF-Kopien: 1:38, A4-Foto: 0:13
Scanzeiten A4	Vorschau: 14 s, 300 dpi: 15 s, 600 dpi: 44 s, 10 Seiten (ADF): 2:49
Leistungsaufnahme	Aus: 0,1 W, Sleep: 1,2 W, Bereit: 3,5 W, Drucken: 380 W (511 VA)
Geräuschentwicklung	Drucken: 8,2 sone, ADF-Scannen: 4,5 sone
Bedienung / Netzwerkfunktionen	⊖ / ⊕
Druckqualität Text / Grafik / Foto	⊕ / ⊕ / ⊕
Kopierqualität Text / Grafik / Foto	⊖ / ⊖ / ⊖
Scans Foto / Grafik / OCR	⊕ / ⊖ / –
Herstellergarantie	1 Jahr, 3 Jahre nach Registrierung
Gerätepreis	460 €

<sup>1</sup> Herstellerangabe <sup>2</sup>ISO/IEC 19752

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

# In GO we tRUST



Die Welt der Softwareentwicklung ist im steten Wandel. Anders als beim Turmbau zu Babel ist die Sprachenvielfalt in der Softwareentwicklung kein Nachteil.

Vier Sprachen haben aus unserer Sicht gute Chancen, die nächste Generation zu bilden. iX Developer zeigt Stärken, Schwächen und Anwendungsgebiete dieser Programmiersprachen:

- ▶ TypeScript: Wartungssamer Code dank Typsystem
- ▶ Kotlin: Objektorientierte und funktionale Konzepte vereint
- ▶ Go: Interfaces, Concurrency und Generics
- ▶ Rust: Sicheres Speichermanagement dank Ownership-Modell
- ▶ Portofrei für Abonnenten
- ▶ Auch im Spar-Set als Heft + PDF + Buch „Rust“

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

 [shop.heise.de/](http://shop.heise.de/)  
[ix-dev-programmiersprachen22](http://ix-dev-programmiersprachen22)

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



## Conférencier

**Ein paar Mitarbeiter kommen ins Büro, ein paar bleiben zu Hause – entsprechend verlaufen Konferenzen zunehmend hybrid. Die Videobar Poly Studio R30 hilft dabei, dass sich alle sehen und verstehen.**

Ein Notebook auf den Tisch zu stellen, damit Zugeschaltete etwas vom Präsenz-Meeting mitbekommen, erweist sich als ziemlicher Murks. Konferenzlautsprecher allein lösen nur das Tonproblem (siehe Test in c't 20/2021, S. 60), besser funktionieren Videobars. Sie kombinieren Videokamera, Lautsprecher und Mikrofon; man schließt sie ans Notebook an oder an einen fest installierten PC.

Die Poly R30 sieht aus wie eine riesige Webcam; sie kommt wie diese mit einer Monitorhalterung (siehe Foto). Für Notebooks ist die Videobar zu groß und schwer, selbst manchen Monitor wird sie mit 806 Gramm in die Knie zwingen. Besser bringt man sie an der Wand an – beispielsweise unter einem dort montierten Monitor – oder stellt sie auf ein Tischstativ, für das sie ein Gewinde mitbringt. Direkt auf einem Tisch oder Bücherstapel bleibt sie nicht stehen, weil Strom- und USB-Kabel unten herausführen.

Die Videokamera fokussiert digital auf den Sprechenden und behält dank 120 Grad Öffnungswinkel den Raum weit im Blick. Zwischen wechselnden Sprechern zoomt, schwenkt oder schneidet sie zuverlässig hin und her, was sehr natürlich wirkt. Die weitwinkeltypischen Verzerrungen stören in Videokonferenzen kaum, und auch nicht, dass von der nativen 4K-Auflösung des Sensors im digital gezoomten Ausschnitt bestenfalls Full HD übrig bleibt.

Die Mikrofone zeichnen Sprache klar und verständlich auf. Störgeräusche wie

Tassengeklapper filtern sie heraus, währenddessen klingt Gesprochenes allerdings abgehackt. Die R30 fokussiert erbarmungslos auf Dazwischenquatschen oder auf Nebengespräche: Reden beispielsweise zwei Teilnehmer nahe der R30 miteinander, hören und sehen die Dazugeschalteten nur sie, nicht aber einen weiter entfernt Sprechenden. Raumhall kann die R30 nicht wegzaubern, das schaffen nur Headsets für jeden Teilnehmer.

Einige Parameter des Zoomverhaltens lassen sich in der App Poly Lens (Windows, macOS) einstellen und bleiben danach aktiv, auch wenn man die Kamera an ein anderes Gerät anschließt. Android und iOS erkennen die R30 als Lautsprecher und Mikrofon, aber können das Kamerabild nicht nutzen.

Die Lautsprecher sind für Sprache optimiert und klingen klar und voll, auch bei hoher Lautstärke. Musik bringen sie bassarm, flach in den Höhen und in Mono – genug als Untermalung fürs Keksessen nach dem Meeting. Doch als Luxusersatz für Lautsprecher und Webcam am Arbeitsplatz-PC eignet sich die R30 nicht.

Das Netzteil zog bei ausgeschaltetem PC unter 0,2 Watt, bei eingeschaltetem etwa 1 Watt und im Betrieb 3 bis 5 Watt. Insgesamt macht sich die R30 gut im Meetingraum an der Wand oder auf einem Tischstativ. Ein wenig Gesprächsdisziplin und eine akustische Dämmung des Raums bleiben aber ratsam. (jow@ct.de)

## Poly Studio R30

Videobar	
Hersteller, URL	Poly, poly.com
Größe, Gewicht	44,5 cm × 6,8 cm × 7,5 cm, 722 g
Lieferumfang	USB-Kabel (5 m, USB-A), Monitorhalterung (84 g), Netzteil (2,5 m), Netzteil (36 W, Kabel 1,5 m)
Systemanf.	Windows ab 8.1, macOS ab 10.10
Preis / Garantie	825,95 € / 1 Jahr



## Freie Klangmaschine

**Mit dem neuen Clip Launcher erinnert die freie Audioschnittsoftware Ardour 7 an Ableton Live. Weitere Neuerungen sind gezielt für Podcast-Produktionen gedacht.**

Ardour 7 ist ein großes Update, das vor allem den technischen Unterbau der Audiosoftware modernisiert. Damit unterscheidet die offene Digital Audio Workstation (DAW) nun besser zwischen der für Musiker relevanten Musical Time (Takte und Schläge) und der für millisekundengenaues Arbeiten gedachten Audio Time (Samples). So soll Ardour 7 Fehler durch ungenaue Umrechnungen vermeiden und ungünstig platzierte MIDI-Events nicht mehr verschlucken.

Das sanierte Fundament nutzt auch der neue Clip Launcher für Loop-basiertes Arbeiten. Der befindet sich im neuen Cue-Fenster, einem zusätzlichen Mixer. Jede dort erstellte Spur fasst bis zu 16 Clips, die einzeln oder gemeinsam als Loop abgespielt werden. Die namensgebenden Cues sind spurenübergreifende Zeilen, beispielsweise Song-Parts wie Refrain oder Intro. Die Cues spielt man über mit Buchstaben beschriftete Knöpfe ab, die links in einer Seitenleiste angeordnet sind. Im Editor-Fenster integriert man diese Cues über Cue-Marker in den eigentlichen Song. Funktionen wie direkt in Clip-Slots hinein aufnehmen oder eine dynamische Slot-Anzahl wollen die Entwickler später nachreichen.

Passend dazu hat das Ardour-Team die ausklappbare Seitenleiste um den neuen Tab „Clips“ erweitert. Dieser ist vor allem für Podcasts, Radioproduktionen oder Sound Design praktisch, da er Schnellzugriff auf wiederkehrende Einspieler wie Jingles oder

Werbeeinspieler bietet. Die Clips zieht man einfach per Drag & Drop in die Zeitleiste des Editors oder die Slots im Cue-Fenster. Die vorinstallierten Audio- und MIDI-Loops erweitert man über eigene Loop-Bibliotheken oder per Download von freien Loops aus Ardour.org oder Freesound.org.

Bisher war in Ardour der Ripple-Modus auf die aktuell ausgewählte Spur beschränkt. Neu sind die Modi „Alle Spuren“ und „Interview“. Bei Letzterem wird nur „gerippelt“, wenn mehr als eine Spur markiert ist. Ripple Edit schließt durch Schnitte entstandene Lücken in der Zeitleiste des Editors, indem es nachfolgende Inhalte automatisch heranzieht.

Die neu integrierten „Mixer Scenes“ erschaffen Abbilder des Mixers; zum Vergleich oder als Backup. Gespeichert werden die aktuellen Einstellungen der Fader und Plug-ins, die man später wahlweise für den gesamten Mixer oder nur für einzelne Spuren abruft.

Ardour liegt kostenlos im Quellcode vor; alternativ zieht man ihn sich in vielen Linux-Distributionen über den Paketmanager oder als Flatpak, bekommt dann aber keinen Support vom Ardour-Team. Wer einen fertigen Installer für Linux, macOS oder Windows wünscht, bekommt ihn gegen Zahlung eines selbstgewählten Betrags von mindestens einem Euro.

Zu einem Ersatz für die ungleich teureren DAWs Ableton Live oder Bitwig Studio wird Ardour 7 damit nicht, aber die neuen Features festigen Ardours Rolle als führende freie DAW.

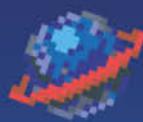
(Claudius Grieber/ktn@ct.de)

### Ardour 7.1

#### Digital Audio Workstation

Hersteller, URL	Paul Davis und weitere, ardour.org
Systemanf.	2 GByte Arbeitsspeicher, Linux, Windows, macOS
Preis	kostenlos (Quellcode, GPLv2), Installer ab 1 € (einmalig oder Abo)

ALT!



**WILLKOMMEN  
IN DEN GUTEN  
ALten ZEITEN...**



**Testen Sie Retro Gamer  
mit 30 % Rabatt!**

**2 Ausgaben als Heft oder digital  
+ Geschenk nach Wahl**



**Jetzt bestellen:**

[www.emedia.de/retro-mini](http://www.emedia.de/retro-mini)

Call (0541) 800 09 126

Email [leserservice@imedia.de](mailto:leserservice@imedia.de)

eMedia Leserservice, Postfach 24 69,  
49014 Osnabrück



# Premiummobilität

## Neun kompakte Oberklasse-Notebooks von leicht bis leistungsstark ab 1000 Euro

**13- und 14-Zöller mit Bildschirmen im 16:10- oder 3:2-Format und gefälliger Ausstattung können 3000 Euro und mehr kosten. Unser Test zeigt aber, dass man schon ab 1000 Euro tolle Notebooks bekommt.**

Von Florian Müssig

Viele Notebooks, die in den letzten Monaten angekündigt wurden, kommen erst dieser Tage in den Handel. Alle neun Kandidaten, die wir hier versammelt haben, hätten konzeptionell bereits in unseren Vergleichstest von 13- und 14-Zöllern gepasst, der im Spätsommer erschienen ist [1]. Die meisten konnte man damals aber noch nicht kaufen. Das technische Innenleben entstammt bei allen Kandidaten den aktuellen Prozessorgenerationen AMD Ryzen 6000 beziehungsweise Intels zwölfter Core-i-Generation. Beide wurden vor einer gefühlten Ewigkeit, nämlich im Januar 2022, enthüllt.

Lieferschwierigkeiten und schlechte Verfügbarkeit ist man seit Corona ja irgendwie gewohnt, doch der russische Angriffskrieg auf die Ukraine hat die Welt erneut (und in mehr als nur betriebswirtschaftlicher Sichtweise) erschüttert. Die Transportkosten haben wegen längerer Transportstrecken von Asien nach Europa nochmals angezogen. Weil die Preise für Lebensmittel und Energie massiv gestiegen sind, bleibt weniger Geld für Konsumgüter übrig. Und deutlich verschobene Wechselkurse zwischen US-Dollar und Euro machen neue Hardware hierzulande extra teuer. Die Hersteller reagieren darauf, indem sie ihr Portfolio zusammenstreichen.

Das heißt nicht unbedingt, dass bereits entwickelte Notebooks gar nicht mehr auf dem Markt kommen. Sie werden aber anders angeboten: So kann man die hier getesteten Acer Swift 5 (SF514-56T), Huawei MateBook X Pro (2022) und Lenovo ThinkBook 13s Gen 4 (ARB) nur in jeweils genau einer Ausstattungsvariante zu 1500, 2100 beziehungsweise 1000 Euro kaufen. Das 1000-Euro-ThinkBook führt einem

zudem die Preissteigerungen der jüngeren Vergangenheit in der Mittelklasse vor Augen: Frühere Iterationen des ThinkBook 13s gingen prä-corona zu Straßenpreisen ab 700 Euro über die Ladentheken.

LG bietet das Gram 14 wie getestet für 1100 Euro in Weiß oder etwas besser ausgestattet für 1300 Euro an – dann aber in einem dunkelgrauen Gehäuse. Microsoft verkauft seinen Surface Laptop 5 in vier Gehäusefarben und zwei Materialien, lässt aber nur bei einer vorgegebenen mittleren Ausstattung die freie Farbwahl zu. Bei Dell und Lenovo kann man beim Latitude 9330 2-in-1 beziehungsweise beim ThinkPad X1 Carbon Gen 10 Prozessorvariante, Arbeitsspeicherausbau, SSD-Kapazität und einiges mehr völlig individuell zusammenstellen, zahlt für tolle Ausstattungsvarianten wie die im Test dann allerdings rund 3000 Euro.

### Gut ausgestattet

Jedes der Geräte, das in nur einer Variante verkauft wird, hat eine sinnig zusammengestellte Ausstattung: 16 GByte Arbeitsspeicher und mindestens 512 GByte Speicherplatz gehören zur Grundausstattung. Im restlichen Testfeld weicht nur das EliteBook 860 G9 davon nach unten ab, doch auch dieses kann man mit mehr Speicher kaufen. HPs Notebook ist obendrein das einzige im Testfeld, wo man noch selbst nachträglich den Arbeitsspeicher mit regulären SO-DIMMs erweitern kann: Alle anderen Kandidaten verwenden aufgelötes LPDDR5-RAM.

Hier sollte man schon vor dem Kauf aufpassen, um einen Fehlkauf zu vermeiden: 16 GByte Arbeitsspeicher dürfen es heutzutage schon sein, wenn man flüssiges Multitasking wünscht. Wer zig Browsertabs gleichzeitig offen hat, bekommt das RAM auch allein damit voll. Die Speicherausstattung kann ins Geld gehen: Der Surface Laptop 5 ist ab 1180 Euro zu haben, doch 16 GByte Arbeitsspeicher bekommt man erst jenseits von 1700 Euro. Noch mehr Arbeitsspeicher sehen nur wenige Hersteller bei besonders teuren Ausstattungsvarianten vor; im Testfeld trifft man 32 GByte nur bei Lenovos ThinkPad X1 Carbon Gen 10 an.

Die SSDs sind zwar überall gesteckt, doch auch dafür gilt: Besser gleich ein Modell mit der benötigten Kapazität kaufen, als ein mageres Einstiegsmodell selbst aufrüsten. So gibt es nirgends Serviceklappen, über die man einfach ins Innere kommt; man muss also größere Bastel-



**Das Außendisplay des Asus ZenBook 14X Space Edition zeigt vorgegebene Animationen, Datum und Uhrzeit oder frei wählbaren Text – und ist damit eher Gimmick denn nützlich.**

stunden einplanen. Es besteht auch ein kleines Risiko, dass eine SSD aus dem Einzelhandel nicht passt oder nicht erkannt wird; obendrein kann im Falle eines Defekts ein Servicemitarbeiter die Herstellergarantie verweigern, wenn er die Bastearbeiten als ursächlich ansieht.

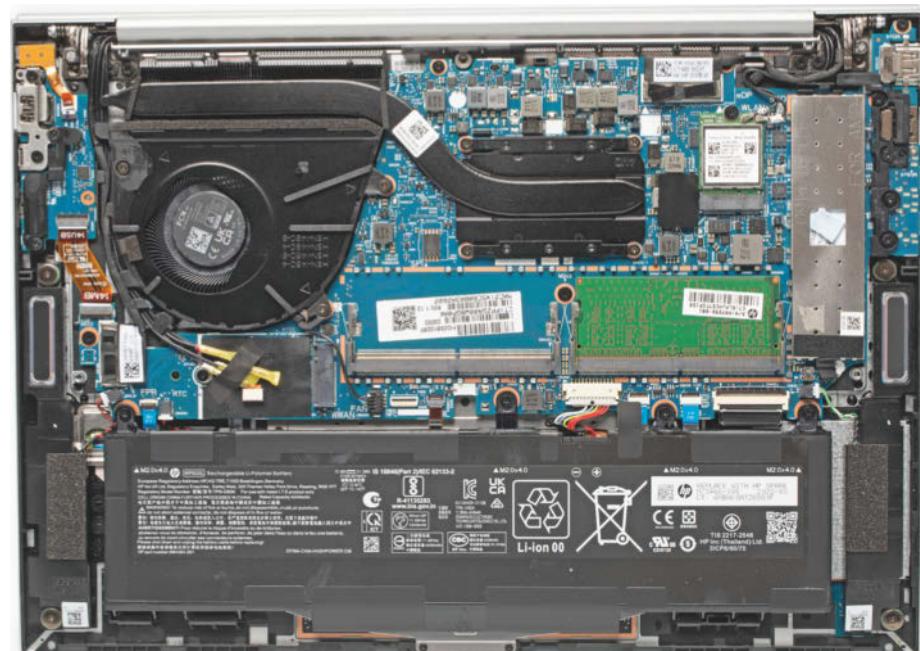
Geschäftskunden haben innerhalb der Garantie die Möglichkeit, ein Notebook ohne SSD und die darauf befindlichen Firmengeheimnisse zur Reparatur einzuschicken, sofern das in zusätzlichen Serviceverträgen geregelt ist. Uns ist kein Hersteller bekannt, bei dem man einen solchen Vertrag auch als Privatkunde abschließen könnte.

### (Kein) Recht auf Reparatur

Um eine Reparatur beim Hersteller kommt man bei einem Defekt kaum herum: Bislang ist kein Hersteller dem Vorbild Framework [1] gefolgt und bietet seine Ersatzteile selbst für jedermann zum Verkauf an. Am nächsten dran ist HP: Die US-Amerikaner betreiben einen öffentlich zugäng-

lichen Ersatzteilshop, der auch auf Deutsch und mit Versand nach Deutschland verfügbar ist. Schon die Tatsache, dass Europreise dort ohne Mehrwertsteuer angegeben werden, zeigt aber, dass die Zielgruppe wohl keine privaten PC-Bastler sind, sondern Firmen. Auch sind die Komponentenpreise happig: Allein das Mainboard mit aufgelötem Ryzen 5 für das getestete EliteBook kostet fast 1200 Euro – und damit so viel wie das Gerät insgesamt.

Einige andere Hersteller haben Ersatzteilsuchmaschinen, verkaufen die Teile aber nicht selbst. Da bleibt einem dann nur, sich mit der richtigen Teilenummer auf die Suche nach einem offiziellen Ersatzteil-Distributor wie IPC-Computer zu begeben. Das Problem dabei ist, dass solche Händler die Ersatzteile zwar vertreiben, aufgrund der extremen Anzahl von gerätespezifischen Bauteilen aber nur die allergängigsten im Lager vorhalten – der Rest wird dann erst nach Bestellung besorgt. Das kann dauern: Bei Stichproben prognostizierte IPC mal Lieferzeiten von



**Das HP EliteBook 845 G9 hat Arbeitsspeicher, den man selbst wechseln kann. Das war früher selbstverständlich, ist im Testfeld mittlerweile aber ein Alleinstellungsmerkmal.**



## Acer Swift 5 (SF514-56T)

Die Swift 5 haben die Swift 7 in ihrer Rolle als Acers Topmodelle abgelöst. Das zweifarbiges Gehäuse des 2022er-Modells SF514-56T ist mit blauen Flächen und kupferfarbener Umrandung denn auch ein Hingucker. Gleiches gilt für den hochauflösenden und hellen 16:10-Bildschirm, wenngleich dieser – typisch Touchscreen – leider spiegelt.

Die Tastenbeleuchtung nimmt das Farbschema des Gehäuses auf, worunter aber der Kontrast leidet: Die gelblichen Tastenbeschriftungen heben sich nur schwach von den blauen Tasten ab – erst recht, weil die eigentlich weiße Beleuchtung viel heller rings um jede Taste durchscheint. Die Tastatur beheimatet auch den Einschalter und dieser einen Fingerabdruckleser. Bis auf den einzeiligen Cursorblock gibt es am Layout nichts zu kritisieren; das gilt auch für das Tippgefühl.

Acer fährt den Core i7-1260P voll aus: Er erzielte im Test eine hohe Rechenleistung, die nur vom Core i7-12700H im Asus-Notebook geschlagen wird – der hat aber zwei P-Kerne mehr. Ruft man die Rechenleistung ab, arbeitet Acers Kühl-System deutlich hörbar: Wir haben bis zu 1,7 sone unter Volllast gemessen: So laut wird kein anderer Proband.

Obwohl ein Konfigurator auf Acers Webseite Wahlmöglichkeiten suggeriert, gibt es das Swift 5 (SF514-56T) nur in der einen, hier getesteten Ausstattungsvariante in Blau mit Core i7-1260P, 16 GByte aufgelötetem LPDDR5-Speicher und einer 1-TByte-SSD für 1500 Euro. Alle anderen Optionen wie weniger Speicher, ein anderes WLAN-Modul (Wi-Fi 6 statt Wi-Fi 6E) oder ein grünes Gehäuse führen schlicht dazu, dass die Ergebnisliste leer bleibt. Zum Lieferumfang gehört ein kompaktes USB-C-Steckernetzteil.

Acers Windows-11-Vorinstalltion umfasst nicht nur die Testversion eines Virensenders, sondern auch noch weitere werbliche Beigaben und Links zu Onlinespielen und Hotelbuchungsseiten. Wer Tabula rasa machen möchte, sollte mindestens Acer-eigene Tools wie das Care Center drauflassen: Manch hardwarenahe Einstellung wie das Begrenzen des Akkuladestands ist nur darüber möglich.

- ⊕ hohe Rechenleistung
- ⊕ stimmige Zusammenstellung
- ⊖ Vorinstallation mit Werbebeigaben
- ⊖ Lüfter wird sehr laut

Preis Testkonfiguration: 1500 Euro



## Asus ZenBook 14X Space Edition

Asus feiert mit der Space Edition des ZenBook 14X den Flug des Urahns P6300 zur Raumstation Mir anno 1998. Dazu gibt es eine spaciege Verpackung und ein piktogrammverziertes Gehäuse im Farbton „Zero-G Titanium“, aber auch irdischen Nutzwert: Das ZenBook lässt sich bei Umgebungstemperaturen von -24 °C bis +61 °C verwenden. Das ist ein deutlich breiterer Temperaturbereich als für Notebooks üblich (5 bis 35 °C).

Ebenfalls unüblich: Der Core-i-Prozessor entstammt nicht der P-, sondern der stärkeren H-Baureihe und liefert deshalb die höchste Rechenleistung im Testfeld. Nutzer erfreuen sich aber auch am hochauflösenden und farbstarken OLED-Touchscreen mit flotten 90 Hertz Bildwiederholrate und 16:10-Format – dessen Oberfläche jedoch spiegelt.

An der Deckelaußenseite findet man ein zweites OLED ganz anderer Natur: Es ist eine kleine monochrome Statusanzeige. Was darauf angezeigt wird, kann man im vorinstallierten Hilfsprogramm MyAsus auswählen; es gibt aber nur wenig Auswahl wie eine frei definierte Laufschrift oder die aktuelle Uhrzeit. Eine tiefere Integration, um etwa eingehende E-Mails oder Teams-Anrufe anzuzeigen, ist nicht vorgesehen – dabei gehörte sowas schon zum Konzept der zu Windows Vista gehörenden Side-Show-Displays, die anno 2007 gefloppt sind [4]. Immerhin tut das Gimmick auch nicht wirklich weh, und man kann weder die kürzeste Akkulaufzeit (unter 10 Stunden) noch das höchste Gewicht (knapp 1,5 Kilogramm) im Testfeld ihm allein ankreiden.

Die beleuchtete Tastatur gefällt mit einer Extraspalte für Pos1/Ende/Bild-auf/-ab; die Entertaste und der Cursorblock wurden allerdings in eine Zeile gequetscht. Das Touchpad lässt sich in einen Ziffernblockmodus schalten.

Asus verkauft das ZenBook 14X in der Space Edition (UX-5401ZAS) wie getestet für 1600 Euro oder noch besser ausgestattet (Core i9, 32 GByte Arbeitsspeicher) für 2000 Euro. Günstigeren Modellen (UX5401ZA) fehlt der Weltraumlook und das zusätzliche Außendisplay; nur im 1100-Euro-Einstiegsmodell mit Core i5 gibt es ein mattes IPS-Panel statt des OLED-Touchscreens.

- ⊕ hohe Rechenleistung
- ⊕ OLED-Touchscreen
- ⊖ Außendisplay nutzt wenig
- ⊖ schwer

Preis Testkonfiguration: 1600 Euro



## Dell Latitude 9330 2-in-1

Den 13-Zöller Latitude 9330 im schicken Vollmetallgehäuse gibt es nur wie getestet als 2-in-1-Gerät mit 360-Grad-Scharnieren und Touchscreen; trotz Business-Ausrichtung spiegelt die Oberfläche. Davon abgesehen gibt es mit feiner Auflösung, 16:10-Format und hoher Helligkeit (bis 450 cd/m<sup>2</sup>) wenig zu mäkeln. Der Bildschirm drückt die Akkulaufzeit auf bestenfalls 12 Stunden.

Ungewöhnlich: Dell stellt zwei verschiedene Akkus gleicher Kapazität zur Wahl. Es gibt eine Variante, die sich schnell betanken lässt, und eine, die stattdessen auf lange Haltbarkeit ausgelegt ist – wofür Dell dann auch mit drei statt nur einem Jahr Akkugarantie geradestehrt.

Dell verkauft das Latitude 9330 2-in1 nur in gehobenen Ausstattungen: Der hochauflösende Touchscreen, Wi-Fi 6E, 16 GByte Arbeitsspeicher und drei Jahre Vor-Ort-Service sind immer mit dabei. Mit Core i5 und kleinstmöglicher 256er-SSD starten die Preise im Fachhandel bei etwa 1900 Euro und bei Dell selbst bei über 2200 Euro. Im Dell-Webshop kann man das Notebook individuell konfigurieren, beispielsweise mit bis zu 32 GByte LPDDR5-Arbeitsspeicher. Nur bei Dell selbst bekommt man das Notebook mit integriertem Mobilfunkmodem (LTE oder 5G).

Die beleuchtete Tastatur hat ein etwas engeres Tastenraster als die üblichen 19 Millimeter, woran man sich nach kurzem Training gewöhnt; das Layout geht bis auf den einzeiligen Cursorblock in Ordnung. Von den drei USB-C-Buchsen arbeiten nur die beiden links besonders rasant gemäß USB4 und Thunderbolt 4.

Beim Testgerät lief ein vorinstallierter Netzwerkoptimierungsdienst Amok und lastetet einen Kern dauerhaft aus. Nachdem wir den Dienst im Hilfsprogramm Dell Optimizer deaktiviert haben, war bei geringer Systemlast endlich Ruhe. Mit maximal 0,6 sone wird der Lüfter nie störend laut. Als einziges Notebook im Test ließ sich das Latitude 9330 2-in-1 wegen einer Update-Blockade von Microsoft noch nicht auf Windows 11 Version 22H2 aktualisieren.

- ⬆️ 360-Grad-Scharniere
- ⬆️ hochauflösender Touchscreen
- ⬇️ sehr teuer
- ⬇️ vermurkste Softwarebeigaben

Preis Testkonfiguration: 3100 Euro



## HP EliteBook 845 G9

Das EliteBook 845 G9 ist ein hochwertiges Business-Notebook mit AMDs Ryzen-6000-Prozessoren – solche Notebooks sind immer noch nicht selbstverständlich. HP nutzt dabei alle CPU-Features inklusive USB4-Unterstützung aus, weshalb Docking an Thunderbolt-Docks ohne Einschränkungen möglich ist. Auch hinsichtlich Laufzeiten muss sich das Notebook nicht verstecken: Dank eines energieeffizienten (und matten) 1920er-Bildschirms haben wir bis zu 21 Stunden gemessen – der zweitbeste Wert im Testfeld.

Mindestens genauso beachtlich ist, dass das EliteBook zwar nicht das einzige Business-Notebook im Testfeld ist, wohl aber das einzige, bei dem man noch selbst den Arbeitsspeicher aufrüsten kann: Es nutzt DDR5-SO-DIMMs. Bei einem 1200-Euro-Testgerät wäre das auch angebracht, denn es hat mit 8 GByte die geringste Kapazität im Testfeld und zudem nur einen bestückten Slot, was die Speicherbandbreite halbiert. Wer das Notebook gleich mit mehr Arbeitsspeicher (und auch SSD-Kapazität) kauft, braucht sich keine Gedanken zu machen, ob das Basteln die Herstellergarantie verwirkt.

Mit 16 GByte und 512er-SSD waren bei Redaktionsschluss rund 1400 Euro aufgerufen. Der Achtkerner Ryzen 7 6850U kostet dann noch mal 100 Euro mehr und liefert spürbar mehr Rechenleistung als der Sechskerner Ryzen 5 6650U des Testgeräts. Im Maximalausbau kann man über 2000 Euro loswerden; manche Modelle enthalten ein LTE-Modem.

Viele Sicherheitsfunktionen wie der integrierte SmartCard-Leser sind auf Unternehmenskunden getrimmt, doch manche der integrierten Wolf-Security-Suite nimmt man auch als Privatkunde gerne mit – etwa die Überwachung der UEFI-Firmware gegen Manipulationen und die zusätzliche Schicht in Windows, die vor dem Ausführen jeder neuen EXE-Datei explizit nachfragt, ob man diese tatsächlich starten möchte.

Das Tippgefühl gefällt; der einzeilige Cursorblock fällt nicht allzu negativ auf, weil die unterste Tastenzeile mehr Tiefe hat als das restliche Tastenfeld. Das EliteBook gehört zu den schwersten Geräten im Testfeld.

- ⬆️ lange Laufzeit
- ⬆️ Arbeitsspeicher aufrüstbar
- ⬇️ magere Speicherausstattung
- ⬇️ schwer

Preis Testkonfiguration: 1200 Euro



## Huawei MateBook X Pro (2022)

Huawei hat sich mit seinen vergleichsweise günstigen MateBook-D-Notebooks einen Namen gemacht, doch die Chinesen spielen mit dem MateBook X (Pro) auch in der Oberliga mit. Sie waren dort sogar einer der ersten Hersteller, die sich von 16:9-Displays abgewandt und stattdessen auf 3:2-Bildschirme gesetzt haben. Auch die hier getestete 2022-Iteration hat einen solchen (leider spiegelnden) Touchscreen, der obendrein hoch auflöst und mit fast 500 cd/m<sup>2</sup> sehr hell leuchtet. Fährt man die Beleuchtung voll aus, geht die Laufzeit stark in die Knie: Statt bis zu zwölfeinhalb Stunden ist dann nur noch die Hälfte drin.

Anders als Huaweis Smartphones sind die Notebooks nicht von US-amerikanischen Wirtschaftssanktionen betroffen und werden branchenüblich mit vorinstalliertem Windows 11 und Prozessoren von US-Herstellern ausgeliefert. Huawei verkauft das 2022er MateBook X Pro nur wie getestet in einer 2200-Euro-Konfiguration (Core i7-1260P, 16 GByte LPDDR5-Speicher, 1-TByte-SSD). Auch ist ausschließlich ein blaues Gehäuse vorgesehen.

Der früheren Unsitte, die Webcam in der Funktionstastenreihe der Tastatur zu verstecken, hat Huawei inzwischen abgeschworen: Man findet die Kamera an gewohnter Stelle über dem Bildschirm und erscheint in Videokonferenzen deshalb aus üblicher Perspektive. Der ehemalige Sonderweg wirkt aber noch nach: Die Tasten F6 und F7 grenzen nicht direkt aneinander, sondern haben eine Tastenbreite Abstand. An der ehemaligen Webcam-Position findet man jetzt eine Sonder-taste zum (De-)Aktivieren des WLAN-Funks. Der beherrscht Wi-Fi 6E; mit Thunderbolt-4-fähigen USB-C-Buchsen ist das MateBook auch sonst auf der Höhe der Zeit.

Bei der Rechenleistung spielt das MateBook weit vorne mit, ohne dass der Lüfter zu sehr aufdreht, wenn die CPU gefragt ist: Er rauscht mit maximal 0,7 sone. Das Touchpad ist das größte im Testfeld. Huawei wirbt offensiv mit Nachhaltigkeit beziehungsweise langer Nutzungsdauer: Ein Ersatzakku kostet pauschal 100 Euro inklusive Umbau. Die zweijährige Herstellergarantie lässt sich gegen Aufpreis auf bis zu fünf Jahre ausdehnen.

- ⬆️ heller 3:2-Touchscreen
- ⬆️ großes Touchpad
- ⬇️ nur eine Ausstattung erhältlich
- ⬇️ sonderbares F-Tasten-Layout

Preis Testkonfiguration: 2200 Euro



## Lenovo ThinkBook 13s Gen 4 (ARB)

Das ThinkBook 13s Gen 4 bringt für 1000 Euro einen Ryzen-Sechs-kerner der 6000er-Generation und damit verbunden moderne Schnittstellen inklusive rasantem USB4 (40 Gbit/s) mit. Der Bildschirm ist matt und hat praktisches 16:10-Format. Lenovo gibt dem ThinkBook zudem einen Helligkeitssensor mit, damit der Bildschirm immer passend zur Umgebungs-helligkeit strahlt – auf diesen Komfort muss man bei so manchen viel teureren Notebooks verzichten.

Lenovo hat sich aber nicht auf diesen technischen Eck-daten ausgeruht, sondern auch „unsichtbaren“ Feinschliff ge-leistet. So bleibt das Notebook sehr leise; selbst unter Volllast säuselt es nie lauter als 0,1 sone. Der Akku hält fast 19 Stunden durch. Ein leerer Akku wird rasant betankt; das mitgelieferte 65-Watt-Steckernetzteil fällt obendrein sehr kompakt aus.

Auf einen Kartenleser muss man ebenso verzichten wie auf eine Windows-Hello-Webcam; biometrisches Einloggen ist immerhin per Fingerabdruckleser möglich. Das Tastenraster fällt etwas schmäler als üblich aus, woran man sich aber schnell gewöhnt. Die Entertaste ist zweizeilig ausgeführt, der Cursor-block wurde aber in eine Zeile gequetscht – schade, da hätte sich das Gerät ruhig eine Scheibe vom großen Bruder ThinkPad X1 Carbon abschneiden dürfen.

Zu den Knackpunkten gehört auch, dass Lenovo das ThinkBook 13s Gen 4 (ARB) nur in einer einzigen Konfiguration ver-kauft, nämlich wie getestet mit Ryzen 5 6600U, 16 GByte Arbeitsspeicher und 512-GByte-SSD. Die ist durchaus stimmig geraten, doch viele Nutzer dürften sich eine Ryzen-7-Version wünschen, die mit acht statt sechs CPU-Kernen ein ganzes Stück flotter wäre. Das ThinkBook 13s Gen 4 (IAP) ist ein Schwesternmodell mit Intel-CPU, das es ebenfalls in nur einer Ausstattungsvariante gibt (mit Core i5 und zum Ryzen-Modell identischer Speicherbestückung).

Im Kaufpreis ist nur ein Jahr Garantie enthalten; der Zeit-raum lässt sich aber ausweiten. Der maximale Ausbau auf fünf Jahre kostet mindestens 370 Euro; wer fünf Jahre Vor-Ort-Service mit priorisierte Bearbeitung wünscht, zahlt dafür mit über 930 Euro sogar fast so viel wie für das Notebook selbst.

- ⬆️ vergleichsweise günstig
- ⬆️ sehr leise
- ⬆️ lange Laufzeit
- ⬇️ nur eine Ausstattung erhältlich

Preis Testkonfiguration: 1000 Euro

# Zero Trust

Vom Buzzword zum praktischen Einsatz

25. Januar 2023

Zero Trust ist ein Hype – doch die Technik dahinter hat Substanz und ist mittlerweile reif für den praktischen Einsatz. Aber welche Rolle spielen konkrete Maßnahmen wie **Mikrosegmentierung, Conditional Access und TLS-Verschlüsselung** in einem Zero-Trust-Konzept?

**115 €**  
**Frühbucher-**  
**Preis**

## Dieses Webinar

- erklärt, was es mit Zero Trust auf sich hat (und was nicht)
- stellt verschiedene Konzepte und Produktkategorien vor
- hilft bei der Bewertung des Nutzens für Ihre IT-Infrastruktur
- unterstützt Sie bei Bedarf bei der Planung erster eigener Schritte in diese Richtung



**Jetzt Frühbucher-Tickets sichern:**  
[webinare.heise.de/zero-trust](http://webinare.heise.de/zero-trust)





## Lenovo ThinkPad X1 Carbon Gen 10

Wir hatten das teure Business-Notebook ThinkPad X1 Carbon Gen 10 bereits im Frühjahr auf den Prüfstand gehoben [5]. Dass es hier noch mal vertreten ist, liegt an einem danach hinzugekommenen Alleinstellungsmerkmal. Während farbstarke OLED-Bildschirme in allen anderen Notebooks spiegelnde Touchscreens sind, geht Lenovo einen anderen Weg: Es gibt keine Touchfunktion und das Panel ist matt. Das ist genau das, was man will, wenn das Notebook sowohl als Office-Maschine dienen als auch Bilder und Videos im DCI-P3-Farbraum darstellen soll. Vielleicht hilft es Führungskräften aber ja auch beim schnelleren Einschätzen der Geschäftszahlen, wenn diese in besonders tiefem Schwarz oder knallig-warnendem Rot dargestellt werden ...

Der hochauflösende OLED-Bildschirm knabbert stärker am Akku als das matte 1920er-IPS-Panel: Mit OLED haben wir nur 12 statt fast 20 Stunden Laufzeit bei 100 cd/m<sup>2</sup> und geringerer Systemlast gemessen; beim Videoabspielen mit 200 cd/m<sup>2</sup> war der Akku eine Stunde früher leer (5,7 statt 6,7 Stunden).

Der Core i7-1260P mit vier Performance- und acht Effizienzkerne (4P + 8E) schafft nicht die Rechenleistung, die viele andere Notebooks aus ihm kitzeln. Im Gegenzug dreht das Kühlssystem mit maximal 0,9 sone nie unangenehm auf und das Notebook ist angenehm leicht. Das Topmodell der zwölften Core-i-Generation, der Core i7-1280P (6P + 8E), steht hierzulande nicht zur Wahl, es besteht aber die Option auf schwächere U-Modelle (2P + 8E).

Im Fachhandel findet man den matten OLED-Bildschirm nur in wenigen Topmodellen wie dem 3000-Euro-Testgerät. In Lenovos Webshop kann man ihn hingegen auch nur mit einem Core i5 und wenig Speicher kombinieren sowie das LTE-Modem weglassen. Die Preise beginnen dann bei rund 2200 Euro ohne Windows-Vorinstallation.

Alle Konfigurationen gemein ist die tolle Tastatur mit zweizeiliger Entertaste und nach vorne gezogenem Cursorblock, wodurch seine Tasten ausreichend groß ausfallen. Der Mauszeiger lässt sich mit dem gestenfähigen Touchpad oder über den in die Tastatur eingelassenen Trackpoint bewegen.

- ⬆️ matter OLED-Bildschirm
- ⬆️ tolle Tastatur
- ⬇️ kurze Laufzeit
- ⬇️ sehr teuer

Preis Testkonfiguration: 3000 Euro

## LG Gram 14 (2022)

Der Name Gram ist bei LGs Notebooks Programm: Das Testgerät wiegt weniger als ein Kilogramm und gehört damit zu den leichtesten 14-Zöllern überhaupt. Gleichzeitig hat es mit 24 Stunden die längste Akkulaufzeit im Testfeld. Die CPU-Performance geht in Ordnung, allerdings läuft der Lüfter schon bei kurzer Last an und geht bei warm gelaufenem Notebook gar nicht mehr aus.

Farbstarke Bildschirme im arbeitsfreundlichen 16:10-Format fand man bereits beim Vorgängermodell, doch mit der 2022er-Generation hat LG endlich den größten verbliebenen Knackpunkt beseitigt: Die Oberfläche ist matt und nicht mehr wie früher spiegelnd.

Das weiße Testgerät mit Core i5-1240P kostet mit 1100 Euro vergleichsweise wenig und war bei Redaktionsschluss ausverkauft. Mit (minimal flotterem) Core i7-1260P und 1 TByte statt 512 GByte SSD-Speicherplatz bekommt man das Notebook für 1300 Euro in Grau. Businessmodelle mit Windows 11 Pro statt Home waren bei Redaktionsschluss nur für die größeren Schwesterbaureihen Gram 16 und Gram 17 angekündigt.

Zu den Softwarebeigaben der Vorinstallation gehört das Hilfsprogramm Virtoo, dass anders als Microsofts Smartphone-Link nicht nur die Oberfläche von Android-Smartphones aufs Notebook holt, sondern auch die von iPhones. Softwarepflege für dieses Tool (und das Pendant von Dell) darf man aber nicht mehr erwarten: Die Softwareschmiede Screenovate wurde inzwischen von Intel gekauft, und Intel will die Software in bisheriger Form nicht mehr fortführen. Stattdessen soll sie zum Bestandteil künftiger Notebookgenerationen werden, die das Marketinglogo Evo tragen.

An der beleuchteten Tastatur missfällt die einzeilige Enter-Taste. Am Cursorblock gibt es dagegen weniger zu mäkeln: Er wurde zwar auch in eine Zeile gequetscht, doch weil diese mehr Tiefe als das restliche Tastenfeld hat, fallen die Pfeiltasten größer aus als bei vielen Konkurrenten. Die großzügige Schnittstellenauswahl überzeugt mit normalgroßem HDMI-Ausgang, zwei Thunderbolt-4-fähigen USB-C-Buchsen, zwei eckigen USB-A-Buchsen, analogem Audioausgang und MicroSD-Kartenleser.

- ⬆️ matter Bildschirm
- ⬆️ sehr leicht
- ⬆️ sehr lange Laufzeit
- ⬇️ Lüfter immer hörbar

Preis Testkonfiguration: 1100 Euro



## Microsoft Surface Laptop 5 13,5"

Der Surface Laptop 5 ist das einzige Notebook im Testfeld, dem kein USB-C-Netzteil beiliegt. Stattdessen setzt Microsoft weiterhin auf den hauseigenen magnetischen Surface-Konnektor, der auch proprietäre Dockingstationen anbindet. Letzteres ist aber keine Pflicht mehr: Mit dieser Generation beherrscht der Surface Laptop endlich wie andere Oberklassenotebooks Thunderbolt und arbeitet mit solchen Docks zusammen.

Mit nur je einer USB-Buchse im Typ-A- und -C-Format sowie einem analogen Audioausgang fällt das Schnittstellenangebot mager aus. Externe Monitore oder Beamer lassen sich also nur mit Adapterkabel anstecken. Ein Kartenleser ist genauso wenig an Bord wie ein Fingerabdruckleser; biometrisches Einloggen ist per Windows-Hello-Webcam möglich. Die Singlethreading-Performance des Core i7-1265U war im Test unterdurchschnittlich. Der Lüfter agiert sehr zurückhaltend; beim Testgerät störte allerdings manchmal eine zirpende Spule die vorgesehene Ruhe.

Mit dieser Laptop-Generation wurde AMD als CPU-Lieferant aussortiert. Dennoch verkauft Microsoft den Surface Laptop 5 in der getesteten 13,5-Zoll-Version (es gibt auch ein 15-Zoll-Modell) in zog Konfigurationen – allein schon, weil es vier Gehäusefarben gibt. Einstiegsmodelle ab 1200 Euro haben eine unrhümlich knappe Speicherausstattung (8 GByte aufgelöster LPDDR5-Speicher, 256er SSD); nicht alle Hardware-interna gibt es mit allen Gehäusefarben. Unser sinnvoll ausgestattetes, über 2000 Euro teures Testgerät ist eine Commercial-Version, die Privatkunden nicht direkt bei Microsoft bekommen, wohl aber im Fachhandel. Solche Business-Modelle erkennt man am vorinstallierten Windows 11 Pro statt Home und daran, dass sie keine schick designete Umverpackung haben, sondern einen schlichten braunen Karton.

Wie bei allen Surface-Geräten repariert Microsoft außerhalb der (erweiterbaren) Ein-Jahres-Garantie nur gegen fixe und vergleichsweise hohe Pauschalen, die in der Regel einen kompletten Gerätetausch mit sich bringen. Ein Akkutausch kostet knapp 430 Euro und alle anderen Reparaturen über 610 Euro.

- ▲ leise
- ▲ 3:2-Touchscreen
- wenig Schnittstellen
- hohe Reparaturpauschalen

Preis Testkonfiguration: 2050 Euro

3 bis 10 Wochen für ein neues Scharnier, mal 10 bis 30 Wochen für ein internes Kabel.

Microsoft will in Zukunft mit iFixit kooperieren, doch davon sieht man noch nicht viel – im Gegenteil: Microsoft hat bei seinen 2022er-Geräten die Pauschalen erhöht, die im Servicefall berechnet werden, und obendrein deren Klassifizierung vergröbert. Statt wie beim Surface Laptop 3 und 4 mehrstufige Preise je nach Schadensart (Flüssigkeit, Bildschirm/Sturz, Akku, Sonstiges) zwischen 330 und 550 Euro auszuweisen, gibt es jetzt beim hier getesteten Surface Laptop 5 nur noch Akkutausch oder Komplett-reparatur. Letztere kostet über 610 Euro, und für einen neuen Akku berechnet Microsoft unverschämte 430 Euro.

Zum Vergleich: HP listet einen neuen Stromspender in seiner Ersatzteilsuchmaschine für rund 130 Euro; Framework verkauft seine für 65 Euro. Huawei verlangt für einen Akkutausch 100 Euro; in dem Posten sind neben dem Akku auch Arbeitszeit sowie Hin- und Rückversand zum Servicezentrum enthalten. Nutzer aus Berlin und Umgebung können das Notebook auch vor Ort im dortigen Huawei-Store vorbeibringen. Apple ist mit seinen 16 deutschen Ladengeschäften noch näher an seinen Kunden.

Von niederschwülligen Angeboten wie bei Smartphones, wo man in jeder größeren Einkaufsstraße neue Akkus (und Displays) von Fremdanbietern bekommt und man Handys von Apple, Huawei und Samsung auch in vielen MediaMarkt- und Saturn-Filialen vor Ort mit Originalteilen reparieren lassen kann, sind Notebooks weit entfernt.

Kein Hersteller sagt verbindlich, wie lange Ersatzteile vorgehalten werden – auch Framework nicht. Während Reparierbarkeit und eine möglichst lange Nutzbarkeit dort aber einfach zum Konzept des Start-ups dazugehört (und es keinerlei Anzeichen gibt, die Zweifel aufkommen lassen), hat man bei etablierten Herstellern die besten Chancen bei teuren Business-Notebooks [2].

Diese gibt es auf Wunsch mit bis zu fünf Jahren Garantie, und so lange sollten auch Ersatzteile mindestens verfügbar sein, selbst wenn man keine Garantieverlängerung abschließt. Im Testfeld fallen die beiden Notebooks von Lenovo sowie die von Dell und HP in diese Kategorie, doch auch Huawei bietet gegen Aufpreis bis zu fünf Jahre Garantie. Bei allen anderen stehen die Chancen viel schlechter, dass man etwa nach vier bis fünf Jahren noch einen neuen Akku bekommt – und viel früher machen nur die wenigsten Stromspender schlapp.

### Flotte Schnittstellen

Alle Kandidaten bieten flotte USB-C-Buchsen mit bis zu 40 Gbit/s. Die Intel-Maschinen haben Thunderbolt 4 an Bord, die AMD-Notebooks USB4. Dass USB4 bei Windows-Notebooks technisch ebenbürtig mit Thunderbolt agiert, liegt nicht allein am USB-Standard – der lässt nämlich viele Features optional. Stattdessen hatte Microsoft offenbar die Faxen um verwirrende USB-Bezeichnungen dicke und festgelegt, dass Notebooks alle Thunderbolt-Funktionen inklusive durchgereichtes PCIe bieten müssen, wenn der Hersteller die USB-Buchse mit USB4 bezeichnen will.

Microsoft kann solche Richtlinien durchsetzen, weil Windows die Notebookwelt regiert: Das von den Notebookherstellern ersehnte, weil mit Marketinggeldern bezuschusste Windows-Logo auf einer Handballenablage bedeutet nicht nur, dass Windows vorinstalliert ist, sondern eben auch, dass das Gerät alle von Microsoft vorgesehenen Vorgaben erfüllt.

Aus Kundensicht sind diese angezogenen Daumenschrauben bei USB4 eindeutig zu begrüßen, auch wenn kurzfristig dadurch

das ein oder andere Gerät hinsichtlich USB4 auf der Strecke bleibt. Sie sind jedenfalls die einzige schlüssige Erklärung für die Tatsache, dass das Asus ZenBook S13 im Frühjahr mit einem Beta-BIOS problemlos an einem Thunderbolt-Dock lief [3], bis heute aber kein offizielles BIOS mit USB4-Unterstützung erhalten hat und Asus im Datenblatt nur von USB 3.2 spricht. Mehrere Rückfragen an Asus, warum USB4 immer noch nicht unterstützt wird, blieben bislang ohne Antwort.

## Mängelscheinungen

Der Surface Laptop 5 punkt gemäß Wi-Fi 6, bei allen anderen steht Wi-Fi 6E im Datenblatt. Bei den Notebooks von Asus, Dell und HP offenbarte sich allerdings, dass man die 6E-Besonderheit, nämlich WLAN im 6-GHz-Band, noch nicht nutzen kann: Sie wollten keinen Kontakt zu eben solchen Funknetzen aufzubauen. So was kennen wir schon von anderen Wi-Fi-6E-fähigen Notebooks des vergangenen halben Jahres, wo 6-GHz-Funk erst mit einem späteren Update freigeschaltet wurde.

LAN-Buchsen sucht man im Testfeld vergeblich; Kartenleser haben nur die Notebooks von Asus und LG. Beide nehmen lediglich kleine MicroSD-Kärtchen auf und bremsen rasante Exemplare aus. Bei allen Notebooks kann man sich biometrisch per Fingerabdruck einloggen; eine noch komfortablere Windows-Hello-Kamera ist hingegen nicht selbstverständlich. Beleuchtete Tastaturen gehören in dieser Preislage zum Standard, ein Um-

gebungslichtsensor nicht: So einen findet man nur bei HP, Huawei, Microsoft und dem günstigen ThinkBook, aber nicht beim viel teureren ThinkPad.

## Performancegefälle

In den Intel-Notebooks kommt die zwölfte Core-i-Generation in allen vier mobilen Ausführungen zum Einsatz, nämlich 12xOU, 12x5U, 12xOP und 12xOOH. Die Aufzählung ist nach aufsteigender Performance laut Datenblatt geordnet; die Praxis kann je nach Kühlssystem des Notebooks aber Grenzen verwischen. So kommt der i7-1260P im Acer Swift 5 fast an den i7-12700H im Asus ZenBook 14X ran, während er in Huaweis MateBook X Pro und Lenovo ThinkPad X1 Carbon Gen 10 weniger Leistung entwickelt – die beiden bleiben aber auch viel leiser als das Acer-Notebook.

Im LG Gram 14 läuft der i5-1240P langsamer, weil das Gerät besonders leicht ist: Ein ausladenderes Kühlssystem würde mehr wiegen. Beim Surface Laptop 5 ist uns eine unterdurchschnittliche Single-threading-Leistung aufgefallen. Vermutlich bremst Microsoft den Core i7-1265U absichtlich aus, damit man in Ruhe arbeiten kann. Der Lüfter ist jedenfalls selbst bei anhaltender Last auf allen Kernen kaum zu hören – und auch sonst kaum. Ähnlich sieht es beim ThinkBook 13s Gen 4 aus: Sein Ryzen 5 6600U ist deutlich langsamer als der laut Datenblatt identisch getaktete Ryzen 5 Pro 6650U im HP EliteBook 845 G9, doch im Gegenzug

bleibt es selbst unter anhaltender Last flüssiger.

Die längsten Laufzeiten schaffen die Notebooks mit energieeffizienten und vergleichsweise niedrig auflösenden 1920er-Bildschirmen; das leichte Gram 14 triumphiert mit bis zu 24 Stunden vor dem EliteBook 845 G9 (21 Stunden) und dem ThinkBook 13s Gen 4 (19 Stunden). Je höher die Auflösung, desto kürzer die Laufzeit; die beiden Notebooks mit hochauflösenden und farbstarken OLEDs (Asus ZenBook 14X, Lenovo ThinkPad X1 Carbon Gen 10) sortieren sich ebenfalls am hinteren Ende ein.

## Fazit

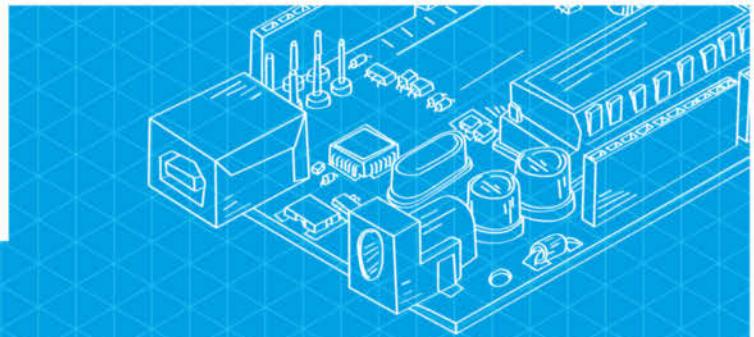
Das Testfeld spiegelt die breite Auswahl wider, die es an kompakten Notebooks gibt. Das Acer Swift 5 (SF514-56T) und das Asus ZenBook 14X Space Edition liefern viel Rechenleistung, werden dabei aber laut. Lenovo und Microsoft habe ihre ThinkBook 13s Gen 4 (ARB) beziehungsweise Surface Laptop 5 13,5" genau anders herum abgestimmt: Die maximale Rechenleistung ist mitunter nur halb so hoch (aber immer noch ausreichend), doch sie bleiben leise. Das ZenBook und Lenovos ThinkPad X1 Carbon Gen 10 haben farbstarke OLED-Bildschirme, der im X1 ist sogar matt.

Besonders lange Laufzeiten gibt es nur, wenn man auf besonders knackige Farben und hohe Auflösungen verzichtet: Das LG Gram 14 (2022) schafft bis zu 24 Stunden und ist obendrein ausgespro-

## Kompakte Premium-Notebooks

Modell	CPU (Kerne) / GPU	Gewicht [kg]	Lautstärke (idle / Last) [sone]	Laufzeit (Last / idle) [h]	CineBench R23 (1T / nT)	3DMark (Time Spy)
Acer Swift 5 (SF514-56T)	Core i7-1260P (4P + 8E) / Iris Xe	1,28	<0,1/1,7	1,4/16,5	1760/10899	1981
Asus ZenBook 14X Space Edition	Core i7-12700H (6P + 8E) / Iris Xe	1,48	<0,1/1,4	2/9,7	1712/12836	1958
Dell Latitude 9330 2-in-1	Core i7-1260U (2P + 8E) / Iris Xe	1,25	<0,1/0,6	2,6/11,8	1636/6890	1391
HP EliteBook 845 G9	Ryzen 5 Pro 6650U (6P) / Radeon 660M	1,42	<0,1/0,8	2,2/21	1462/8128	1149
Huawei MateBook X Pro (2022)	Core i7-1260P (4P + 8E) / Iris Xe	1,26	<0,1/0,7	1,9/12,6	1675/9121	1797
Lenovo ThinkBook 13s Gen 4 (ARB)	Ryzen 5 6600U (6P) / Radeon 660M	1,23	<0,1/0,1	3,1/18,8	1455/6063	1452
Lenovo ThinkPad X1 Carbon Gen 10	Core i7-1260P (4P + 8E) / Iris Xe	1,15	<0,1/0,9	1,6/12,1	1619/9297	1637
LG Gram 14 (2022)	Core i5-1240P (4P + 8E) / Iris Xe	0,97	<0,1/0,8	3,1/24,1	1468/8080	1485
Microsoft Surface Laptop 5 13,5"	Core i7-1265U (2P + 8E) / Iris Xe	1,31	<0,1/0,5	2,5/18	1121/7485	1767
<b>zum Vergleich (aus [1])</b>						
Apple MacBook Air (2022)	M2 (4P + 4E) / M2	1,22	0/0	2,7/19	1577/8651	–
Asus ExpertBook B2 (B2402CB)	Core i7-1260P (4P + 8E) / Iris Xe	1,62	<0,1/1,2	1,9/12,9	1601/7127	1272
Dell XPS 13 Plus (9320)	Core i7-1260P (4P + 8E) / Iris Xe	1,24	<0,1/1,3	1,8/14,9	1509/9170	1796
Dynabook Portégé X30W-K	Core i7-1260P (4P + 8E) / Iris Xe	0,95	<0,1/1,2	2/20,2	1671/7145	1771
Framework Laptop (2022)	Core i7-1260P (4P + 8E) / Iris Xe	1,31	<0,1/3,1	1,4/10,8	1518/10147	1411
HP Elite Dragonfly G3	Core i7-1255U (2P + 8E) / Iris Xe	1,18	<0,1/0,2	2,7/20,3	1642/6125	1494
Lenovo ThinkPad X13s	8cx Gen3 (4P + 4E) / Adreno 690	1,14	0/0	3,7/12,2	586/3509	912
Lenovo ThinkPad Z13 Gen 1	Ryzen 7 Pro 6860Z (8P) / Radeon 680M	1,29	<0,1/1,5	3/17,2	1523/11919	2530

# Make:



## DAS KANNST DU AUCH!



### 2x Make testen und über 9 € sparen!

#### Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Make: Tasse
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv\*
- ✓ Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 16,10 € statt 25,80 €

\* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen: [make-magazin.de/miniauto](http://make-magazin.de/miniauto)

## Kompakte Premium-Notebooks: Daten und Testergebnisse

Modell	Acer Swift 5 (SF514-56T)	Asus ZenBook 14X Space Edition	Dell Latitude 9330 2-in-1	HP EliteBook 845 G9
getestete Konfiguration	SF514-56T-7173	UX5401ZAS-L7004W	95KXTQ3	6F6H8EA
Lieferumfang	Windows 11 Home, Netzteil	Windows 11 Home, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil, USB-C-auf-A-Adapter	Windows 11 Pro, Netzteil
<b>Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)</b>				
HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	L / - / ✓ (-)	L / - / ✓ (-)	- / - / ✓ (✓)	L / - / ✓ (✓)
USB / LAN / Klinke	3 × L (2 × Typ C), 1 × R (Typ C) / - / R	2 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / R	2 × L (2 × Typ C), 1 × R (Typ C) / - / R	3 × L (2 × Typ C), 1 × R (Typ C) / - / R
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	- / - / -	R (MicroSD) / - / -	- / - / -	- / - / -
USB-C: 40 Gbit/s / 10 Gbit/s / DP-Alt / Laden	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
<b>Ausstattung</b>				
Display	14 Zoll (35,6 cm), 2560 × 1600, 16:10, 215 dpi, 60 Hz, 17 ... 399 cd/m², spiegelnd, IPS, Touch	14 Zoll (35,6 cm), 2880 × 1800, 16:10, 242 dpi, 90 Hz, 3 ... 332 cd/m², spiegelnd, OLED, Touch	13,3 Zoll (33,7 cm), 2560 × 1600, 16:10, 227 dpi, 60 Hz, 1 ... 449 cd/m², spiegelnd, IPS, Touch	14 Zoll (35,6 cm), 1920 × 1200, 16:10, 161 dpi, 60 Hz, 17 ... 373 cd/m², matt, IPS
Prozessor	Intel Core i7-1260P (4 P-Kerne + 8 E-Kerne)	Intel Core i7-12700H (6 P-Kerne + 8 E-Kerne)	Intel Core i7-1260U (2 P-Kerne + 8 E-Kerne)	AMD Ryzen 5 Pro 6650U (6 P-Kerne)
Hauptspeicher	16 GByte LPDDR5	16 GByte LPDDR5	16 GByte LPDDR5	8 GByte DDR5
Grafikchip (Speicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)	AMD Radeon 660M (vom Hauptspeicher)
Sound	Realtek ALC256	Realtek ALC294	Realtek	Realtek ALC245
LAN / WLAN	- / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / MediaTek MT7922 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / Qualcomm 6900 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)
Mobilfunk / Bluetooth	- / Intel	- / MediaTek	Intel 5000 (5G) / Intel	optional / Qualcomm
Touchpad (Gesten) / Fingerabdruckleser	HID (max. 4 Finger) / Elan	HID (max. 4 Finger) / Elan	HID (max. 4 Finger) / Broadcom	HID (max. 4 Finger) / Synaptics
SSD	Samsung PM9A1 (1024 GByte)	Samsung PM9A1 (1024 GByte)	WDC SN530 (512 GByte)	SKHynix BC711 (256 GByte)
<b>Gewicht, Maße, Stromversorgung</b>				
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,28 kg / 31,1 cm × 22,2 cm / 1,9 ... 2 cm	1,48 kg / 31,2 cm × 22,1 cm / 1,8 ... 1,9 cm	1,25 kg / 29,6 cm × 20,7 cm / 1,7 cm	1,42 kg / 31,5 cm × 22,3 cm / 2 ... 2,2 cm
Tastaturhöhe / Tastennraster	1,2 cm / 19 mm × 18,5 mm	1,2 cm / 19 mm × 18,5 mm	1,1 cm / 18 mm × 18 mm	1,3 cm / 18,5 mm × 18 mm
Akku (Ladestopp < 100% einstellbar)	56 Wh Lithium-Ionen (✓)	63 Wh Lithium-Ionen (✓)	50 Wh Lithium-Ionen (✓)	51 Wh Lithium-Ionen (✓)
Netzteil (Notebookzuleitung abnehmbar)	65 W, 196 g (-)	100 W, 409 g (-)	60 W, 259 g (✓)	65 W, 309 g (-)
bei USB-PD: 5 / 9 / 12 / 15 / 20 Volt mit ...	3 / 3 / 3 / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 5 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3 Ampere	3 / 3 / 5 / 4,33 / 3,25 Ampere
<b>Leistungsaufnahme</b>				
Suspend / ausgeschaltet	0,8 W / 0,6 W	1,1 W / 0,4 W	0,7 W / 0,3 W	0,6 W / 0,4 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	2,7 W / 4,4 W / 7,2 W	2,3 W / 6,8 W / 7,6 W	3,7 W / 6,7 W / 9 W	2,2 W / 3,7 W / 5,8 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	65 W / 16 W / 50 W	93 W / 19 W / 55 W	47 W / 13,6 W / 29 W	46 W / 12,4 W / 31 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	65 W / 0,55	105 W / 0,94	62 W / 0,58	69 W / 0,57
<b>Laufzeit, Geräusch, Benchmarks</b>				
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max.)	16,5 h / 7,2 h / 1,4 h	9,7 h / 4,8 h / 2 h	11,8 h / 6 h / 2,6 h	21 h / 9,3 h / 2,2 h
Ladestand nach 1 h Laden	78 %	71 %	50 %	75 %
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 1,7 sone	<0,1 sone / 1,4 sone	<0,1 sone / 0,6 sone	<0,1 sone / 0,8 sone
Massenspeicher lesen / schreiben	4579 / 3386 MByte/s	4446 / 4470 MByte/s	2113 / 1776 MByte/s	3166 / 1719 MByte/s
Leserate SD-Karte	-	70 MByte/s	-	-
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20m)	157-413 / 365-517 / 186-211 Mbit/s	-¹ / 338-364 / 165-199 Mbit/s	-¹ / 358-491 / 264-305 Mbit/s	-¹ / 276-379 / 279-310 Mbit/s
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 99 dBa	⊕⊕ / 99,3 dBa	⊕ / 96,8 dBa	⊕ / 92 dBa
Cinebench R23 Rendering (1T / nT)	1760 / 10899	1712 / 12836	1636 / 6890	1462 / 8128
Geekbench 5 (Single / Multi)	1718 / 10156	1807 / 11285	1703 / 7272	1441 / 5637
3DMark: Night Raid / Fire Strike / Time Spy	18437 / 5196 / 1981	18375 / 5182 / 1958	12706 / 3741 / 1391	12983 / 3037 / 1149
<b>Bewertung</b>				
Laufzeit	⊕	⊖	○	⊕⊕
Rechenleistung Büro / 3D-Spiele	⊕⊕ / ⊖	⊕⊕ / ⊖	⊕ / ⊖	⊕⊕ / ⊖
Display / Geräuschentwicklung	⊕ / ⊖⊖	⊕ / ⊖	⊕ / ○	⊕ / ○
<b>Preis und Garantie</b>				
Straßenpreis Testkonfiguration	1500 €	1600 €	3100 €	1200 €
Garantie	2 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	3 Jahre
⊕⊕ sehr gut	⊕ gut	○ zufriedenstellend	⊖ schlecht	⊖⊖ sehr schlecht
✓ vorhanden	- nicht vorhanden	k. A. keine Angabe	¹ siehe Text	

chen leicht. HPs EliteBook 845 G9 ist eines von wenigen modernen Notebooks, wo man den Arbeitsspeicher noch selbst erweitern kann. Dells Latitude 9330 2-in-1 und das ThinkPad X1 haben integrierte Mobilfunkmodems, das EliteBook gibt es optional mit solchem. Die drei und das

ThinkBook sind Business-Notebooks, die man wie auch das Huawei MateBook X Pro (2022) gegen Aufpreis mit bis zu fünf Jahren Garantie bekommt; mit ihnen hat man die besten Chancen, nach so langer Zeit einen Defekt auch noch repariert zu bekommen.

Besonders hohe CPU-Performance, ein OLED-Bildschirm, Mobilfunkmodem und andere Leckereien schlagen direkt auf den Geldbeutel durch. Wer einfach nur ein schnielles Arbeitsgerät ohne Sperrenzchen wünscht, wird schon für vergleichsweise wenig Geld fündig: Die beiden günstigsten

Huawei MateBook X Pro (2022)	Lenovo ThinkBook 13s Gen 4 (ARB)	Lenovo ThinkPad X1 Carbon Gen 10	LG Gram 14 (2022)	Microsoft Surface Laptop 5 13,5"
53013FNV	21AS0006GE	21CB00B9GE	14Z90Q-G.AA54G	RBH-00030
Windows 11 Home, Netzteil, USB-C-auf-A-Adapter	Windows 11 Pro, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil	Windows 11 Home, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil
- / - / ✓ (✓)	L / - / ✓ (-)	L / - / ✓ (✓)	L / - / ✓ (✓)	- / - / ✓ (✓)
2 × L (2 × Typ C), 2 × R (2 × Typ C) / - / L	2 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / R	3 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / R	2 × L (2 × Typ C), 2 × R / - / L	2 × L (1 × Typ C) / - / L
- / - / -	- / - / -	- / - / -	R (MicroSD) / - / -	- / - / R
✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
14,2 Zoll (36,1 cm), 3120 × 2080, 3:2, 263 dpi, 90 Hz, 1 ... 491 cd/m², spiegelnd, IPS, Touch	13,3 Zoll (33,7 cm), 1920 × 1200, 16:10, 171 dpi, 60 Hz, 3 ... 270 cd/m², matt, IPS	14 Zoll (35,6 cm), 2880 × 1800, 16:10, 242 dpi, 60 Hz, 4 ... 399 cd/m², matt, OLED	14 Zoll (35,6 cm), 1920 × 1200, 16:10, 161 dpi, 60 Hz, 22 ... 298 cd/m², matt, IPS	13,5 Zoll (34,3 cm), 2256 × 1504, 3:2, 200 dpi, 60 Hz, 4 ... 351 cd/m², spiegelnd, IPS, Touch
Intel Core i7-1260P (4 P-Kerne + 8 E-Kerne)	AMD Ryzen 5 6600U (6 P-Kerne)	Intel Core i7-1260P (4 P-Kerne + 8 E-Kerne)	Intel Core i5-1240P (4 P-Kerne + 8 E-Kerne)	Intel Core i7-1265U (2 P-Kerne + 8 E-Kerne)
16 GByte LPDDR5	16 GByte LPDDR5	32 GByte LPDDR5	16 GByte LPDDR5	16 GByte LPDDR5
Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)	AMD Radeon 660M (vom Hauptspeicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)
Senary	Realtek ALC257	Realtek ALC287	Realtek ALC256	Realtek ALC274
- / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / MediaTek RZ616 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / Intel AX201 (Wi-Fi 6, 2 Streams)
- / Intel	- / Intel	Fibocom L860-GL (LTE) / Intel	- / Intel	- / Intel
HID (max. 4 Finger) / Goodix	HID (max. 4 Finger) / Goodix	Trackpoint + HID (max. 4 Finger) / Synaptics	HID (max. 4 Finger) / -	HID (max. 4 Finger) / -
YMA (1024 GByte)	Micron 2450 (512 GByte)	Samsung PM9A1 (2048 GByte)	Samsung PM9A1 (512 GByte)	SKHynix BC711 (512 GByte)
1,26 kg / 30,9 cm × 22 cm / 1,5 ... 1,8 cm	1,23 kg / 29,7 cm × 21 cm / 1,7 ... 1,8 cm	1,15 kg / 31,4 cm × 22 cm / 1,7 ... 2 cm	0,97 kg / 31,2 cm × 21,4 cm / 1,6 ... 2,1 cm	1,31 kg / 30,8 cm × 22,3 cm / 1,1 ... 1,6 cm
1,1 cm / 19 mm × 19 mm	1,3 cm / 18,5 mm × 18 mm	1,1 cm / 19 mm × 18,5 mm	1 cm / 19 mm × 18,5 mm	0,7 cm / 19 mm × 18,5 mm
60 Wh Lithium-Ionen (✓)	56 Wh Lithium-Ionen (✓)	57 Wh Lithium-Ionen (✓)	72 Wh Lithium-Ionen (✓)	48 Wh Lithium-Ionen (-)
90 W, 238 g (✓)	65 W, 185 g (-)	65 W, 312 g (-)	65 W, 291 g (-)	60 W, 305 g (-)
2 / 3 / 3 / 5 / 4,5 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	-
1 W / 0,2 W	0,6 W / 0,5 W	0,8 W / 0,3 W	0,7 W / 0,4 W	0,4 W / 0,3 W
3,4 W / 6,5 W / 11,2 W	2,6 W / 4,8 W / 6,3 W	2,5 W / 5,3 W / 5,9 W	2,7 W / 4,5 W / 6,4 W	1,4 W / 3,7 W / 5,5 W
92 W / 21 W / 61 W	22 W / 12,7 W / 24 W	58 W / 15 W / 54 W	62 W / 13,1 W / 35 W	42 W / 12,9 W / 36 W
92 W / 0,91	68 W / 0,54	63 W / 0,54	67 W / 0,65	64 W / 0,58
12,6 h / 6,1 h / 1,9 h	18,8 h / 9,6 h / 3,1 h	12,1 h / 5,7 h / 1,6 h	24,1 h / 10 h / 3,1 h	18 h / 7,1 h / 2,5 h
81 %	88 %	65 %	59 %	71 %
<0,1 sone / 0,7 sone	<0,1 sone / 0,1 sone	<0,1 sone / 0,9 sone	<0,1 sone / 0,8 sone	<0,1 sone / 0,5 sone
3114 / 2170 MByte/s	3367 / 2965 MByte/s	5391 / 3969 MByte/s	5679 / 4111 MByte/s	3198 / 2089 MByte/s
-	-	-	76 MByte/s	-
159-387 / 204-429 / 200-312 Mbit/s	95-161 / 122-145 / 191-342 Mbit/s	158-249 / 250-468 / 258-296 Mbit/s	131-271 / 162-338 / 227-306 Mbit/s	- / 155-512 / 245-321 Mbit/s
⊕⊕ / 99,6 dBA	○ / 88,8 dBA	⊕⊕ / 99,5 dBA	⊕⊕ / 98,3 dBA	⊕⊕ / 100 dBA
1675 / 9121	1455 / 6063	1619 / 9297	1468 / 8080	1121 / 7485
1776 / 9296	1486 / 5472	1669 / 8871	1607 / 7918	1196 / 6413
16437 / 4859 / 1797	14278 / 3677 / 1452	16758 / 4484 / 1637	12675 / 4040 / 1485	16444 / 4680 / 1767
○	⊕⊕	○	⊕⊕	⊕⊕
⊕⊕ / ⊖	⊕ / ⊖	⊕⊕ / ⊖	⊕⊕ / ⊖	⊕ / ⊖
⊕ / ○	⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ⊕
2200 €	1000 €	3000 €	1100 €	2050 €
2 Jahre	1 Jahr	3 Jahre	2 Jahre	1 Jahr

Probanden Lenovo ThinkBook 13s G4 (ARB) und das LG Gram 14 (2022) gehören zu denen mit den längsten Laufzeiten im Testfeld. Sie haben keine nennenswerten Schwächen und trotzdem Besonderheiten wie sehr leise Lüfter (Lenovo) und besonders geringes Gewicht (LG).  
(mue@ct.de) 

## Literatur

- [1] Florian Müssig, Gehobene Gerätschaft, Kompakte Edel-Notebooks mit Prozessoren von AMD, Apple, Intel und Qualcomm, c't 21/2022, S. 88
- [2] Florian Müssig, Mobile Lebensverlängerung, Wie lange Notebookhersteller Ersatzteile vorhalten und wann sich eine Reparatur lohnt, c't 3/2022, S. 88
- [3] Florian Müssig, Mobile Aufholjagd, Asus ZenBook S 13 OLED: Erstes Notebook mit AMD Ryzen 7 6800U, c't 14/2022, S. 98
- [4] Florian Müssig, Doppeldisplay, Asus W5Fe mit zwei Bildschirmen, c't 8/2007, S. 68
- [5] Florian Müssig, Kleine 12er, Kompakte Notebooks mit Prozessoren der zwölften Core-i-Generation, c't 12/2022, S. 90



Bild: Rudolf A. Blaha

# Von Tooten und Tröten

## Sechs Mastodon-Clients für Android und iOS

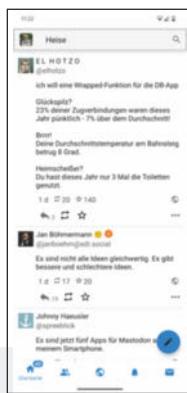
**Erst mit einer passenden App lässt sich die Twitter-Alternative Mastodon am Smartphone wirklich ausreizen. Das Aussehen und der Funktionsumfang der Apps unterscheiden sich aber erheblich. Wir haben geschaut, welche sich für wen eignet.**

Von Stefan Porteck

Auch wenn es Mastodon schon seit etlichen Jahren gibt, so richtig kam das soziale Netzwerk in der breiten Öffentlichkeit bisher nicht an. Ausgerechnet ein waschechter Karrierist und Kapitalist könnte das Ganze jetzt richtig groß machen. Und nun wo die Twitter-Karawane in großem Zug zu Mastodon wandert, entdecken manche Nutzer ernüchtert: Mastodon ähnelt Twitter zwar, funktioniert in vielen Punkten aber doch etwas umständlicher.

Die wenigsten Umstiegs-Wehwehen treten auf, wenn die Mastodon-App möglichst so aussieht und sich so anfühlt wie Twitter. Auf der anderen Seite gibt es Nutzer, die mit Mastodon ein neues So-

cial-Media-Kapitel aufschlagen und möglichst alle Stärken und Features der Plattform auch in der Smartphone-App nutzen wollen. Wir haben uns deshalb sechs vielversprechende Mastodon-Apps für Android und iOS angeschaut. Mit von der Partie sind die offizielle App und Alternativen von Drittanbietern. Manche locken mit schickem Aussehen, beispielsweise Tusky und das kostenpflichtige Toot!, andere lassen sich umfangreich konfigurieren und anpassen, wie etwa das ebenfalls kostenpflichtige Fedilab. Eine Sonderrolle nimmt Twidere ein, denn dort hinterlegt man Accounts von Twitter und Mastodon in einer App, was den Umstieg erleichtert. Dank des Freemium-Modells kann man



## Fedilab

Fedilab unterstützt nahezu alle Funktionen des Mastodon-Netzwerks. Mit Filtern, temporären Stummschaltungen und anderen Features lässt sich Fedilab sehr umfangreich konfigurieren und stellt Funktionen breit, die man woanders nicht findet. Darüber hinaus wartet die App mit praktischen Extras auf, etwa dem Export der Einstellungen oder dem automatischen Übersetzen fremdsprachiger Nachrichten. Einziger Wermutstropfen ist das etwas altbackene Design.

- ⬆️ sehr umfangreich
- ⬆️ sinnvolle Extras
- ⬇️ weniger hübsch

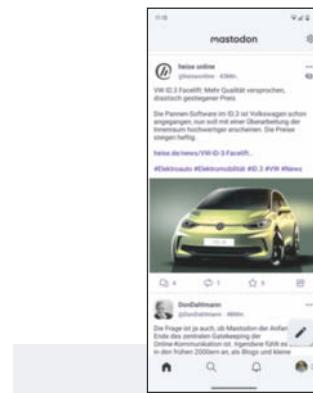
**Preis:** 2,59 Euro

Twidere auch kostenlos umfangreich ausprobieren.

Die Einrichtung geht bei allen Kandidaten flott von der Hand: Zu Beginn fragt jede App nach der Instanz, auf der das eigene Konto liegt. Dank Autovervollständigung muss man in der Serverliste nur die eigene Instanz antippen, statt den gesamten Namen einzutragen. Dann gibt man seinen Benutzernamen ein, woraufhin sich ein Custom-Chrome- beziehungsweise-Safari-Tab öffnet, der die Anmeldeseite des Instanz-Servers anzeigt. Sobald Sie dort die Anmeldedaten eingetippt haben, bekommt die App den Token und speichert ihn. Keine der Apps verlangt oder speichert somit das Passwort. Möchte man eine App nicht mehr nutzen, wideruft man einfach im Webbrowser auf dem Mastodon-Server das Zugriff-Token.

## Selbst kuratiert

Als Twitter vor einigen Jahren seine Timeline von einer chronologischen Anzeige aller Tweets in der Reihenfolge ihrer Ver-



## Mastodon

Die offizielle Mastodon-App steht kostenfrei in den Android- und iOS-Stores. Optisch weiß sie zu gefallen, bietet aber abgesehen von einem hellen und einem dunklen Thema keine Möglichkeit, die Oberfläche anzupassen. Auch insgesamt bleibt die Ausstattung hinter der anderen Apps zurück. Sie bringt zwar eine Nutzerverwaltung mit und unterstützt alle Zeitleisten, doch die meisten Komfort- und Power-Funktionen wie Listen, Filter oder das Abonnieren von Hashtags fehlen der Mastodon-App.

- ⬆️ schick
- ⬆️ kostenlos
- ⬇️ nur Basisumfang

**Preis:** kostenlos

öffentlichte auf eine kuratierte Zeitleiste umstellte, ging ein Aufschrei durch die Community: Viele empfanden das als Rückschritt, weil wie bei Facebook ein Algorithmus darüber entscheidet, was man zu sehen bekommt und was nicht. Solche Automatismen bergen stets die Gefahr, dass man zunehmend seltener aus seiner Filterblase entkommt und erschweren es, neue Dinge und Themen zu entdecken. Zudem neigen die Algorithmen dazu, Tweets mit vielen Interaktionen eine größere Reichweite einzuräumen – dummerweise sind das meist solche, die aufwühlen, polarisieren oder generell schlechte Laune verursachen.

Bei Mastodon gibt es all das nicht: Im sogenannten Home-Feed landen alle Toots genannten Posts aller Menschen, denen man folgt, chronologisch auf dem Schirm. Für Power-Nutzer hat das aber eine Kehrseite: Die Nachrichten rauschen quasi im Galopp durch die Timeline und die relevanten Beiträge gehen oft im Getümmel unter.



## Metatext

Die aufgeräumte und schicke Oberfläche von Metatext gefällt auf den ersten Blick: Einzelne Zeitleisten erreicht man über den oberen Bildschirmrand. Am unteren Rand finden sich Benachrichtigungen, Trends und die Suche. Die ausschließlich für iOS verfügbare App bringt mit Listen, Filtern und dem Speichern der Leseposition etliche sinnvolle Funktionen mit.

- ⬆️ umfangreich
- ⬆️ praktische Extras
- ⬆️ schicke Oberfläche

**Preis:** kostenlos

Ein Ausweg: Um etwas mehr Ruhe in die Timeline zu bekommen, lässt man sich von bestimmten Nutzern nur selbst verfasste Nachrichten anzeigen, aber keine geteilten Beiträge (Boosts). Dieses Stummschalten von Boosts unterstützen alle getesteten Apps. Manche Kontakte haben aber auch ohne Boosts eine so hohe Schlagzahl, dass sie den Newsfeed dominieren. Dann ist es sinnvoll, alle Beiträge einer Person stumm zu schalten und ihr Profil nur bei Bedarf aufzurufen. Auch damit dienen alle Testkandidaten. Praktisch: Fedilab unterstützt eine temporäre Stummschaltung, die sich nach gewünschter Zeit automatisch wieder deaktiviert. Eine andere besondere Funktion findet sich bei Twidere: In der App lassen sich einzelne Nutzer verkleinern. Im Newsfeed tauchen dann nur der Name und der Zeitstempel auf, aber nicht die Nachricht. Will man einen Toot lesen, maximiert man ihn einfach durch Antippen.

Wer vielen Menschen folgt, verliert trotz dieser Hilfsmittel schnell den Über-



## Toot!

So mancher Android-Nutzer dürfte einen neidischen Blick auf Toot! werfen. Die rund 5 Euro teure iOS-App hat einige Themes an Bord, die die aufgeräumte Oberfläche wahlweise klassisch schön oder bunt verspielt erscheinen lassen. Das vernünftig ausgestattete Toot! zählt nicht gerade zu den Feature-Monstern, lässt sich dafür aber intuitiv bedienen: Der Durchschnittsanwender dürfte also nichts vermissen.

- ⬆ sehr schön
- ⬆ viele Themes
- ⬇ nur auf Englisch

Preis: 4,99 Euro



## Tusky

Die kostenlose Open-Source-App Tusky für Android gibt es schon seit längerem, entsprechend wirkt sie sehr ausgereift. Die Oberfläche wartet mit einer schicken Optik auf und lässt sich an eigene Vorlieben anpassen. Tusky unterstützt sehr viele Funktionen des Mastodon-Netzwerks nativ, sodass sowohl Anfänger als auch Poweruser bei der App auf ihre Kosten kommen.

- ⬆ durchdachte Oberfläche
- ⬆ viele Funktionen
- ⬆ kostenlos

Preis: kostenlos



## Twidere

Twidere App zapft Twitter und Mastodon an. Der Client bietet Basisfunktionen und hat weitere Tricks wie das Verkleinern von Nutzern und das Lesen vom Ende der Timeline auf Lager. Einige Funktionen wie etwa die Listenverwaltung beschränken sich allerdings auf Twitter-Konten. Da mit Twidere X bereits ein Nachfolger in den Startlöchern steht, dürften fehlende Features wohl später eher dort zu finden sein.

- ⬆ für Twitter und Mastodon
- ⬆ praktische Funktionen
- ⬇ kaum Weiterentwicklung

Preis: kostenlos (Basis-Version)

blick. Da helfen eigens angelegte Benutzerlisten, sich gezielt über bestimmte Themen zu informieren. Mit der offiziellen Mastodon-App und dem Twitter-Mastodon-Hybrid Twidere geht das nicht. Ansonsten lassen sich bei allen Apps Listen anlegen, löschen, Benutzer hinzufügen oder daraus entfernen. Ruft man eine Liste auf, zeigen die Apps ausschließlich die Beiträge der ausgewählten Nutzer. Besonders bequem klappt der Aufruf bei Fedilab, das alle Listen am oberen Bildrand in der Suchleiste einblendet, sodass man mit einem Fingertipp zwischen den Ansichten wechseln kann.

## Ruhe im Käfig

Wer dem Twitter-Käfig entfleucht, muss sich beim Umstieg auf Mastodon an einigen Stellen etwas umgewöhnen. Der wohl größte Unterschied: Bei Mastodon gibt es nicht nur eine Timeline, die alle Beiträge der Nutzer enthält, denen man folgt. Dazu gesellen sich eine sogenannte lokale Timeline und eine föderierte Timeline. In der lokalen Timeline bekommt man die Toots aller Nutzer derselben Instanz zu sehen. Die föderierte Zeitleiste ist sogar noch um-

fangreicher, denn sie zeigt auch die Beiträge von allen Nutzern, denen die Nutzer der eigenen Instanz folgen.

Je nachdem, wie man mit diesen erweiterten Timelines umgeht, sind sie Segen oder Fluch zugleich: Schaut man sie sich einfach nur chronologisch an, kommt man auf großen Mastodon-Instanzen kaum hinterher, denn im Sekundentakt poppen immer wieder mehrere Toots auf. Bei der hohen Frequenz ist es praktisch unmöglich, in diesem Wust einen spannenden Beitrag oder gar eine interessante Diskussion zu finden.

Während in der eigenen Timeline das Stummschalten einiger Nutzer und Bots in früheren Zeiten ausreichte, um für Übersicht zu sorgen, so braucht man spätestens angesichts des derzeitigen Nutzenansturms drastischere Maßnahmen – nämlich in Form von Filtern. Je ausgefeilter eigene Filter gestaltet werden, desto besser verstecken sie Beiträge von Nutzern, deren Inhalte man nicht lesen möchte. Auch uninteressante oder missliebige Themen kann man damit hervorragend aus der Timeline verbannen.

Im einfachsten Fall legt man einen Filter an, der einen Benutzernamen oder Schlagwörter enthält: Fortan werden die Beiträge des Nutzers oder dem Filter entsprechende Inhalte nicht mehr angezeigt. Diese Basisfunktion fehlt im offiziellen Mastodon-Client. Die beiden iOS-Apps verstehen sich immerhin auf Schlagwörter. Unliebsame Nutzer hält man sich bei ihnen mit Blockieren oder Stummschalten vom Leib. Fedilab und Twidere unterstützen beide Filterarten. Twidere geht einen Schritt weiter und filtert nach bestimmten Quellen und Links. Wird beispielsweise ein bestimmter Artikel munter hoch und runter geteilt oder in Beiträgen immer auf dieselbe URL verwiesen, hält man auch diese Toots zuverlässig aus der Ansicht fern.

## Das gewisse Extra

Ähnlich wie Twitter bietet Mastodon die Möglichkeit, andere Nutzer vor den Inhalten der eigenen Toots zu warnen. Die Empfänger bekommen den Toot dann erst zu sehen, nachdem sie auf die Schaltfläche mit der Warnung getippt haben. Das ist im

Prinzip eine läbliche Funktion, aber für weniger sensible Zeitgenossen, die ohnehin jeden Beitrag sehen möchten, artet das mitunter in eine Tipporgie aus. Wohl deshalb darf man die Warnungen in allen außer der offiziellen App global ausschalten, um auch solche Toots grundsätzlich anzuzeigen.

Eine weitere Besonderheit bei Mastodon: Nutzer können animierte Avatare anlegen. Blinkende oder zuckende und insgesamt unruhige Timelines sind allerdings nicht jedermanns Sache. Außer bei Twidere und Toot! lässt sich der Spuk in den getesteten Apps jedoch ausschalten.

Twitter- und Mastodon-Fans der alten Schule lesen die Timeline oft von unten – also von älteren Nachrichten hin zu den neueren. Das hat im Unterschied zum Lesen von oben den Vorteil, dass man nicht ständig Toots mit Antworten oder Beziehen auf andere Toots sieht, deren Inhalt man noch gar nicht kennt. Diese klassische Leserichtung gibt es uneingeschränkt nur bei Fedilab, Metatext und bei Twidere. Tusky springt zwar beim Öffnen

und Aktualisieren der App nicht nach oben zu den neuesten Toots, sondern behält die Timeline-Position. Doch lädt die App immer nur 40 neue Nachrichten am Stück. Wer für ein paar Stunden oder Tage Mastodon-Pause eingelegt hat und sich nach oben arbeitet, stößt deshalb früher oder später auf Lücken in der Timeline und eine Schaltfläche, die die fehlenden Toots lädt. Tippt man darauf, springt die App zum jüngsten der nachgeladenen Beiträge. In diesen Fällen scrollt man also abwechselnd nach oben und nach unten.

Ein weiteres willkommenes Feature aus der Twitter-Welt ist das Abonnieren bestimmter Hashtags. Wer sich für ein bestimmtes Thema unabhängig vom Autor interessiert, wird die Funktion schnell zu schätzen wissen. Von unseren Testkandidaten warten jedoch nur Tusky und Fedilab damit auf.

## Fazit

Wer erst mal nur unverbindlich in Mastodon reinschnuppern möchte, ohne Geld oder Zeit zu investieren, ist bei Android

und iOS gleichermaßen mit der offiziellen Mastodon-App gut bedient. Sie sieht schick aus und ist sehr leicht zu bedienen. Da sie aber nur Basisfunktionen mitbringt, schauen sich engagierte Tröter meist zügig nach einer Alternative um.

Eine davon ist Twidere. Die App richtet sich vor allem an Umsteiger, die sich noch nicht ganz von Twitter lösen können oder wollen. Man hinterlegt in Twidere einfach die Konten beider Dienste, schaltet die kombinierte Timeline an und erkennt dann sogar erst auf den zweiten Blick, aus welchem Dienst die Beiträge stammen. Metatext, Tusky und Toot! sehen sehr schick aus und bieten einen ordentlichen Funktionsumfang, womit sie sich für alle eignen, die mit Filtern und Listen arbeiten möchten, aber eine einfache zu bedienen App wünschen.

Für ambitionierte Android-Nutzer lohnt sich Fedilab. Die App sieht zwar nicht so super schick aus, passt sich aber flexibel den Bedürfnissen seiner Anwender an. Mit etlichen Kniffen erleichtert sie den Alltag im Mastodon-Netzwerk. (spo@ct.de) ct

## Mastodon-Apps

Name	Fedilab	Mastodon	Metatext	Toot!	Tusky	Twidere
Plattform	Android	Android, iOS	iOS	iOS	Android	Android, iOS
<b>Oberfläche</b>						
Sprache	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Englisch	Deutsch	Deutsch
konfigurierbare Spalten / Trend-Anzeige	✓ / ✓	- / ✓	- / ✓	- / -	- / -	✓ / -
Zeitleiste: lokal / föderiert	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓
Nachrichtenzähler	✓ (bis 40)	-	-	-	-	✓
Links inline / extern	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Zeitstempel relativ / absolut	✓ / ✓	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓
Schriftart / -größe / Farben konfigurierbar	- / ✓ / ✓	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ (nur für Links)
<b>Funktionen</b>						
Einstellungen für die Sichtbarkeit eigener Toots	✓	✓	✓	✓	✓	✓
automatische Aktualisierung / Frequenz einstellbar	✓ / ✓	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓
Anzahl der zu ladenden Beiträge einstellbar	✓	-	-	-	-	✓ <sup>1</sup>
mehrere Konten	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (inkl. Twitter)
Filter nach: Nutzer / Schlagwort / regulärer Ausdruck	✓ / ✓ / -	- / - / -	- / ✓ / -	- / ✓ / - <sup>2</sup>	- / ✓ / -	✓ / ✓ / - <sup>1</sup>
Listen anzeigen / anlegen / User hinzufügen	✓ / ✓ / ✓	- / - / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	- / - / -
Benutzerprofil anzeigen / folgen / entfolgen	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Benutzer blockieren / stummschalten / Boosts stummschalten / Benutzer verkleinern	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Hashtags abonnieren	✓	-	-	-	✓	-
Timeline von unten lesen	✓	-	✓	-	-	✓
sensible Inhalte immer anzeigen	✓	-	✓	✓	✓	✓
Datensparmodus / Autoplay deaktivieren / Animationen in Avataren ausschalten	✓ / - / ✓	- / - / ✓	✓ / - / ✓	- / - / -	- / - / ✓	✓ / - / -
Benachrichtigungen konfigurierbar	✓	✓	✓	✓	✓	-
Einstellungen importieren / exportieren	✓ / ✓	- / -	✓ / ✓	- / -	- / -	✓ / ✓
<b>Bewertung</b>						
Oberfläche / Anpassbarkeit	○ / ++	⊕ / ⊖	⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ○	⊕ / ++
Grund- / Komfortfunktionen	⊕⊕ / ++	○ / ⊖	⊕ / ⊕	○ / ○	⊕ / ⊕	○ / ⊕
Bedienung	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Preis	2,59 €	kostenlos	kostenlos	4,99 €	kostenlos	kostenlos (Pro-Version: 2 €)

<sup>1</sup> nur in der Pro-Version<sup>2</sup> global auf der Server-Instanz

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



Bild: Thorsten Hübner

# Nur noch kurz die Welt retten

## Spiele für Kinder, Jugendliche und die ganze Familie

**Computerspiele zocken ohne Streit? Na klar, mit altersgerechten Spielen und zeitlicher Begrenzung. Wir stellen die besten Games des Jahres für Kinder und Jugendliche vor. Auch für die ganze Familie ist etwas dabei.**

Von Thomas Feibel

**K**nobeln, klettern oder konstruieren: Kinder und Jugendliche lieben Games vor allem, weil sie in digitalen Abenteuern selbst aktiv werden dürfen. Doch es muss nicht immer Fortnite, Minecraft oder Call of Duty sein. Wir stellen Ihnen eine Auswahl der besten Spiele des Jahres für Kinder und Jugendliche vor, darunter auch weniger bekannte Indie-Titel.

Bei den Spielen für die Jüngsten überwiegen Apps fürs Tablet. Wichtig ist für kleine Gamer im Vorschulalter, dass beim Spielen keine Hektik aufkommt; falls ein Spiel gegen die Uhr gespielt wird, sollte es als Alternative einen Zen-Modus bieten. Investieren Sie lieber ein paar Euro in werbefreie Apps – kleine Kinder können noch

nicht zwischen Reklame und Spielinhalten unterscheiden, Werbung sollte daher tabu sein. Aktuell widmen sich einige Apps für die Jüngsten dem spielerischen Einstieg ins Programmieren.

Der Klimawandel und Sorgen um die Zukunft des Planeten sind allgegenwärtig – auch für Kinder. Einige unserer Empfehlungen bieten Gelegenheit, sich im Spiel mit diesen Themen auseinanderzusetzen, darunter das beschauliche Aufbauspiel „Grow – Song of the Evertree“ für Kinder ab 10 Jahren sowie das berührende Adventure „Endling – Extinction is forever“ für Jugendliche ab 12 Jahren.

Die heutige Elterngeneration, die selbst mit Videospielen aufgewachsen ist,

hat zum Glück weniger Vorbehalte gegenüber Videospielen als die Generation davor. Unsere Spieletipps für Kinder ab 7 Jahren bescheren ihnen ein Wiedersehen mit den Schlümpfen, den Sims oder Super Mario und seinen Freunden – beste Voraussetzungen für Spielspaß mit der ganzen Familie.

### 3 bis 6 Jahre

Neuerdings bietet der Videostreamingdienst Netflix für seine Abonnenten Spiel-Apps fürs Tablet an. Darunter ist die Wimmelbild-Perle **Krispee Street**. Kinder ab vier suchen hier nach Dingen und Personen. Da die Suchlandschaft mit den ziseliierten Gegenständen und Figuren deutlich größer ist als das Display, schieben sie das Bild kräftig hin und her. Immer wieder herein- und herauszoomen hilft, den Überblick zu behalten. Während die Zeit läuft, heimsen die Spieler Münzen und Sammelkarten als Belohnung für ihre Fundstücke ein; im Zen-Modus darf ganz entspannt gesucht und gefunden werden. Die Grafik im Comic-Stil ist quietschbunt und fröhlich, die Musik dazu ruhig und entspannt. Auch Kinder im Schulalter haben daran noch ihre Freude.

Zum Entspannen sind auch die **Pixi Gute-Nacht-Geschichten** ideal. Die App des Carlsen-Verlags bringt die kleinen Pixi-Bändchen als reine Hörbücher für Tablet und Smartphone heraus. Die Idee dahinter: Kleine Kinder wählen aus 60 professionell vertonten Geschichten und Schlafliedern und hören diese vor dem Einschlafen. Um die Kinder nicht munter zu machen, verzichtet die App auf Bilder. Um sie dauerhaft zu nutzen, muss man ein Abo abschließen; vorher darf man die App eine Woche lang testen. Zum Ausprobieren gibt es die kostenlose Geschichte „Lotte und Ben und du auf Schatzsuche“. Gut: Im Elternmenü können Sie einstellen, dass die Stories offline abgespielt werden.

Kinderliedern widmet sich auch die Android-App **Fuxdo**. Gemeinsam mit dem kleinen Fuchs singen Kinder bekannte Lieder wie „Fuchs, du hast die Gans gestohlen“ und legen einen von vier Schwierigkeitsgraden fest – von sehr wenig Gesang bis komplett gesungen. So kommen Kinder, die noch nicht lesen können, ebenso gut zurecht wie ältere. Die Lieder sind schön zurückhaltend instrumentiert, die Liedtexte laufen auf dem Bildschirm ab. Eine iOS-Version dieser sehr gelungenen App ist nicht geplant.

Nach dem Vorbild des Lernspiels

„Programmieren mit der Maus“ hat der WDR eine reduzierte und vereinfachte Version für jüngere Kinder in die App **Der Elefant** eingebaut. Im Mittelpunkt steht die „Wenn-dann-Maschine“. In vier Schwierigkeitsstufen klicken Kinder Icons an, um Effekte wie Seifenblasen oder Puppe auszulösen. Zunächst weisen sie dem Elefanten oder dem Hasen bestimmte Aktionen zu, dann tippen sie auf einen Pfeil und erfahren, was die Wenn-dann-Maschine daraufhin tut. Die simple App lässt sich ganz ohne Lesekenntnisse verwenden – einfach, aber überzeugend.

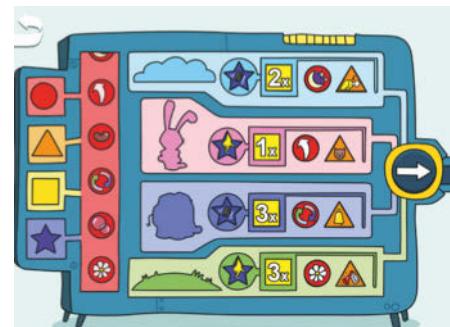
**Early Coding** von Fischertechnik bietet Kindern ab 5 Jahren einen besonders leichten Zugang zur Robotik. Nachdem in das große Roboterchassis mit den beiden Motoren und den zwei Infrarot-Empfängerdiode die Batterien eingelegt sind, ist die wichtigste Komponente startklar. Nun ergänzen die Kinder weitere Bauteile, um anhand der Schritt-für-Schritt-Anleitung eins von drei kunterbunten, knuffigen Modellen zusammenzubauen. Über eine Smartphone-App lässt sich das fertige Modell steuern. Allerdings können die Jüngsten, die des Lesens noch nicht mächtig sind, diese App nur mithilfe von Erwachsenen bedienen. Eine Einführung erklärt die Grundlagen der Codingblöcke für Logik und Bewegungssteuerung. Fortgeschrittene kleine Coder legen explorativ Bewegungsabläufe fest und denken sich Parcours aus.



Neuerdings gibt es auch bei Netflix Games, darunter das kunterbunte Wimmelbildspiel „Krispee Street“.



Bekannte Kinderlieder gibt es in „Fuxdo“ zum Mitsingen in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden.



Programmieren für Vorschulkinder: In der Elefant-App vom WDR gibt es jetzt eine „Wenn-dann-Maschine“.



Mit dem „Early Coding“-Bausatz bauen Kinder ab 5 Jahren Tierwesen auf Rädern und programmieren sie per App.



„Where's Samantha?“ ist ein traumhaft schönes Jump-&-Run-Abenteuer ganz aus Stoff und Wolle.



Das unterhaltsame Jump-&-Run-Spiel „Die Schlämpe: Mission Blattpest“ erfreut mit Witz und liebevollen Details.



„Sackboy: A Big Adventure“ ist Sonys bester Playstation-Titel für Kinder. Jetzt gibt es das Spiel auch für Windows.

## 7 bis 9 Jahre

In dem Jump-&-Run-Spiel **Where's Samantha?** leben die Wollwesen Samantha und George anfangs selig beisammen. Nachdem eine wilde Windböe Samantha mit sich gerissen hat, begibt sich ihr Gefährte auf die Suche durch über 40 Level. Die Spielwelt ist komplett aus Wolle und Textilem gestaltet: überall Maschen, Fäden und Fingerhüte. George läuft tapfer durch Landschaften voller Schaukeln, Schranken und Hindernisse. Raffiniert: Falls die Figur für eine Zone zu groß ist, kann sie sich in zwei kleinere Versionen aufspalten. Gesprochen wird Englisch, dazu gibt es deutsche Texte zum Lesen.

Das Vorbild für „Where's Samantha?“ könnte von der Anmutung her die Little-BigPlanet-Reihe von Sony sein. Ein Spin-off dieser Serie, **Sackboy: A Big Adventure**, das 2020 für die Playstation herauskam, erschien in diesem Jahr neu für Windows-PCs. Darin sucht der Held in atemraubend gestalteten Welten nach seinen gekidnappten Freunden. Die abwechslungsreichen Herausforderungen dieses Jump-&-Run-Spiels sind ebenso raffiniert wie knifflig.

Das Jump-&-Run-Spiel **Die Schlämpe: Mission Blattpest** ist liebevoll in Szene gesetzt und schon für 7-Jährige zu bewältigen. In diesem Spiel vergiftet der chronisch fiese Zauberer Gargamel die Pflanzen der Schlämpe mit der Blattpest. Um die Welt zu retten, müssen sie mit dem sogenannten

Schlumpfisator wieder entgiftet werden. Dazu geht es durch fünf 3D-Spielwelten voller Pflanzen jeder Art. Die Schlämpe springen, laufen und sammeln Items in Miniquests. Auch an Sprechern und Humor wurde nicht gespart: charmant, unterhaltsam und sehr schlumpfig.

In **Urban Riders** übernehmen Kinder die Rolle eines Fahrradkuriers, der Sendungen möglichst schnell ausliefern soll. Dazu radelt der Held durch die ganze Stadt, liefert seine Päckchen ab und sammelt Münzen ein. Nicht nur die kantige Grafik gefällt, sogar die Widrigkeiten machen viel Spaß. Denn für den Kurierfahrer sind die Routen durch Baustellen, rücksichtslose Fahrer und gleichgültige Fußgänger sehr gefährlich. Der Radler muss reaktions schnell ausweichen, springen und notfalls bremsen, denn sobald der Spieler mit einem Hindernis kollidiert, ist die Runde vorbei. Das passiert sehr schnell, wenn etwa völlig überraschend ein Kanalarbeiter aus dem Gullydeckel lugt.

Kirby ist Kult. In **Kirby und das vergessene Land** wird die rosa Knutschkugel von einem fiesen Sturm in eine andere Welt geworfen. Dort soll Kirby niedliche Wesen aus ihrer Gefangenschaft befreien. Er schwebt oder springt munter durch die Landschaft oder macht, was er am besten kann: Gegenstände einfach einsaugen. Sogar Gegner sind vor seiner Saugkraft nicht sicher. Sobald Kirby sie inhaliert, verfügt er über ihre Fähigkeiten. Diesmal

gehen die Macher noch einen Schritt weiter: Saugt Kirby ein Auto ein, wird er selbst zum Fahrzeug. Solche Überraschungen machen richtig Spaß. Auch cool: Durch die zwei Schwierigkeitsstufen kommen unterschiedliche Altersgruppen zum Zuge.

In **Growbot** möchte das Robotermädchen Nara Captain einer Weltraumstation werden. Doch die wird angegriffen und überall breiten sich seltsame Kristalle aus. In der Rolle von Nara schicken sich Kinder in diesem traumhaft schön inszenierten Adventure an, ihre Welt zu retten. Dazu sammeln sie Gegenstände, kombinieren sie miteinander und kommen mit den neu geschaffenen Items weiter. Die Rätsel sind nicht allzu schwer. Sie bezaubern vor allem durch schräge Gestalten wie „Lichtwichte“, „Hirnpillchen“ oder das yetähnliche „flauschige Hologramm“. Die niedliche, mitunter surreale Grafik sowie die zarte Musik verleihen Growbot das Flair eines spielbaren Traums.

## 10 bis 12 Jahre

In **Grow – Song of the Evertree** neigt sich das Leben eines gigantischen Baumes dem Ende zu. Längst haben seine zahlreichen Bewohner andere Lebensräume gefunden. Damit der Baum nicht stirbt, schlüpfen Kindern in dieser anspruchsvollen Aufbausimulation in die Rolle eines Alchemisten, der mit Samen experimentiert. Er versucht, aus der staubtrockenen Ödnis wieder eine blühende Prachtlandschaft zu erschaffen, um allmählich die alten Bewohner zurückzulocken. Sobald diese wieder Läden eröffnen, kann der Handel beginnen. Nun lassen sich neue Welten finden und weitere Ressourcen erwirtschaften. Besonders positiv: Grow verzichtet auf Hektik und Spannung.

Eines der originellsten und lustigsten Spiele des Jahres ist **One Hand Clapping**. Das Jump-&-Run-Spiel wirkt zunächst

## Spieleempfehlungen für Kinder von 3 bis 5 Jahren

Titel	Publisher	verfügbar für	Alterseinstufung	Preis <sup>1</sup>
Krispee Street	Netflix / Frosty Pop Games	Android ab 8.0 / iOS ab 15.0	USK 0	kostenlos (mit Netflix-Abo)
Pixi Gute-Nacht-Geschichten	Carlsen Verlag	iOS ab 13.6	USK 0	ab 4 €/Monat, 25 €/Jahr
Fuxduo	Fox & Sheep	Android ab 6.0 / iOS ab 11.0	USK 0	3 €
DerElefant	WDR	Android ab 5.1 / iOS ab 11.0	USK 0	kostenlos
Early Coding	Fischertechnik	Android ab 8.1 / iOS ab 15.0	USK 0	Bausatz ca. 75 €, App kostenlos

<sup>1</sup> Preise können sich täglich ändern

# Mastering GitOps

Schnell, stabil und sicher deployen

Das Heise-Online-Event  
am 2. März 2023

## Auf dem Weg zu Continuous Operations

Die Mastering GitOps bietet Ihnen online einen fundierten Überblick über die Konzepte und den praktischen Einsatz von GitOps. Lernen Sie die Chancen für Ihr eigenes Arbeitsumfeld einzuschätzen und erfahren Sie, wie das Deployment Ihrer Anwendungen schneller und sicherer wird.

### Highlights aus dem Programm:

- Was ist GitOps – und ist das was für mich?  
**Baris Cubukcuoglu**
- GitOps maßgeschneidert: Repos, Folders, Stages, Patterns  
**Johannes Schnatterer**
- GitOps geht auch ohne Kubernetes  
**Anja Kammer**
- Die GitOps-Delivery-Pipeline überwachen und härten mit Flux & Flagger  
**Florian Heubeck**
- GitOps Emerging Developments and Predictions  
**Alexis Richardson**

Mit einer Keynote von  
**Alexis Richardson**,  
dem »Erfinder«  
von GitOps

Unsere Online-Konferenz vermittelt konzeptuelles Wissen und praktisches Know-how für Softwareentwicklerinnen und -entwickler, die GitOps für ihre Zwecke evaluieren oder eigene Erfahrungen mit Fachkolleginnen und -kollegen vergleichen wollen.

[www.mastering-gitops.de](http://www.mastering-gitops.de)

Veranstalter



heise Developer

© Copyright by Heise Medien.

dpunkt.verlag



In „Urban Riders“ bewähren sich die Spieler mit Geschick und Geduld als Fahrradkuriere.

harmlos. Doch die Spielsteuerung hat es in sich: Man dirigiert die Spielfigur nicht nur mit dem Controller, sondern auch mit der eigenen Stimme durch die lebendigen Szenen. Um Fahrstühle und andere mobile Flächen zu bewegen, kommt es ganz darauf an, ob hoch oder tief gesungen wird. Das ist vor allem deshalb so knifflig, weil man ständig lachen muss. Sobald die Spieler raus haben, wie sie ihre Stimme geschickt einsetzen, lassen sich damit sogar Uhrzeiger anordnen oder Kisten zu einer Treppe auftürmen.

**OlliOlli World** ist ein relaxtes, cooles Skaterspiel. Den Soundtrack zum Spiel mit Stücken von Künstlern wie Fardust, Azureskye und Nikitich kann man auch auf Spotify anhören. Schon der detailreiche Comicstil und die vielen Möglichkeiten, seinen eigenen Charakter zu gestalten, machen die Liebe zum Detail und den Humor dieses Spiels deutlich. Gemeinsam mit einer skurrilen Truppe lernen die Spieler erste Tricks, die nicht immer einfach zu bewältigen sind. Grinds und andere Moves erfordern viel Übung und noch mehr Geduld. Das Scheitern ist auch Teil des Vergnügens. Es spornt an, sich nicht entmutigen zu lassen und es immer wieder zu versuchen – wie beim echten Skaten, nur schmerzfreier.



Mit „Kirby und das verlassene Land“ beweisen die Entwickler der Kirby-Serie erneut Einfallsreichtum.

Jugendliche stehen noch am Anfang ihres Lebens – da sind Lebenssimulationen wie **Die Sims 4** mit Kindern, Küche und Karriere besonders aufregend. Das Hauptspiel stammt aus dem Jahr 2014. Seit Oktober 2022 ist der Download kostenlos. Regelmäßig bringt Electronic Arts dazu kostenpflichtige Add-ons zu einzelnen Themen heraus. In **Meine Hochzeitsgeschichten** können die Sims-Figuren sich nun auch trauen lassen. Damit nichts schiefgeht, ist gute Vorbereitung nötig – schließlich sind ordentliches Festessen und richtige Kleiderwahl die halbe Miete. In **Highschooljahre** führt der Weg noch mal auf die Schule. Das geht natürlich nicht ohne eine heiße Schwärmerie und den unvermeidlichen Abschlussball vonstatten. Der Klassiker samt Add-ons bietet immer noch soliden Spielspaß. Wichtig: Die Add-ons sind allein nicht spielbar, sondern nur in Verbindung mit dem Hauptspiel.

Im brachialen Fußballspiel **Mario Strikers: Battle League Football** treten zwei Fünfergruppen gegeneinander an. Vier Kicker werden je Mannschaft aus Nintendo-Helden ausgewählt, der Tormann ist vom Spiel gesetzt. Gespielt werden kann alleine oder mit weiteren bis zu insgesamt acht Mitspielern vor Ort. Diese Runden kennen keine Regeln und keinen Schieds-



Das atmosphärisch dichte „Growbot“ ist wohl das schönste Adventure des Jahres.

richter. Vor dem Start gibt es ein ausführliches Tutorial, das den Spielern zeigt, wie mit Finesse gebrätscht wird und sich der riesige Torhüter austricksen lässt. Dann geht es auch schon los mit verschiedenen Schussstärken, wobei der Hyperschuss besonders beeindruckt. Ohne Taktik läuft auch hier nichts. Es macht großen Spaß beim Battle League Football über die Stränge zu schlagen – lustiger und wilder Fußball.

Im rundenbasierten Strategiespiel **Mario + Rabbids Sparks Of Hope** wird nicht gehüpft, sondern schlau taktiert. Die böse Misera hat es auf die Sparks abgesehen. Um sich vor ihren Häschen zu schützen und die Sparks zu befreien, müssen die Teams auf dem Spielfeld so klug platziert werden, dass sie zwar einerseits Gegner treffen, aber dabei sicher in Deckung bleiben. Doch kein Schutzwall hält ewig. Das Spiel verlangt hohe Konzentration, denn jeder Schritt samt aller Konsequenzen will genau überlegt sein. Bevor der Kopf zu rauchen beginnt, bringen die Doppelgänger den Spieler zum Lachen: Mario gibt es auch als Mario Rabbid und Prinzessin Peach als Rabbid Peach. Die einstellbaren Schwierigkeitsgrade helfen Anfängern zum Beispiel durch Unverwundbarkeit auf die Sprünge. Übrigens: Auch beim Vorgänger „Mario + Rabbids – Kingdom

## Spieleempfehlungen für Kinder von 6 bis 9 Jahren

Titel	Publisher	verfügbar für	Alterseinstufung	Preis <sup>1</sup>
Where's Samantha?	Rok Operations	Android ab 7.1 / iOS ab 11.0 / Windows ab 7 / macOS ab 10.12 / Nintendo Switch	USK 0 / App-Store: 4+	Steam: 0,80 € / Apps: 4 € / Switch: 9 €
Sackboy: A Big Adventure	Sony	PS 4 / PS 5 / Windows ab 10	USK 6	PS 5: ab 50 € / Steam: 60 €
Die Schlümpfe: Mission Blattpest	Astragon	PS 4 / Xbox One / Nintendo Switch	USK 6	25 €
Urban Riders	Villa Hirschberg	Android ab 8.0 / iOS ab 10.0	App-Store: 9+	4 €
Kirby und das vergessene Land	Nintendo	Nintendo Switch	USK 6	60 €
Growbot	Application Systems Heidelberg	Windows ab 7 / macOS ab 10.13 / Nintendo Switch	USK 0	17 €

<sup>1</sup> Preise können sich täglich ändern

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



Jetzt Mini-Abo testen:  
3 Hefte + Bluetooth-Tastatur  
nur 19,35 €

[www.iX.de/testen](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



In der Leute-Simulation „Die Sims 4“ können sich Paare nun das Ja-Wort geben und feiern.



Das Sportspiel „Mario Strikers: Battle League Football“ bietet kraftvollen Fußball.



„Mario + Rabbids Sparks Of Hope“ sieht lustig aus, verlangt als Taktikspiel aber viel Köpfchen.



In der schönen Aufbausimulation „Grow - Song of the Evertree“ werden Kinder zu Gärtnern und Alchemisten.



Bei „One Hand Clapping“ steuert man das Spielgeschehen auch mit der Stimme.

Battle“, inzwischen für 30 Euro im Angebot, ist langer Spielspaß garantiert.

**Zombie Rollerz: Pinball Heroes** ist ein ebenso gewagter wie gelungener Genremix aus Flipper-, Rollen- und Abwehrspiel. In abwechslungsreichen und unterschiedlichen Leveln versuchen Horden von Zombies zum Beispiel eine antike Stadt zu überrennen. Mit Flipper-Paddles, Feuerbällen und anderen Geschossen lässt sich das wilde Gewimmel zurückdrängen. Das verrückte, aber lustige Tower Defense Game nimmt in jeder Runde eine andere Wen-

dung, weshalb die Spieler ihre Strategie immer wieder anpassen müssen – crazy!

## Ab 12 Jahren

Auf den ersten Blick wirkt **Kena – Bridge Of Spirits** mit seiner Fantasylandschaft voller Wasserfälle verträumt. Aber die Spieler müssen sich als mutige Geisterführerin Kena mit einer Lanze geschickt gegen allerlei Feinde zur Wehr setzen und herausfordernde Bosskämpfe meistern. Unterstützung gibt es von den Miniwaldgeistern. Sie transportieren nicht nur Ge-

genstände, sondern setzen Gegnern auch mächtig zu und erwerben im Verlauf des Spiels immer neue Fähigkeiten. Das atmosphärisch inszenierte, fordernde Abenteuer lässt sich in mehreren Schwierigkeitsstufen spielen.

**Horizon Forbidden West** heißt der zweite, aufwendig inszenierte Teil um die Heldenin Aloy. In einer fernen dystopischen Zukunft soll sie herausfinden, warum sich in ihrer Welt eine rote Seuche ausbreitet. Neben vielen Rätseln kommt es auch immer wieder zu Kämpfen mit Tierrobotern. Dabei muss Aloy strategisch vorgehen, denn sobald eines dieser Wesen weitere Mitglieder des Rudels alarmiert, kann sie kaum noch gewinnen. Mithilfe einer speziellen Linse ermittelt Aloy die empfindlichen Schwachstellen ihrer Gegner und nutzt dieses Wissen beim Angriff zu ihrem Vorteil. Ist das Robotertier erlegt, verwendet sie dessen Bauteile für eigene Modifikationen. Ein kraftvolles und ausladendes Abenteuer.

Umweltzerstörung und Klimawandel sind Themen in **Endling – Extinction is forever**. Die Erderwärmung schreitet unnachgiebig voran und die Wälder stehen in Flammen. Mitten in diesem Untergangschaos versucht eine Fuchsmutter in einer Höhle verzweifelt ihre hungrigen Jungen durchzubringen. Als eines der Welpen im Adventure entführt wird, nimmt sie die Witterung auf und sucht nach dem Entführer. Das berührende, grafisch beeindruckende Spiel steckt voller Widersprüche: Es ist spannend und entspannt zugleich und es ist traurig, macht aber dennoch Mut.

In **Lego Star Wars: Die Skywalker Saga** dürfen Jugendliche alle neun bekannten Filme der Skywalker-Saga im Klötzchendesign nachspielen; kämpferische Auseinandersetzungen wirken in Lego-Spielen deutlich harmloser. Wegen seiner Mischung aus rasanter Action und

## Spieleempfehlungen für Kinder von 10 bis 12 Jahren

Titel	Publisher	verfügbar für	Alterseinstufung	Preis <sup>1</sup>
Grow – Song of the Evertree	505 Games	Windows ab 7 / PS4 / Xbox One / Nintendo Switch	USK 0	25 €
One Hand Clapping	HandyGames	Android ab 8.0 / iOS ab 13.0 / Windows ab 10 / PS4 / PS5 / Xbox One	USK 6	Apps: 10 \$ / 15 €
OlliOlli World	Private Division	Windows ab 7 / PS4 / PS5 / Xbox One / Nintendo Switch	USK 6	30 €
Sims 4: Meine Hochzeitsgeschichten	Electronic Arts	mit Hauptspiel „Sims 4“ für Windows ab 10 / macOS ab 10.11 / PS4 / Xbox One	USK 6	20 €
Sims 4: Highschooljahre	Electronic Arts	mit Hauptspiel „Sims 4“ für Windows ab 10 / macOS ab 10.11 / PS4 / Xbox One	USK 6	40 €
Mario Strikers: Battle League Football	Nintendo	Nintendo Switch	USK 6	60 €
Mario + Rabbids Sparks of Hope	Ubisoft	Nintendo Switch	USK 6	50 €
Zombie Rollerz: Pinball Heroes	Daedalic	Windows ab 8.1 / Nintendo Switch	USK 6	15 €

<sup>1</sup> Preise können sich täglich ändern

sehr viel Witz und Humor begeistert das Spiel nicht nur Jugendliche, sondern fesselt auch Erwachsene. Aufgrund der zahlreichen Charaktere und weil es stets ganz unterschiedliche Vorgehensmöglichkeiten gibt, hat dieses Klötzenabenteuer einen sehr hohen Wiederspielwert.

Liebvoll, witzig und herrlich verzwickt präsentiert sich **Dungeons Of Dreadrock**, ein kniffliges Denk- und Rätselspiel im pixeligen Retrolook. Jahr für Jahr steigt ein Junge in die labyrinthartigen Höhlen, um gegen den King Of The Mountain zu gewinnen, aber bisher ist keiner von ihnen zurückgekehrt. Auf der Suche nach ihrem Bruder nimmt nun ein Mädchen die Verfolgung auf. In Gängen mit fliegenden Feuerbällen ziehen Untote ihre Runden und Spinnen greifen mit Netzen an. Um voranzukommen, müssen die Spieler taktisch vorgehen und immer wieder durch Versuch und Irrtum ausprobieren, wie es weitergeht.

### Keine Games ohne Regeln

Mit den hier vorgestellten Spielen ist unbeschwerter Spielspaß garantiert. Generell sind zwei Dinge wichtig, damit Kinder Spaß mit Videospielen haben und Eltern dabei kein mulmiges Gefühl haben müssen: einerseits klare Absprachen zur Spieldauer und andererseits geeignete, also zu Alter, Persönlichkeit und Entwicklungsstand des Kindes passende Spiele.

Weil Kinder beim Spielen mit Tablet, Konsole oder PC das Zeitgefühl verlieren, finden sie oft kein Ende und können sich nur schwer selbst regulieren. Zu ihrem Schutz sind sie auf die Hilfe der Erwachsenen angewiesen. Als Eltern einigen Sie sich am besten mit Ihren Kindern gemeinsam auf Zeitkontingente und kontrollieren, dass die auch eingehalten werden. Dazu hat sich ein Mediennutzungsvertrag bewährt, den Sie in Web zum Download finden.

Häufig wünschen sich Eltern von Medienpädagogen exakte Vorgaben zur angemessenen Bildschirmzeit in Abhängigkeit vom Alter eines Kindes. Ein paar Dauermenregeln nennt die Initiative „Schau hin!“ (siehe ct.de/yzgv), nämlich maximal 30 Minuten für 3- bis 6-Jährige, maximal 60 Minuten für Kinder zwischen 6 und 9 und ab 10 Jahren täglich nicht mehr als 10 Minuten pro Lebensjahr. Aber Achtung: Die für Ihr Kind angemessene Bildschirmzeit hängt von seiner Reife und seinen individuellen Anlagen ab! Sie kann daher von diesen Vorgaben abweichen.



**Untote kann man im Tower-Defense-Spiel „Zombie Rollerz: Pinball Heroes“ mit einem Flipper besiegen.**



**Das opulente Action-Adventure „Kena – Bridge Of Spirits“ überzeugt mit seiner dichten Atmosphäre.**



**Schön und bewegend: das dystopische Adventure „Endling – Extinction is forever“.**



**Humor und Action gehören in „Lego Star Wars: Die Skywalker Saga“ zusammen.**

Für Eltern ist es schwer auszuloten, wo die kindliche Begeisterung aufhört und eine ungesunde Nutzung anfängt. Informieren Sie sich über die Inhalte der Spiele, die Ihr Kind interessieren. Die Alterskennzeichnung der USK kann einen ersten Hinweis geben, ob dieser Titel etwa aufgrund der dargestellten Gewalt für das eigene Kind geeignet oder eben ungeeignet ist. Für iOS-Apps gilt eine eigene, von Apple verwaltete Alterseinstufung. Ein Tipp: Nicht jedes Spiel muss gekauft werden, viele öffentliche Bibliotheken verleihen Konsolenspiele.

Bevor der Spaß losgeht, müssen Sie als Eltern die Anbahnungsversuche in Games durch pädophil veranlagte Men-

schen (Cybergrooming) thematisieren. Es gilt: keine Verabredungen mit Fremden!

Bei Mobil-Apps sollten Sie Pushnachrichten gemeinsam mit Ihrem Kind deaktivieren, um unnötigen Stress und Ablenkung außerhalb der Spielzeiten zu vermeiden. Besprechen Sie auch das Thema der Kostenfallen. In-App-Käufe sind nicht per se schlecht, wenn Kinder sich ein Ausgabegrenzen setzen. Generell sollten Sie die Rahmenbedingungen fürs Gaming immer gemeinsam mit Ihren Kindern festlegen und dabei auch deren Wünsche ernst nehmen.

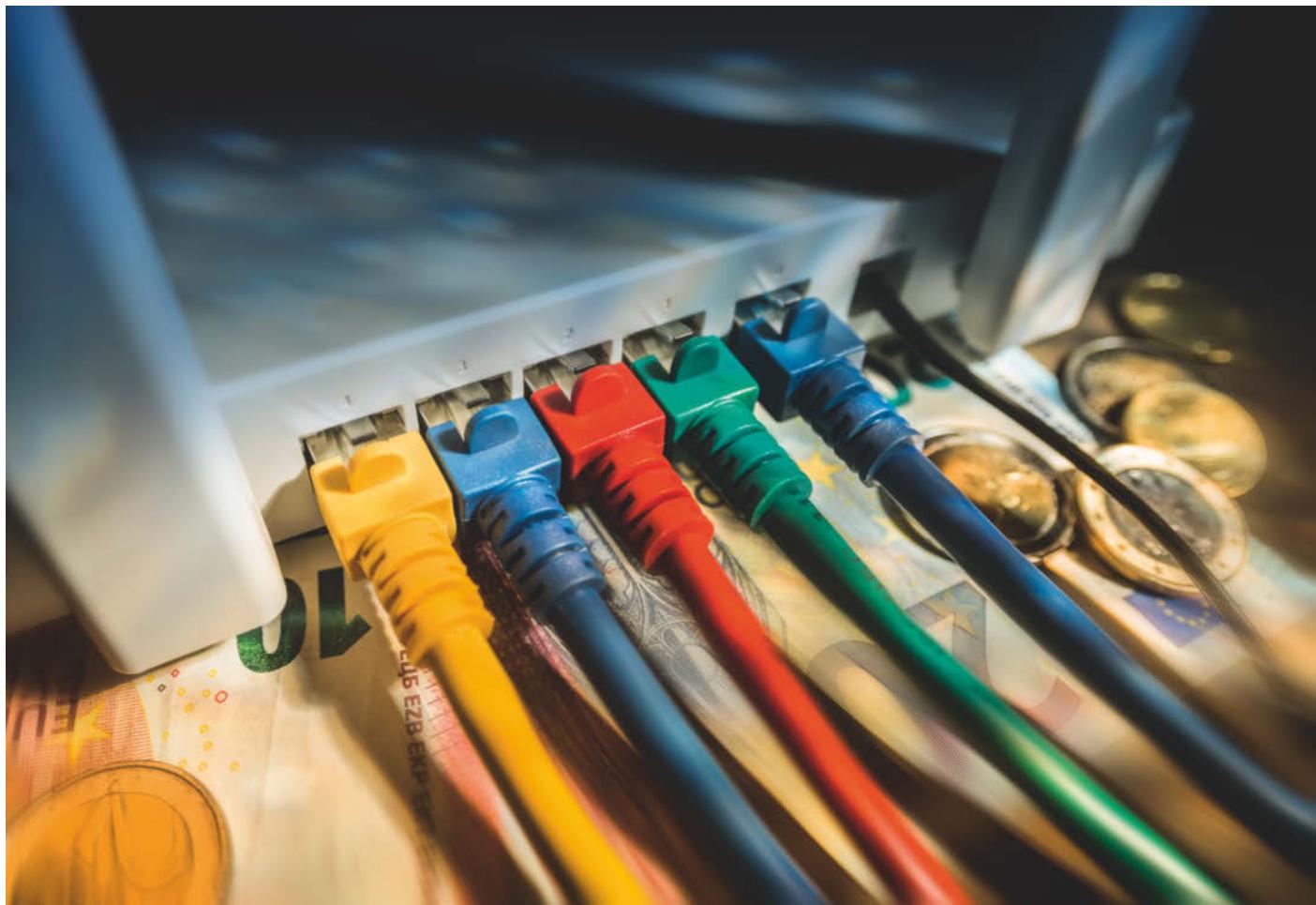
(dwi@ct.de) ct

**USK-Einstufung, Bildschirmzeiten, Mediennutzungsvertrag: ct.de/yzgv**

## Spieleempfehlungen für Jugendliche ab 12 Jahren

Titel	Publisher	verfügbar für	Alters-einstufung	Preis <sup>1</sup>
Kena – Bridge of Spirits	Ember Lab	Windows ab 10 / PS4 / PS5	USK 12	32 €
Horizon Forbidden West	Sony	PS4 / PS5	USK 12	50 €
Endling – Extinction is forever	HandyGames	Windows ab 10 / PS4 / PS5 / Xbox One / Nintendo Switch	USK 12	30 €
Lego Star Wars: Die Skywalker Saga	Warner Bros. Games	Windows ab 10 / PS4 / PS5 / Xbox One / Nintendo Switch	USK 12	40 €
Dungeons of Dreadrock	Christoph Minnameier	Android ab 7.0 / iOS ab 11.0 / Windows ab 10 / Nintendo Switch	USK 12	Apps: 2,50 € / Steam: 5,50 € / Switch: 10 €

<sup>1</sup> Preise können sich täglich ändern



# Online zu Hause

## Schnelle Breitbandanschlüsse für Privatkunden

**Der Breitbandmarkt gerät in Bewegung. Einerseits werden Anschlüsse schneller, andererseits beginnen die Preise zu steigen. Ein Anbieterwechsel kann sich deshalb lohnen.**

Von Urs Mansmann

Die Inflation treibt nun offenbar auch die Preise für Breitbandanschlüsse nach oben. Einige Anbieter haben ihre Preise für bestimmte Anschlüsse um einige Euro pro Monat erhöht. Ein DSL-Anschluss mit 250 Mbit/s kostet zwischen 35 und 55 Euro im Monat, das ist schon eine

erhebliche Differenz. Der Unterschied zwischen dem teuersten und dem günstigsten Anbieter beträgt also über die Mindestvertragslaufzeit von zwei Jahren 480 Euro. Man kann daher durchaus ein Schnäppchen machen, wenn man nicht das erstbeste Angebot nimmt, sondern die Preise vergleicht.

Steigende Preise gelten allerdings nur für Neukunden. Wer in der Mindestvertragslaufzeit ist, hat eine Preisgarantie, denn die vertragliche Bindung gilt ja nicht nur für den Kunden, sondern auch für den Anbieter. Und auch bei Bestandskunden, deren Mindestvertragslaufzeit abgelaufen ist, sind die Anbieter sehr zurückhaltend mit Erhöhungen. Sie wissen: Viele Kunden nehmen eine Preiserhöhung zum Anlass, sich ein günstigeres Angebot zu suchen. Für den Anbieter ist das ein schlechtes Ge-

schäft, denn einen Neukunden zu werben und anzuschließen, ist teuer.

Die günstigsten Anschlüsse gibt es beim Kabelanbieter Eazy, der Vodafone-Anschlüsse für nur 23 Euro im Monat verkauft. Günstige DSL-Anschlüsse bekommt man bei der 1&1-Tochter Drillisch. 27 Euro für 50 Mbit/s und 35 Euro für 250 Mbit/s sind ein Kampfprix. Rechnet man die Kosten für eine Telefonie-Flat in die Mobilfunknetze hinzu, ist allerdings O2 günstiger, denn die Allnet-Flat ist dort im Grundpreis bereits enthalten.

### Das richtige Kabel

Grundsätzlich stehen drei Anschlusstechniken zur Wahl: DSL, TV-Kabel und an immer mehr Anslüssen auch Glasfaser. Der Glasfaseranschluss ist den beiden anderen Anschlussvarianten, die noch auf

## c't kompakt

- Viele Kunden haben die Wahl zwischen DSL-, Kabel- und immer öfter Glasfaseranschluss.
- Der Anschlusswechsel läuft meist problemlos.
- Für langfristige Verträge gibt es bei vielen Anbietern attraktive Rabatte.

ein Kupferkabel setzen, in allen Belangen überlegen: Die Anschlüsse laufen stabil, weil ein Lichtwellenleiter nicht anfällig für Störungen ist, solange das Kabel nicht bei spielsweise durch eine Baggertschaufel gekappt wird. Sie liefern technisch viel höhere Datenraten als TV-Kabel- und DSL-Anschlüsse und sie sind auch noch günstiger im Betrieb, weil die Übertragung per Lichtwellenleiter weniger Strom braucht als per Kupferkabel. Die garantierten Datenraten bei Glasfaseranschlüssen sind oft höher als bei DSL- und Kabelanschlüssen. Wenn der Anschluss funktioniert, liefert er auch die volle Datenrate.

In den meisten Haushalten verfügbar ist weiterhin DSL, meistens als Vectoring-Anschluss mit maximal 100 oder 250 Mbit/s in Empfangsrichtung (Downstream) und 40 Mbit/s in Senderichtung (Upstream). Der DSL-Anschluss nutzt vorhandene Zweidraht-Telefonleitungen, bei den schnellen VDSL-Varianten darf diese Leitung maximal einige hundert Meter lang sein. In Gegenden mit größeren Leitungslängen, oft auf dem Land, nur sehr selten in der Stadt, sind hingegen oft nur 2,5 Mbit/s im Upstream und meist nur 10 Mbit/s oder weniger im Downstream möglich. Telefonleitungen sind anfälliger für Störungen als Glasfasern, etwa durch korrodierte Kontaktstellen oder das Einkopeln von Störimpulsen ins Telefonkabel über parallele Leitungen.

Ganz anders sieht es beim TV-Kabel aus: Damit sind an den meisten Anschlüssen bis zu 1000 Mbit/s im Downstream und 50 Mbit/s im Upstream möglich. Rund die Hälfte der Haushalte in Deutschland hat einen Kabelanschluss, in den meisten Fällen taugt dieser auch für den Internetzugang. Die Kabelnetze sind gut abgeschirmt und bieten viele hundert MHz Bandbreite, die für Fernsehprogramme und den Internetzugang verwendet werden. Defekte angeschlossene Geräte

und schlecht verlegte Kabel und Verbindungen können allerdings zu Störungen führen.

Nachteil des Kabels ist, dass sich etliche Kunden ein Segment und die darauf verfügbare Bandbreite teilen. Wie viele genau das sind, behandeln die Kabelanbieter als Betriebsgeheimnis. Vor der Modernisierung, also zu Zeiten, als das Kabel nur für Fernsehen und Radio ausgebaut war, waren in einem solchen Node rund 1500 Kunden zusammengefasst. Mit so genannten Node Splits wurden diese Gruppen inzwischen in vielen Fällen deutlich verkleinert. Die früher häufigen Klagen über mangelnde Kapazität in den Abendstunden sind inzwischen weitgehend verstummt. Offenbar haben die Kabelanbieter nachgebessert und ihre Netze bedarfsgerecht ausgebaut.

Beim Upstream waren die Kabelanbieter früher extrem knausig. Inzwischen bietet Kabel-Marktführer Vodafone schon bei 100 Mbit/s im Downstream die maximale Datenrate von 50 Mbit/s im Upstream an, die es früher nur für die teuren Gbit/s-Anschlüsse gab. Der Mitbewerber Pjur, der seine Versorgungsgebiete vor allem in den neuen Bundesländern und Berlin hat, ist noch nicht nachgezogen und bietet sehr wenig Upstream.

Vodafone bietet nicht nur Kabel-, sondern auch DSL-Anschlüsse an. Die Kabelanschlüsse sind aber um einiges günstiger – denn für DSL-Anschlüsse muss Vodafone die Telefonleitung und DSL-Infrastruktur in den meisten Fällen von der Telekom anmieten. Das Kabelnetz hingegen betreibt der Konzern selbst, dort fallen fast nur fixe Kosten an.

Das flexibelste Angebot hat O2: Der Kunde kann wählen, ob er seinen Anschluss gerne per DSL, Kabel, Glasfaser oder Mobilfunk haben möchte – sofern die jeweilige Technik am Anschluss zur Ver-

fügung steht. Für Kunden, die keine leistungsfähige Internet-Leitung bekommen können, ist der Mobilfunk der letzte Ausweg, um doch noch schnelles Internet zu bekommen. O2 belegt zwar im Mobilfunk traditionell in den Netzbdeckungstests den letzten Platz der drei deutschen Netzbetreiber, hat aber in den vergangenen Jahren sein Netz kräftig ausgebaut und den Rückstand zu Vodafone und Telekom deutlich verringern können.

### Darfs noch etwas mehr sein?

Anschlusspreise sind stets nach der Datenrate gestaffelt. Bei DSL hat der Kunde meist die Wahl zwischen 50, 100 und 250 Mbit/s im Downstream. 16 Mbit/s sind auch im Angebot, aber das taugt nur als Notnagel dort, wo keine schnelleren Anschlüsse verfügbar sind.

50 Mbit/s genügen einem Single in allen Lebenslagen. Anspruchsvolle Streaming-Anwendungen lassen sich darüber problemlos betreiben. Fürs Homeoffice reicht die Leistung in der Regel auch aus, auch vom Upstream her, der bei solchen Angeboten in der Regel bei 10 Mbit/s oder mehr liegt. Pro Stunde kann man über 20 Gigabyte herunterladen. Ein moderner Spieldatei kann durchaus einmal die 100-Gigabyte-Marke knacken, dessen Download dauert dann aber etliche Stunden.

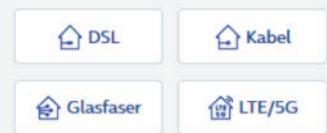
Nutzt man den Anschluss nicht alleine, sondern mit dem Partner oder mit Kindern, oder möchte man einfach mehr Komfort und schnellere Downloads haben, kann es durchaus sinnvoll sein, auf 100 Mbit/s aufzustocken. Der Upstream von dann 40 bis 50 Mbit/s reicht auch für den Upload großer Dateien in die Cloud oder mehrere gleichzeitige Videokonferenzen aus dem Homeoffice.

Noch schnellere Anschlüsse beschleunigen in vielen Fällen nur noch den Downstream, bringen also nur beim

**Bei O2 hat man die freie Wahl. Es gibt DSL, Kabel, Glasfaser und Mobilfunk mit und ohne Laufzeit.**

#### Internet zuhause >

- Verfügbarkeit prüfen >
- Internet-Tarife >
- Internet + TV >
- Internet ohne Laufzeit >
- Wechselservice >
- Mobiles WLAN >
- WLAN-Router >



The screenshot shows a user interface for selecting a broadband product. It features four main options:

- Internet**: 10 Freimonate, Surfen mit 20 bis 1.000 Mbit/s, Ab 0€ / Monat.
- Festnetz**: Der Anschluss ist kostenlos.
- HD-Fernsehen**: Bis zu 127 Sender, davon 90 in HD, inkl. TV-Hardware, Ab 0€ / Monat.
- Aktionspreis**: Internet, Festnetz und HDTV zum Vorteilspreis, Ab 0€ / Monat.

Below these options, a note states: "Festnetz nur in Kombination mit Internet möglich." At the bottom are two buttons: "weiter mit Internet" and "Zurück".

**Bei Pýur kann man den Festnetzan schluss zwar abwählen, Geld spart man damit aber nicht. Dafür gibt es Rabatte, wenn man Produktkombinationen bucht.**

## Festnetztelefon

Bei allen hier vorgestellten Angeboten ist ein Telefonanschluss inbegriffen. Auf den Telefonanschluss zu verzichten und dadurch Geld zu sparen, funktioniert nur bei einigen hier nicht berücksichtigten regionalen Anbietern. Es ist kein Wunder, dass die Anbieter am Telefonanschluss festhalten, denn die VoIP-Infrastruktur ist ohnehin vorhanden und verursacht keine zusätzlichen Kosten. An den Anrufen, die nicht von einer Flatrate abgedeckt sind, etwa in die Mobilfunknetze oder ins Ausland, verdienen die Anbieter immer noch prächtig. Im Vergleich zu den sehr geringen Beträgen, die die Telefonanbieter untereinander für die Vermittlung von Gesprächen pro Minute berechnen, kassieren einige Internetanbieter ihre Kunden schamlos ab. In Deutschland liegt dieses sogenannte Terminierungsentgelt für Mobilfunkanschlüsse nach einer Vorgabe der EU bei 0,55 Cent pro Minute. Telefonkunden müssen aber weiterhin meist 10 bis

schnellen Herunterladen einen Mehrwert. Glasfaseranschlüsse bieten hingegen Datenraten von mehr als 50 Mbit/s im Upload. Ein schneller Download erhöht durchaus noch einmal den Komfort, etwa beim Abruf von Filmen aus Streamingportalen, weil sich der Puffer dann schneller füllt und der Film schneller startet. Mit einem Gbit-Anschluss landet ein Online-Spiel mit 100 Gigabyte binnen

rund 15 Minuten auf dem Rechner. Mit dem 50-Mbit-Anschluss dauert das satte 5 Stunden und am 16-Mbit-Anschluss über 16 Stunden. Teilt man den Anschluss, etwa in einer WG, ist der Spaß für den einzelnen noch nicht einmal sehr teuer. zieht der Anschlussinhaber aus, kann man den Vertrag in aller Regel auf ein anderes Mitglied der WG überschreiben lassen.

## Kabelgebundene Breitband-Anschlüsse mit Flatrates ab 40 Mbit/s

Anbieter	1&1	1&1	1&1	Congstar	Drillisch	Drillisch	Drillisch
Tarif	DSL 50	DSL 100	DSL 250	komplett 2 VDSL 50 flex	Winsim <sup>7</sup> DSL 50	Winsim <sup>7</sup> DSL 100	Winsim <sup>7</sup> DSL 250
URL	dsl.1und1.de	dsl.1und1.de	dsl.1und1.de	congstar.de	winsim.de/dsl	winsim.de/dsl	winsim.de/dsl
Anschlussart	Vectoring	Vectoring	Super-Vectoring	Vectoring	Vectoring	Vectoring	Super-Vectoring
<b>Leistungen/Optionen</b>							
Bandbreite Down-/Upstream Mbit/s	50 / 10	100 / 40	250 / 40	50 / 10	50 / 10	100 / 40	250 / 40
Normalerweise verfügbare Bandbreite Down- / Upstream <sup>4</sup> Mbit/s	44 / 9,4	83,8 / 33,4	200 / 35	48 / 9,4	44 / 9,4	83,8 / 33,4	200 / 35
Mindestbandbreite Down- / Upstream <sup>4</sup> Mbit/s	16,7 / 1,6	54 / 20	105 / 20	27,9 / 2,7	16,7 / 1,6	54 / 20	105 / 20
IPv4 / IPv6 für Neuanschlüsse verfügbar (Zahl der IPv6-Adressen)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	k. A.	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)
Telefonanschlussart / gleichzeitige Gespräche / Rufnummern	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 4 / 4	VoIP / 4 / 10	VoIP / 4 / 10	VoIP / 4 / 10
<b>Vertragskonditionen</b>							
Störungsannahme (Rufnummer)	Festnetz (07 21/96 00)	Festnetz (07 21/96 00)	Festnetz (07 21/96 00)	Festnetz (02 21/79 70 07 00)	Festnetz (07 21/96 00)	Festnetz (07 21/96 00)	Festnetz (07 21/96 00)
Laufzeit / Verlängerung / Kündigungsfrist (Monate)	3 / 1 / 1	3 / 1 / 1	3 / 1 / 1	- / 1 / 14 Tage	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1
günstigst mitgelieferte Hardware	Fritzbox, 4,99 €/Monat, 9,90 € einmalig <sup>3</sup>	Fritzbox, 4,99 €/Monat, 9,90 € einmalig <sup>3</sup>	Fritzbox, 4,99 €/Monat, 9,90 € einmalig <sup>3</sup>	Fritz!Box 7530, 134,98 € <sup>3</sup>	Fritzbox, 3,99 €/Monat, 9,90 € einmalig <sup>3</sup>	Fritzbox, 3,99 €/Monat, 9,90 € einmalig <sup>3</sup>	Fritzbox, 3,99 €/Monat, 9,90 € einmalig <sup>3</sup>
Telefonanschluss / Festnetz-Flat / Allnet-Flat monatlich	inklusive / inklusive / 9,99 €	inklusive / inklusive / 9,99 €	inklusive / inklusive / 9,99 €	inklusive / inklusive / -	inklusive / inklusive / 9,99 €	inklusive / inklusive / 9,99 €	inklusive / inklusive / 9,99 €
<b>Kosten</b>							
Einmalkosten abzgl. Ermäßigungen <sup>1</sup>	-	-	-	59,99 €	47,60 €	47,60 €	47,60 €
Abweichende Leistungen und Kosten bei Verträgen mit längerer Mindestlaufzeit	209,94 € Gutschrift, mehr Rufnummern und gleichzeitige Gespräche für VoIP	239,94 € Gutschrift, mehr Rufnummern und gleichzeitige Gespräche für VoIP	269,94 € Gutschrift, mehr Rufnummern und gleichzeitige Gespräche für VoIP	20 € zusätzliche Gutschrift	-	-	-
Internet-Anschluss, monatlich	34,99 €	39,99 €	44,99 €	34,99 €	26,99 €	29,99 €	34,99 €

<sup>1</sup> bei Online-Bestellung, Gebühren-Gutschriften gerechnet für zwei Jahre Laufzeit

<sup>2</sup> mehr Rufnummern und mehr gleichzeitige Gespräche gegen Aufpreis

<sup>3</sup> Router muss nicht bestellt werden, Preis incl. Versandkosten

<sup>4</sup> gegebenenfalls 10 € Regio-Zuschlag

<sup>5</sup> gleichlautende Angebote weiterer Drillisch-Marken verfügbar

<sup>6</sup> nach 24 Monaten geht das Gerät ins Eigentum des Kunden über und Mietpreis fällt weg

20 Cent pro Minute zahlen. Die Differenz sackt der Betreiber des Telefonanschlusses ein. Die seit vielen Jahren drastisch sinkenden Gebühren hat kaum ein Anbieter auch nur teilweise an seine Kunden weitergegeben.

Nicht bei jedem Telefonanschluss ist jedoch eine Flatrate ins deutsche Festnetz inbegriffen. Bei den Angeboten von Eazy und Pýur kostet diese 5 Euro im Monat. 5 Euro sparen kann man bei DSL-Anschlüssen von Vodafone, wenn man auf die Flatrate verzichtet und statt des groß beworbenen Standardanschlusses den etwas versteckt angebotenen Basic-Anschluss bucht. Allerdings sind DSL-Anschlüsse bei Vodafone im Vergleich zu anderen Anbietern relativ teuer. Bei O2 ist der DSL-Anschluss bei gleicher Datenrate deutlich günstiger, obwohl dort eine Allnet-Flat enthalten ist.

Falls Sie regelmäßig Auslandsgespräche führen, sollten Sie vor Vertragsschluss die Preisliste studieren und die Minutenpreise für Ihre Zielländer vergleichen. Ge-

#### Gut zu wissen:

- Du musst Deinen Router selbst konfigurieren. Und die Firmware selbst aktualisieren. Deine Anschlussdaten bekommst Du mit dem Willkommensbrief.
- Im Falle einer Störung ist Vodafone nicht zur Entstörung Deines Routers verpflichtet.
- Um GigaTV zu nutzen, brauchst Du einen Router von Vodafone.
- Wenn Du eine VDSL-Bandbreite über 100 Mbit/s bestellst, muss Dein Router Supervectoring mit VDSL-Standard 35b unterstützen
- Unsere Bandbreiten-Werte gelten nur, wenn Du einen Vodafone-Router nutzt. Wenn Du Deinen eigenen Router nutzt, können wir nichts zu den real erreichbaren Geschwindigkeiten sagen.
- Mehr Infos findest Du im [Vodafone-InfoDok 120](#)

Alles Klar

**Die Anbieter hätten es offenbar am liebsten, wenn der Kunde ihren Router einsetzt und nicht etwa einen eigenen. Lassen Sie sich davon nicht verunsichern.**

rade bei Auslandsgesprächen gibt es massive Preisunterschiede und teilweise unverschämte überteuerte Angebote. Oft lohnt es, dafür ein zusätzliches unabhängiges VoIP-Angebot zu nutzen oder gleich auf eine kostenlose Messenger-Lösung umzusteigen.

#### Routerfragen

Mit jedem Anschluss bekommt man auf Wunsch einen Router gestellt. Annehmen muss man das Angebot aber nicht, jeder hat das Recht an seinem Anschluss ein beliebiges Gerät zu betreiben, solange es die technischen Voraussetzungen erfüllt. Kostenlos

## (Auswahl überregionaler Angebote)

Easybell	Easybell	Eazy	EnBW	EnBW	O2	O2	O2
Komplett easy speed 100 (50)	Komplett easy speed 250	eazy40	Basis (Komfort)	Premium	my Home S (M) Flex	my Home L Flex	my Home XXL (XL) Flex
easybell.de	easybell.de	eazy.de	enbw.com/dsl	enbw.com/dsl	o2online.de	o2online.de	o2online.de
Vectoring	Super-Vectoring	TV-Kabel	Vectoring	Super-Vectoring	Vectoring, TV-Kabel, 4G/5G, Glasfaser	Super-Vectoring, TV-Kabel, Glasfaser	TV-Kabel, Glasfaser
100 / 40 (50 / 10 mit speed 50)	250 / 40	40 / 5	50 / 10 (100 / 40 mit Komfort)	250 / 40	50 / 5 <sup>5</sup> (100 / 10 <sup>5</sup> mit M Flex)	250 / 25 <sup>5</sup> (Glasfaser: 250 / 50-125)	1000 / 50 <sup>5</sup> (500 / 25 <sup>5</sup> mit XL Flex)
86 / 36 (40 / 9 mit speed 50)	200 / 35	38 / 4,7	44 / 9 (96,4 / 38 mit Komfort)	200 / 35	38 / 3,5 <sup>5</sup> (83 / 7 <sup>5</sup> mit M Flex)	200 / 17,5 <sup>5</sup> (Glasfaser: 200 / 40-100)	800 / 35 <sup>5</sup> (400 / 17,5 <sup>5</sup> mit XL Flex)
54 / 20 (16 / 1,2 mit speed 50)	125 / 20	28 / 3,5	16,7 / 1,6 (54 / 20 mit Komfort)	105 / 20	16 / 1,5 <sup>5</sup> (50 / 3 <sup>5</sup> mit M Flex)	105 / 7 <sup>5</sup> (Glasfaser: 105 / 23-56)	400 / 15 <sup>5</sup> (200 / 7 <sup>5</sup> mit XL Flex)
✓ / ✓ (/64 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/64 Delegated LAN Prefix)	- / ✓ (/56 oder /64 Delegated LAN Prefix)	✓ / - (geplant)	✓ / - (geplant)	teilweise / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	teilweise / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	teilweise / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)
VoIP / 2 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 2 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 1 / 1	VoIP / 2 / 3	VoIP / 2 / 3	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>
Festnetz (0 30/80 95 10 00)	Festnetz (0 30/80 95 10 00)	kostenlos (08 00/7 00 11 77)	Festnetz	Festnetz	Festnetz (0 89/7 87 97 94 00)	Festnetz (0 89/7 87 97 94 00)	Festnetz (0 89/7 87 97 94 00)
- / 1 / 14 Tage	- / 1 / 14 Tage	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	0 / 1 / 1	0 / 1 / 1	0 / 1 / 1
Fritz!Box 7590 AX, 4,50 € mtl. oder 239 € einmalig <sup>3</sup>	Fritz!Box 7590 AX, 4,50 € mtl. oder 239 € einmalig <sup>3</sup>	WLAN-Router, kostenlos	TP-Link VR600v, 3,99 € monatlich <sup>3,8</sup>	Fritzbox 7590, 5,99 € monatlich <sup>3,8</sup>	HomeBox 3 (für DSL), 3,99 € monatlich <sup>3</sup>	HomeBox 3 (für DSL), 3,99 € monatlich <sup>3</sup>	Fritzbox 6660 (für TV-Kabel), 4,99 € monatlich <sup>3</sup>
inklusive / inklusive / 5 €	inklusive / inklusive / 5 €	inklusive / 5 € / -	inklusive / inklusive / -	inklusive / inklusive / -	inklusive / inklusive / inklusive	inklusive / inklusive / inklusive	inklusive / inklusive / inklusive
49,95 €	49,95 €	9,99 €	212 € (260 €) Gutschrift	340 € Gutschrift	49,99 €	49,99 €	49,99 €
-	-	-	-	-	169,99 € zusätzliche Gutschrift	169,99 € zusätzliche Gutschrift	169,99 € zusätzliche Gutschrift
39,95 € <sup>6</sup> (34,95 € mit speed 50) <sup>6</sup>	44,95 € <sup>6</sup>	22,99 €	36,99 € (39,99 € mit Komfort)	49,99 €	29,99 € (34,99 € mit M Flex)	39,99 €	79,99 € (49,99 € mit XL Flex)

<sup>4</sup> Herstellerangabe laut Produktblatt  
✓ vorhanden    - nicht vorhanden

<sup>5</sup> Angaben für Kabel, regional niedrigere Werte möglich, deutlich höhere Werte für DSL- und Glasfaser-Anschlüsse, siehe Produktinformationsblatt

## Kabelgebundene Breitband-Anschlüsse mit Flatrates ab 40 Mbit/s

Anbieter	Pjur	Pjur	Pjur	Telekom	Telekom	Telekom	Telekom
Tarif	Pure Speed 200	Pure Speed 400 (regional: 500)	Pure Speed 1000	Magenta Zuhause M	Magenta Zuhause L	Magenta Zuhause XL	Magenta Zuhause M mit Hybrid LTE
URL	pyur.com	pyur.com	pyur.com	telekom.de	telekom.de	telekom.de	telekom.de
Anschlussart	TV-Kabel	TV-Kabel	TV-Kabel	Vectoring (FTTH/Glasfaser)	Vectoring (FTTH/Glasfaser)	Super-Vectoring (FTTH/Glasfaser)	Vectoring (FTTH/Glasfaser) kombiniert mit 4G
<b>Leistungen/Optionen</b>							
Bandbreite Down-/Upstream Mbit/s	200 / 8	400 / 12 (500 / 25)	1000 / 50	50 / 10 (50 / 10 mit Fiber 50)	100 / 40 (100 / 50 mit Fiber 100)	250 / 40 (250 / 50 mit Fiber 250)	50 / 10 (50 / 10 mit Fiber 50) + 300 / 50 über LTE
Normalerweise verfügbare Bandbreite Down- / Upstream <sup>4</sup> Mbit/s	180 / 7,2	340 / 10,2 (425 / 21,25)	800 / 35	47 / 9,4 (50 / 10 mit Fiber 50)	83,8 / 33,4 (100 / 50 mit Fiber 100)	200 / 35 (250 / 50 mit Fiber 250)	47 / 9,4 (50 / 10 mit Fiber 50) + k. A. für LTE
Mindestbandbreite Down- / Upstream <sup>4</sup> Mbit/s	100 / 4	160 / 4,8 (200 / 10)	400 / 15	27,9 / 2,7 (50 / 10 mit Fiber 50)	54 / 20 (100 / 50 mit Fiber 100)	175 / 20 (250 / 50 mit Fiber 250)	27,9 / 2,7 (50 / 10 mit Fiber 50) + k. A. für LTE
IPv4 / IPv6 für Neuanschlüsse verfügbar (Zahl der IPv6-Adressen)	teilweise / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	teilweise / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	teilweise / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)
Telefonanschlussart / gleichzeitige Gespräche / Rufnummern	VoIP / 1 / 2	VoIP / 1 / 2	VoIP / 1 / 2	VoIP / 2 / 3			
<b>Vertragskonditionen</b>							
Störungsannahme (Rufnummer)	Festnetz (0 30/25 77 77 77)	Festnetz (0 30/25 77 77 77)	Festnetz (0 30/25 77 77 77)	kostenlos (08 00/3 30 10 00)			
Laufzeit / Verlängerung / Kündigungsfrist (Monate)	3 / 1 Monate / 4 Wochen	3 / 1 Monate / 4 Wochen	3 / 1 Monate / 4 Wochen	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1
Günstigste mitgelieferte Hardware	WLAN-Kabelbox, kostenlos <sup>3</sup>	WLAN-Kabelbox, kostenlos <sup>3</sup>	WLAN-Kabelbox, kostenlos <sup>3</sup>	WLAN- und VoIP-Router, 5,95 €/Monat, 6,95 € einmalig <sup>3</sup>	WLAN- und VoIP-Router, 5,95 €/Monat, 6,95 € einmalig <sup>3</sup>	WLAN- und VoIP-Router, 5,95 €/Monat, 6,95 € einmalig <sup>3</sup>	WLAN- und VoIP-Router, 9,95 €/Monat, 6,95 € einmalig <sup>3</sup>
Telefonanschluss / Festnetz-Flat / Allnet-Flat monatlich	inklusive / 5 € / 5 € <sup>7</sup>	inklusive / 5 € / 5 € <sup>7</sup>	inklusive / 5 € / 5 € <sup>7</sup>	inklusive / inklusive / –			
<b>Kosten</b>							
Einmalkosten abzgl. Ermäßigungen <sup>1</sup>	–	–	–	300,05 € Gutschrift	350,05 € Gutschrift	450,05 € Gutschrift	300,05 € Gutschrift
Abweichende Leistungen und Kosten bei Verträgen mit langer Mindestlaufzeit	330 € zusätzliche Gutschrift	440 € zusätzliche Gutschrift	550 € zusätzliche Gutschrift	–	–	–	–
Internet-Anschluss, monatlich	33 €	44 €	55 €	39,95 €	44,95 €	54,95 €	44,89 €

<sup>1</sup> bei Online-Bestellung, Gebühren-Gutschriften gerechnet für zwei Jahre Laufzeit<sup>2</sup> mehr Rufnummern und mehr gleichzeitige Gespräche gegen Aufpreis<sup>7</sup> zusätzlich zu Telefonanschluss und Festnetz-Flatrate

✓ vorhanden – nicht vorhanden

<sup>3</sup> Router muss nicht mitbestellt werden, Preis inkl. Versandkosten

bekommt man den Router nur in den wenigsten Fällen. Üblicherweise verlangen die Anbieter dafür eine monatliche Miete.

Ein solches Mietgerät ist ein zweischneidiges Schwert: Einerseits wird eine solche Miete auf Dauer teurer, als wenn man das Gerät für einen einmaligen Kaufpreis auf eigene Faust beschafft. Andererseits ist der Anbieter dafür verantwortlich, dass das Gerät betriebsbereit ist. Hat er das Gerät gestellt, kann er sich bei Störungen nicht damit herausreden, dass der Router des Kunden das Problem verursachte. Ist das Gerät defekt oder veraltet, muss er es austauschen. Bequemlichkeit und Sicherheit sind durchaus einen kleinen Aufpreis wert. Oft ist jedoch die Modellauswahl sehr eingeschränkt. Wer unbedingt ein ganz bestimmtes Modell oder einen Router eines bestimmten Herstellers einsetzen will, muss das in vielen Fällen selbst beschaffen und konfigurieren.

Wählen Sie bei einer Bestellung „ich habe bereits ein Modem“, bekommen Sie

oft eine Menge Warnhinweise, was alles schiefgehen könnte. Lassen Sie sich davon nicht verunsichern. Wichtig ist nur, dass das Modem Ihres Routers an DSL-Anschlüssen Vectoring beziehungsweise für 250 Mbit/s Super-Vectoring beherrscht und dass Kabelmodelle an Kabelanschlüssen die DOCSIS-Version 3.1 nutzen. Das ältere DOCSIS 3.0 funktioniert derzeit noch in den meisten Netzen, läuft aber aus. Ein solches Modem wird deshalb möglicherweise vom Anbieter für einen Neuvertrag nicht mehr freigeschaltet.

An Glasfaseranschlüssen gibt es zusätzlich die Variante, dass man beim Anbieter nur einen Medienwandler, auch Glasfaser-Modem genannt, bucht und den eigentlichen Router dann über einen LAN-Anschluss verbindet. Daran kann man dann auch einen vorhandenen DSL- oder Kabelrouter über dessen LAN-Buchse anschließen. Die Alternative ist ein Router mit eingebautem Glasfaser-Modem, wobei man darauf achten muss, die richtige An-

schlussvariante AON, GPON oder neuerdings auch das schnellere XGS-PON zu wählen.

Immer mehr Anschlüsse benötigen keine Zugangsdaten mehr. Der Kunde wird dann an Punkt-zu-Punkt-Anschlüsse wie DSL oder Glasfaser anhand seines Anschlusses identifiziert. Sobald das Modem die Verbindung hergestellt hat, ist man online. In Verteilernetzen mit mehreren Teilnehmern in einem Netzsegment wie dem TV-Kabelanschluss, identifiziert der Netzknopen die Gegenstellen über die MAC-Adresse des Kundenmodems. Letzteres ist der Grund dafür, dass selbst beschaffte Geräte beim Kabelnetzbetreiber angemeldet werden müssen, bevor man sie nutzen kann.

### Sicher wechseln

Wenn Sie den Anschluss wechseln wollen, sollten Sie den alten Anschluss nicht selbst kündigen, sondern das dem neuen Anbieter überlassen. Als Kunde haben Sie einen

## (Auswahl überregionaler Angebote)

Telekom	Telekom	Vodafone	Vodafone	Vodafone	Vodafone	Vodafone	Vodafone
Magenta Zuhause L mit Hybrid LTE	Magenta Zuhause XL mit Hybrid LTE	GigaZuhause Basic 100 (250) DSL	GigaZuhause 50 (100) DSL	GigaZuhause 250 DSL	GigaZuhause 50 (100) Kabel	GigaZuhause 250 Kabel	GigaZuhause 500 (1000) Kabel
telekom.de	telekom.de	vodafone.de	vodafone.de	vodafone.de	vodafone.de	vodafone.de	vodafone.de
Vectoring (FTTH/Glasfaser) kombiniert mit 4G	Super-Vectoring (FTTH/Glasfaser) kombiniert mit 4G	Vectoring / Super Vectoring	Vectoring	Super Vectoring	TV-Kabel	TV-Kabel	TV-Kabel
100 / 40 (100 / 50 mit Fiber 100) + 300 / 50 über LTE	250 / 40 (250 / 50 mit Fiber 250) + 300 / 50 über LTE	100 / 40 (250 / 40 mit 250 DSL)	50 / 10 (100 / 40 mit 100 DSL)	250 / 40	50 / 25 (100 / 50 mit 100 Kabel)	250 / 50	500 / 50 (1000 / 50 mit 1000 Kabel)
83,8 / 33,4 (100 / 50 mit Fiber 100) + k. A. für LTE	200 / 35 (250 / 50 mit Fiber 250) + k. A. für LTE	87 / 37 (210 / 37 mit 250 DSL)	48 / 9,6 (87 / 37 mit 100 DSL)	210 / 37	47,5 / 22,5 (95 / 35 mit 100 Kabel)	225 / 35	450 / 35 (850 / 35 mit 1000 Kabel)
54 / 20 (100 / 50 mit Fiber 100) + k. A. für LTE	175 / 20 (250 / 50 mit Fiber 250) + k. A. für LTE	54 / 20 (179 / 20 mit 250 DSL)	28 / 9 (54 / 20 mit 100 DSL)	179 / 20	35 / 10 (70 / 15 mit 100 Kabel)	150 / 15	300 / 15 (600 / 15 mit 1000 Kabel)
✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	✓ / ✓ (/56 Delegated LAN Prefix)	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
VoIP / 2 / 3	VoIP / 2 / 3	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 1 / 1 <sup>2</sup>	VoIP / 2 / 2	VoIP / 2 / 2	VoIP / 2 / 2
kostenlos (08 00/3 30 10 00)	kostenlos (08 00/3 30 10 00)	kostenlos (08 00/172 12 12)	kostenlos (08 00/172 12 12)	kostenlos (08 00/172 12 12)	kostenlos (08 00/172 12 12)	kostenlos (08 00/172 12 12)	kostenlos (08 00/172 12 12)
24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1	24 / 1 / 1
WLAN- und VoIP-Router, 9,95 €/Monat, 6,95 € einmalig <sup>3</sup>	WLAN- und VoIP-Router, 9,95 €/Monat, 6,95 € einmalig <sup>3</sup>	Fritzbox 7530, kostenlos <sup>3</sup>	EasyBox 805, 2,99 €/ Monat <sup>3</sup>	EasyBox 805, 2,99 €/ Monat <sup>3</sup>	Vodafone Station, kostenlos <sup>3</sup>	Vodafone Station, kostenlos <sup>3</sup>	Vodafone Station, kostenlos <sup>3</sup>
inklusive / inklusive / –	inklusive / inklusive / –	inklusive / – / –	inklusive / inklusive <sup>4</sup> / 9,99 € <sup>5</sup>	inklusive / inklusive <sup>6</sup> / 9,99 € <sup>5</sup>	inklusive / inklusive / 9,99 € <sup>5</sup>	inklusive / inklusive / 9,99 € <sup>5</sup>	inklusive / inklusive / 9,99 € <sup>5</sup>
350,05 € Gutschrift	450,05 € Gutschrift	–	220 € Gutschrift (270 € mit 100 DSL)	385 € Gutschrift	200 € Gutschrift (220 € mit 100 Kabel)	250 €	300 € Gutschrift (415 € mit 1000 Kabel)
–	–	–	–	–	–	–	–
49,89 €	59,89 €	39,99 € (49,99 € mit 250 DSL)	39,99 € (44,99 € mit 100 DSL)	54,99 €	34,99 € (39,99 € mit 100 Kabel)	44,99 €	49,99 € (59,99 € mit 1000 Kabel)

<sup>4</sup> Herstellerangabe laut Produktblatt<sup>5</sup> Flatrate enthält auch Festnetztelefone in über 25 europäische Länder<sup>6</sup> Flatrate ins Vodafone-Mobilfunknetz kostenlos enthalten

Anspruch darauf, dass diese Übernahme nahtlos vonstattengeht, der neue Anbieter den Anschluss also ohne größere Unterbrechung übernimmt. Das klappt aber nur, wenn die beiden Anbieter sich schon bezüglich des Übergabetermins untereinander abstimmen können.

Anders als früher verlängert sich ein Vertrag nach Ablauf der Mindestvertragslaufzeit von maximal zwei Jahren nicht mehr um ein weiteres Jahr, sondern nur noch um einen Monat – das gilt auch für Altverträge. Wenn Ihr Vertrag also älter als zwei Jahre ist, können Sie in jedem Fall spätestens zum Ende des kommenden Monats wechseln. Dabei müssen Sie aber eine gewisse Bearbeitungszeit einrechnen. Wenn Sie einen Anschluss zu einem bestimmten Termin wünschen, sollten Sie den Auftrag dafür mindestens vier, besser aber sechs bis acht Wochen vorher stellen, damit das sicher klappt.

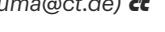
Ziehen Sie um, können Sie Ihren Anschluss mitnehmen. Ist am neuen Wohn-

ort kein Anschluss Ihres Anbieters verfügbar oder kann er die vertraglich vereinbarte Datenrate nicht liefern, können Sie mit einer Frist von einem Monat kündigen, auch innerhalb der Mindestvertragslaufzeit. Kein Kündigungsgrund ist es allerdings, wenn Sie den Vertrag nicht mehr benötigen, etwa weil in der neuen Wohnung bereits ein Internetanschluss vorhanden ist. Einen Vertrag mit langer Mindestlaufzeit sollten Sie deshalb nur abschließen, wenn Sie sicher sind, dass Sie diesen für die gesamte Laufzeit benötigen.

1&1, Congstar, O2 und Pýur bieten wahlweise Verträge mit langer und kurzer Laufzeit an. Wer sich zwei Jahre bindet, bekommt dafür eine Gebührentgutschrift, die bei Congstar allerdings sehr schmal ausfällt. Bei 1&1 gibt es obendrein noch mehr Rufnummern und gleichzeitige Gespräche für den erhaltenen Telefonanschluss als Dreingabe. Die Angebote mit kurzer Laufzeit sind leicht zu finden –

wenn man weiß, dass es sie gibt und gezielt danach sucht. Es ist offensichtlich, dass die Anbieter lieber Zweijahresverträge verkaufen. Anschlussgebühren werden auch bei Verträgen mit kurzer Laufzeit oft nicht berechnet, selbst wenn sie in der Preisliste auftauchen. Oft werden sie bei Online-Bestellung direkt wieder gutgeschrieben. Falls sie doch auf der Rechnung auftauchen, sind es meist 50 Euro.

### Fazit

Die Preis- und Leistungsunterschiede zwischen den Angeboten sind recht deutlich. Zwar gibt es erste Preiserhöhungen, aber anders als im Strom- oder Gasmarkt ist bei Internetanschlüssen nicht mit drastischen Aufschlägen zu rechnen. Für viele Kunden würde sich ein Wechsel zu einem neuen Anbieter lohnen, damit lassen sich bis zu 20 Euro im Monat sparen – bei gleichbleibender Leistung. In aller Regel klappen Anbieterwechsel heutzutage vollkommen problemlos. (uma@ct.de) 

# Zahlen, Daten, Fakten

## Social Media

Menschen schwatzen gern miteinander und haben dieses Sozialverhalten auch ins Internet getragen. Zwar wirbeln die turbulenten Entwicklungen rund um die Twitter-Übernahme von Elon Musk Ende Oktober weiterhin viel Staub in der Medienlandschaft und unter den Social-Media-Nutzern auf, aber vielen ist Social Media weniger wichtig, wie eine Umfrage unter c't-Abonnenten zeigt.

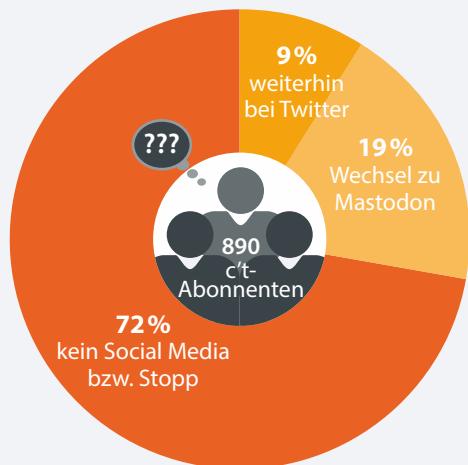
Firmen verstehen Social-Media-Plattformen als hippe Werbe- und Kontaktmöglichkeit für ihre Kundschaft, aber auch für den geschäftlichen Austausch und zur Kontaktanbahnung wird das „Soscheln“ auf Netzwerken wie LinkedIn und Xing beliebter. Dass unter jüngeren Internetnutzern die Lust an Facebook nachlässt und sie lieber Zeit mit Kurzvideos von TikTok verdaddeln,

lässt sich seit etwa 2021 auch an Zahlen festmachen.

Insgesamt gehen für soziale Aktivitäten im Netz in Deutschland im Schnitt täglich rund anderthalb Stunden drauf, während es in Nigeria sogar vier Stunden sind. Darunter fällt auch der Austausch über Messenger wie WhatsApp und Signal. In anderen Statistiken werden Messenger aber nicht unter Social Media geführt. (mil@ct.de) ct

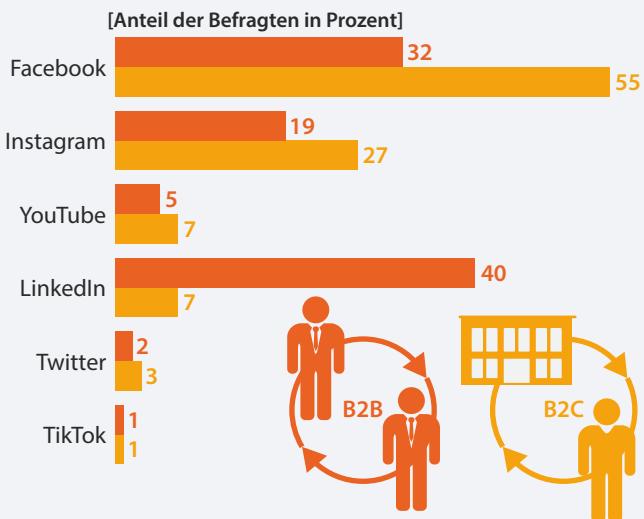
### ► Wechselgedanken

In einer Umfrage unter c't-Abonnenten fragten wir nach Wechselgedanken. Die allermeisten lehnten Social Media ingesamt ab.<sup>1</sup>



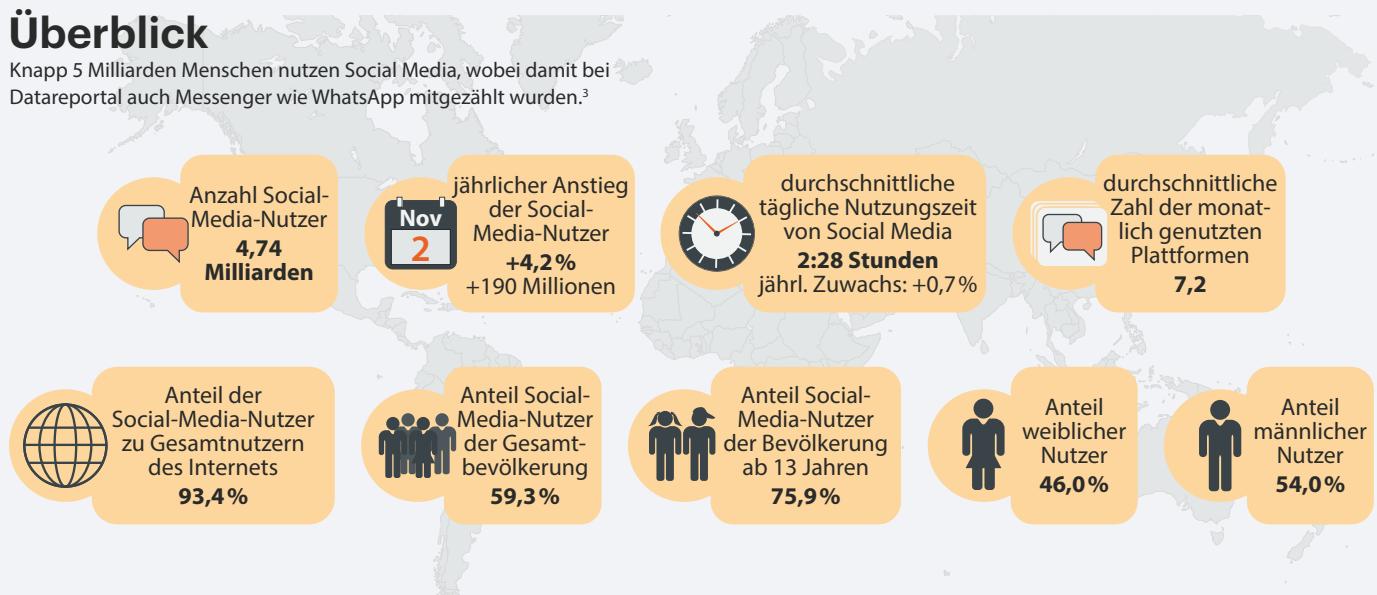
### ► Social-Media-Prioritäten

Für Beziehungen zum Endkunden (B2C) bevorzugen Unternehmen Facebook, für Kontakt zu Unternehmen (B2B) ist LinkedIn wichtiger.<sup>2</sup>



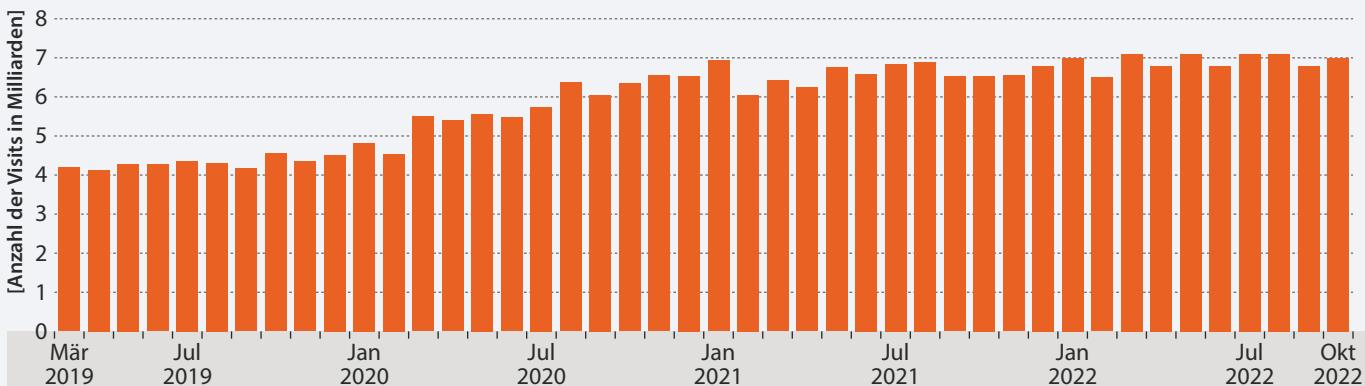
### ► Überblick

Knapp 5 Milliarden Menschen nutzen Social Media, wobei damit bei Datareportal auch Messenger wie WhatsApp mitgezählt wurden.<sup>3</sup>



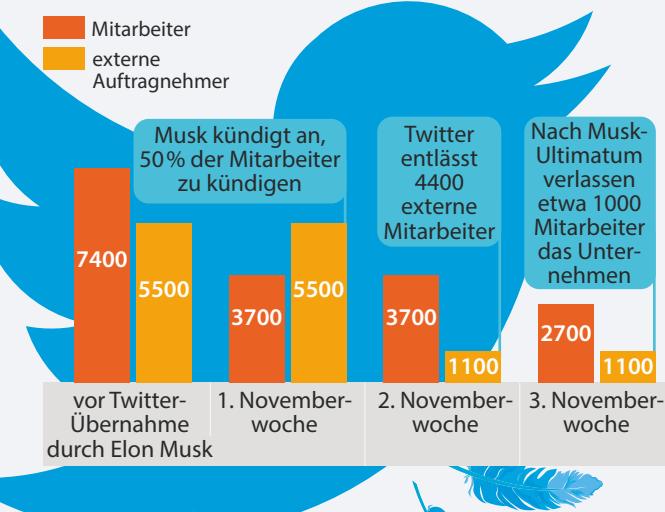
## ► Twitter-Zugriffszahlen stagnieren

Seit dem Bekanntwerden der Übernahmepläne von Musk stagnierten die Nutzerzahlen, für den Monat nach der vollzogenen Übernahme lagen zum Redaktionsschluss noch keine Zahlen vor.<sup>4</sup>



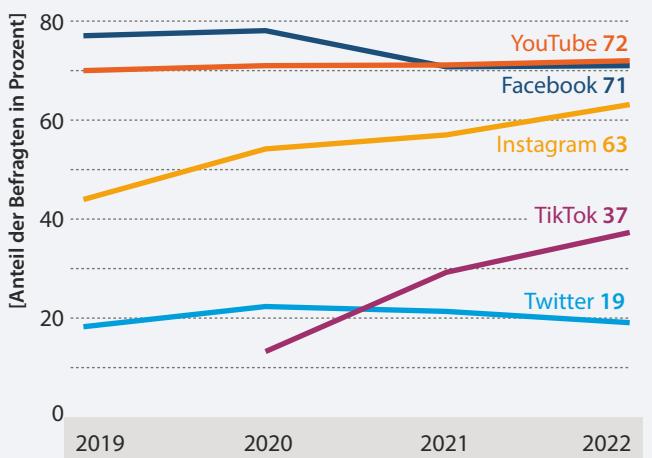
## ► Twitter lässt Federn

Gleich nach der Übernahme entließ Musk Tausende, was auch andere zum Verlassen des Unternehmens brachte.<sup>5</sup>



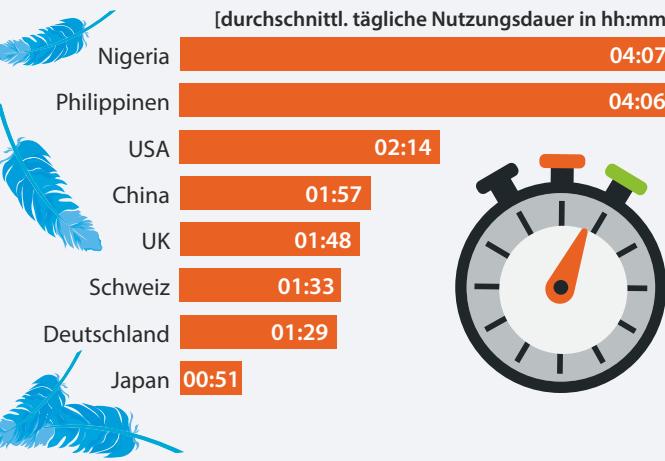
## ► TikTok wird beliebter

Der chinesische Kurzvideoplattform wird in Deutschland beliebter, während Facebook und Twitter im Sinkflug begriffen sind.<sup>6</sup>



## ► Zeit in sozialen Netzwerken

Laut Erhebungen verbrachten Nutzer in Deutschland 2021 knapp anderthalb Stunden täglich in sozialen Netzwerken.<sup>7</sup>



## ► Emoticons

Kaum ein Post kommt ohne Emoticon. Heulende Emojis haben auf Twitter gegenüber lachenden die Oberhand gewonnen.<sup>8</sup>



© Statista

<sup>4</sup> Datareportal Digital 2022 October Global Statshot Report

<sup>5</sup> Similarweb (Oktober 2022)

<sup>6</sup> Emojipedia (April 2021)

<sup>7</sup> Global Web Index

<sup>8</sup> Social Media Examiner (Mai 2022)



Bild: Wingedbull | Destina | stock.adobe.com | Composing: c't

# Grüne Welle

Viele Ampeln sind per Funk einfach manipulierbar

**Busse und Bahnen surfen vielerorts auf einer grünen Welle durch den Stadtverkehr. Das ist kein Zufall: Sie steuern die Ampeln über Funk an. Die verwendete Technik stammt allerdings aus den 80ern – und ist nicht ausreichend gegen Missbrauch geschützt. Mit overschaubarem Aufwand könnte jeder die Kontrolle übernehmen.**

Von Ronald Eikenberg  
und David Wischnjak

**V**ielen Autofahrern kommt das bekannt vor: Man steht ewig vor einer roten Ampel. Doch kaum taucht ein Linienbus auf, schaltet die Ampel auf Grün, noch bevor der Bus zum Stehen kommt. Dahinter steckt ein System zur Beeinflussung der Ampelphasen – und so mancher hätte diese Technik wohl gern in seinem Pkw. c't hat in einer gemeinsamen Recherche mit den Politikmagazinen Panorama 3 (NDR) und Kontrovers (BR) untersucht, wie das System funktioniert und wie sicher es ist – schließlich sind Ampeln ein kritisches Angriffsziel für Hacker.

Die magische Technik verbirgt sich hinter der sperrigen Bezeichnung Licht-

signalanlagen-Beeinflussung. Lichtsignalanlage (LSA) ist Behördendeutsch für Ampel. Viele Nahverkehrsbetriebe statteten ihre Fahrzeuge mit Systemen zur LSA-Beeinflussung aus. Dabei handelt es sich jedoch nicht um eine Fernbedienung, mit der Ampeln beliebig geschaltet werden können: Das ÖPNV-Fahrzeug (zum Beispiel ein Bus) meldet sich darüber bei der Ampel an, bevor es sie erreicht, um gegenüber den anderen Verkehrsteilnehmern

Manipulierbare Ampeln	Seite 120
Funktechnik im Detail	Seite 126
Rechtliche Lage	Seite 130

## c't kompakt

- ÖPNV-Fahrzeuge wie Busse steuern Ampeln per Funk an, damit diese schneller auf Grün springen.
- Dabei kommt in vielen Städten eine analoge Funktechnik aus den 80ern zum Einsatz.
- Die Technik ist nicht vor Angriffen geschützt, auch Hacker können die Ampeln ansteuern.
- Dennoch ist vielerorts kein zeitnaher Wechsel auf sichere Verfahren geplant.

bevorzugt zu werden und schneller voranzukommen.

Die Ampel passt ihre Schaltzeiten daran an, etwa indem sie die aktuelle Grünphase verlängert oder die nächste vorzieht. Im besten Fall ist die Ampel rechtzeitig grün und das Fahrzeug kann einfach durchfahren. Damit sollen Verspätungen des ÖPNV reduziert werden, ohne dass dauerhaft für den Individualverkehr ungünstige Schaltprogramme eingeführt werden müssen. Folglich sind auch nicht alle Ampeln mit der Technik ausgestattet, sondern primär solche auf den Routen des ÖPNV.

### Funktechnik aus den 80ern

Die LSA-Beeinflussung läuft meist über Funk und es gibt sie schon seit den 80er-Jahren (siehe Kasten „Retrotechnik regelt den Verkehr“). Den Möglichkeiten der damaligen Zeit geschuldet, setzt das Verfahren auf analoge Funktechnik. Das war naheliegend, denn so konnten die Verkehrsbetriebe die vorhandenen Funkgeräte in den Fahrzeugen einfach für den neuen Zweck mitnutzen.

Die Funkgeräte erzeugen auf einer reservierten Betriebsfunkfrequenz (in den meisten Städten um die 150 MHz) mittels Frequenzmodulation (FM) einen schmalbandigen Sprachkanal, ganz ähnlich wie beim UKW-Radio oder bei Walkie-Talkies. Um diesen bereits vorhandenen Sprachkanal nun für digitale Daten nutzen zu können, werden abwechselnd zwei Töne übertragen, welche der LSA-Empfänger der Ampel in digitale Daten, also Nullen und Einsen, umwandelt (auch Frequenzumtastung genannt). Das klingt so ähn-

lich, als hätte man versehentlich ein Faxgerät angerufen.

Um kein Verkehrschaos zu erzeugen, muss ein Fahrzeug mitteilen, welche Ampel es in welche Fahrtrichtung überqueren will – schließlich sollen nicht auch die Ampeln in den Quer- und Parallelstraßen auf Grün springen, sobald sich das Fahrzeug in Funkreichweite befindet. Für diesen Zweck hat jede Ampel eine individuelle Kennung und dazu eine oder mehrere mögliche Fahrtrouten, alles kodiert in einer Meldepunkt genannten Nummer.

Um herauszufinden, welche Ampel angesteuert werden muss, hat der Bordcomputer des Fahrzeugs (Integriertes Bordinformationssystem, IBIS) ursprünglich seine Position mittels Wegstreckenzähler (Radumdrehungen seit der letzten Haltestelle) und am Straßenrand stehenden Infrarotbaken bestimmt. Bei den Baken handelt es sich um kleine Infrarotsender, die einige Byte an Information verschicken, sobald sie mittels Infrarot-

licht angestrahlt werden. Führ das Fahrzeug an einer Bake vorbei, antwortete sie mit Information über die bevorstehenden Ampeln. Mittlerweile werden die Baken nur noch selten eingesetzt, die Fahrzeuge bestimmen ihre Position beispielsweise über GPS, die Positionen der Ampeln samt zugehöriger Meldepunktnummern liegen in einer Datenbank im Fahrzeug.

Nachdem das Fahrzeug herausgefunden hat, welche Ampel es vor sich hat, muss es sich bei ihr anmelden. Dazu verschickt es sogenannte R09-Telegramme. Das sind Datenpakete in einem Format, das einst vom Verband öffentlicher Verkehrsbetriebe (VÖV) festgelegt wurde (siehe Seite 126). Bei großen Kreuzungen kündigen sich die Fahrzeuge mitunter frühzeitig mit einer sogenannten Voranmeldung (VA) bei der Ampel an. In jedem Fall melden sie sich kurz vor der Haltelinie mit einer Hauptanmeldung (HA).

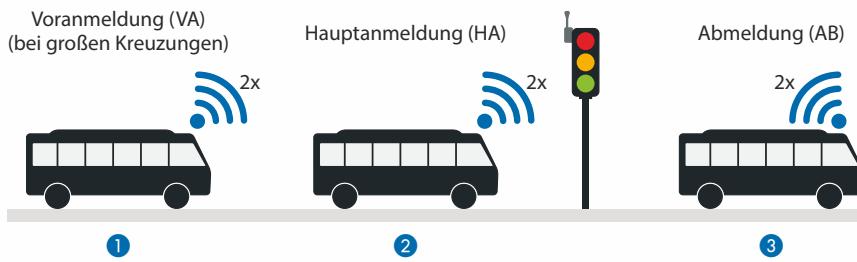
So signalisiert das Fahrzeug der Ampel, dass es gerne Vorrang gegenüber dem restlichen Verkehr haben möchte und sie ihre



Viele Ampeln sind über einen Funkempfänger steuerbar. Die eingesetzte Technik ist allerdings alt und unsicher.

## Ablauf der Ampelbeeinflussung

Der Bus verschickt bei großen Kreuzungen einige hundert Meter vor der Ampel eine Voranmeldung (VA). In jedem Fall schickt er kurz vor der Ampel eine Hauptanmeldung (HA) und nach dem Passieren der Ampel eine Abmeldung (AB). Jedes Datentelegramm wird zweimal verschickt.



Schaltzeiten anpassen soll. Kurze Zeit später schaltet die Ampel die angefragte Fahrt route auf Grün. Nach dem Passieren der Ampel schickt das Fahrzeug eine Abmeldung (AB), damit die Ampel wieder mit ihrem normalen Schaltprogramm fortfahren kann. Es schickt jeweils zwei Telegramme hintereinander raus, für den Fall, dass eines aufgrund von Interferenzen nicht fehlerfrei ankommt. Fehlt die Abmeldung, wartet die Ampel eine festgelegte Zeit (Timeout), bis sie ihr Programm fortsetzt.

### Und die Sicherheit?

Auch wenn die Bordcomputer vieler Fahrzeuge inzwischen auch mit digitalen Funk schnittstellen wie LTE oder TETRA aus gestattet sind, die Ampeln sind es meist noch nicht und werden deshalb weiterhin über Analogfunk mit R09-Telegrammen angesteuert, so wie es Anfang der 80er in den Normen spezifiziert wurden. Selbst

im europäischen Ausland kommt diese alte Technik teilweise noch zum Einsatz.

Das wirft zwangsläufig die Frage auf, wie es um die Sicherheit dieser vier Jahr zehnte alten Funktechnik bestellt ist. Man sollte meinen, dass Ampelanlagen ein interessantes Angriffsziel für Hacker und Trolle sind, dennoch blieben Berichte über derartige Aktivitäten bislang aus. Ist die analoge Funktechnik aus den 80ern doch nicht so leicht zu knacken, wie man es von unverschlüsselter Funkkommunikation erwarten würde?

Schnelle Antworten liefert eine naive Internetrecherche dazu nicht. Denn während viele Informationen zwar frei ver fügbar sind, wird man sie als Außenstehender aufgrund der konsequenten Verwendung von branchenspezifischen Fachbegriffen wie „LSA“, „RBL“, „BON“, „R09-Telegramm“ und „VÖV 04.05.1“ kaum finden oder zuordnen können.

Sucht man hingegen nach den ent sprechenden Fachbegriffen, kann man sogar auf den Webpräsenzen einiger Städte Auszüge der Dokumentation des verwendeten Funkprotokolls herunterladen. Erstaunlicherweise tauchte das Wort „Sicherheit“ bei keiner unserer Recherchen auf, weder in öffentlich sichtbaren Forumsdiskussionen noch in Dokumen ten. Das lässt nichts Gutes ahnen.

### Alte Technik neu gehackt

Schon im Jahre 2003 fanden sich in einer Ausgabe der Zeitschrift „Datenschleuder“ des Chaos Computer Club (CCC) erste Hinweise auf die Funktionsweise der Ampelbeeinflussung. Um 2020 herum haben einige findige Mitglieder des CCC Dresden die ÖPNV-Technik weiter untersucht. Es gelang ihnen, die von Fahrzeugen abgesetzten R09-Tele gramme mit gängiger Technik aufzufangen und zu interpretieren.

Den Hackern fiel auf, dass die Tele gramme, die sich auch auf größere Dis tanz empfangen lassen, Rückschlüsse auf die aktuelle Position des sendenden Fahr zeugs erlauben. Diesen Zusammenhang nutzen die Hacker aus und bauen kurzer hand ein System zum stadtweiten Live Tracking von Bussen der Dresdner Ver kehrsbetriebe, das den aktuellen Standort der Fahrzeuge auf einer OpenStreetMaps Karte anzeigt.

Die Information, wo sich ein Fahr zeug gerade befindet, entnimmt das Sys tem den Meldepunkten aus dem Tele gram m - denn ein Fahrzeug sendet immer den Meldepunkt der Ampel mit, der es sich gerade nähert. Die Meldepunkte wer

## Retrotechnik regelt den Verkehr

Erste Städte wie Hamburg, Hannover und Zürich begannen schon in den späten 70er- und frühen 80er-Jahren damit, den ÖPNV mittels „rechnergestützter Betriebsleitsysteme“ (RBL) zuverlässiger und effizienter zu gestalten. Dabei wurde auch die dazugehörige Infrastruktur wie Weichen, Anzeigetafeln, Signalanlagen und Ampeln in das System integriert.

Nachdem erste Versuche der hannoverschen Verkehrsbetriebe Üstra wenig zufriedenstellend verliefen, wurde dort eine eigene Implementation eines RBLs

unter dem Namen BON (Betriebsleitsys tem für den öffentlichen Nahverkehr) ent wickelt, größtenteils in Software. Die Idee war, die Lösung auch anderen Verkehrs betrieben zur Verfügung zu stellen.

So richtig konnte sich das BON außer halb Hannovers zwar nicht durchsetzen, doch entstanden daraus in Zusammen arbeit mit dem Verband öffentlicher Ver kehrsbetriebe (VÖV) eine Reihe Stan dards. Unter anderem der Anfang der 80er veröffentlichte VÖV 04.05.1 „Technische Anforderungen an rechnergesteuert

te Betriebsleitsysteme – Übertragungs verfahren Datenfunk“, welcher 1990 um den Abschnitt „Datensatz für Meldesyste me“ erweitert wurde. Allgemein verfügbar ist die Version vom Januar 1984.

Wie für Normen üblich, lesen sich diese Dokumente etwas sperrig, sie be schreiben jedoch aufs Bit genau den Aufbau der sogenannten R09-Datentele gramme, die für die Beeinflussung von Ampeln verwendet werden. Diese Normen sind in weiten Teilen öffentlich und kosten los abrufbar (siehe ct.de/ys2g).

den mit einer eigens angelegten Datenbank von Ampelstandorten abgeglichen, wodurch die Position des Fahrzeugs bekannt wird.

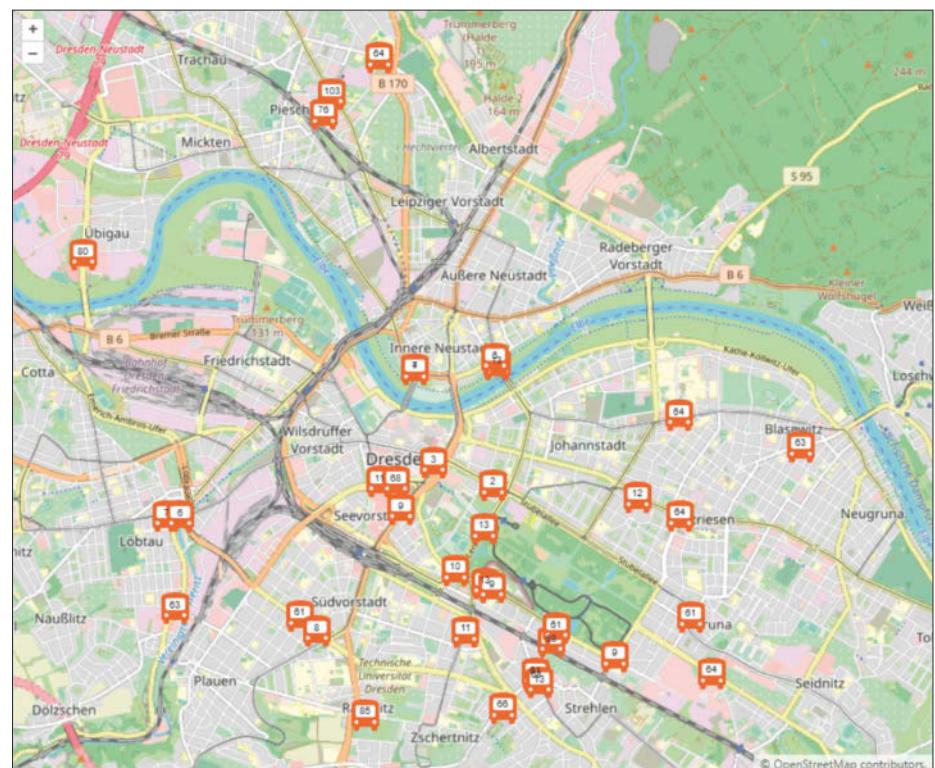
Die Hacker fangen die Funktelegramme der Dresdner Busse mit drei selbstgebauten Empfängern ein, die über hohe Gebäude der Stadt verteilt sind. Diese Anzahl reicht aus, um den Stadtbereich abzudecken. Ihre Empfänger sind mit selbst entwickelter Software und günstigen Software Defined Radios (RTL-SDR) ausgestattet. Materialkosten: nur gut 160 Euro pro Empfänger. Das Projekt ist quelloffen, man findet es auf GitHub.

### Ampeln fremdgesteuert

Ein Live-Tracking von Bussen stellt wohl kaum eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit dar, schließlich kann man die ungefähre Position eines Busses auch aus dem Fahrplan ableiten. Gefährlich wird es, wenn die alte analoge Funktechnik von Angreifern missbraucht wird, um die Schaltvorgänge zu manipulieren. Und genau das ist möglich. Da die Verbindung nicht verschlüsselt ist, können auch Unbefugte geeignete R09-Telegramme an Ampeln schicken und den Straßenverkehr unmittelbar beeinflussen.

Zwar ist die Nutzung der betroffenen Funkfrequenzen für Unbefugte streng verboten (siehe Seite 130), doch Kriminelle werden sich davon nicht abhalten lassen. Ein naheliegender Angriff wäre beispielsweise, das eigene Auto mit einem nachgebauten LSA-Sender auszurüsten, wodurch sich der Angreifer gegenüber den Ampeln als Bus ausgeben und damit in den Genuss der Priorisierung kommen würde. Macht der Trick die Runde, würde die Priorisierung des ÖPNV an Effektivität verlieren, bis sie schließlich abgeschaltet werden müsste – zum Leidwesen aller, die den ÖPNV nutzen.

Deutlich gravierender wäre eine koordinierte Sabotageaktion. Wie oben erwähnt, lassen sich Ampeln über R09-Telegramme zwar nicht beliebig steuern, denn ein Fahrzeug kann sich lediglich anmelden und hoffen, dass die Ampel demnächst die angefragte Fahrtroute auf Grün schaltet. Bleibt jedoch nach einer Anmeldung das von der Ampel erwartete Abmeldesignal aus, bleibt sie erst mal grün – und der konkurrierende Verkehr sieht Rot. Das kann eine ganze Zeit lang so bleiben, denn je nach Kreuzung beträgt der Timeout bis zu 255 Sekunden, also gut vier Minuten. Und nach einer kurzen Über-



Ist mein Bus pünktlich? Dresdner Hacker belauschen die Funksignale zwischen Bussen und Ampeln, um die Positionen der Fahrzeuge live auf einer Karte anzuzeigen.

gangsphase kann direkt wieder eine vermeintliche Anmeldung erfolgen.

Mit etwas Vorbereitung reichen so möglicherweise einer oder wenige Sender, um den Verkehr in einer Großstadt während der Hauptverkehrszeit für Stunden praktisch zum Erliegen zu bringen. Kommen dann noch Unfälle dazu, etwa weil Autofahrer im Stress fälschlicherweise von einer defekten Ampel ausgehen und über Rot fahren, wäre das Verkehrschaos perfekt. Und weil man die Sender komplett automatisieren kann, wäre die Gefahr für den Saboteur, erwischt zu werden, äußerst gering – wenn

der Sender aufgespürt wird, ist der Saboteur längst über alle Berge.

Die nötige Hardware zum Versand der Funkpakete stellt dabei keine Hürde dar, heutzutage genügen ein Kleinstreicher wie ein Raspberry Pi und ein Software Defined Radio (SDR), etwa ein HackRF One oder LimeSDR Mini. Je nach Einsatzzweck wäre noch ein simpler Verstärker mit einer passenden Antenne nötig. Damit bewegen sich die Kosten für einen solchen Sender im Bereich von wenigen hundert Euro. Und es geht sogar noch günstiger: Ein altes analoges Funkgerät könnte, sofern es Frequenzmodulation

**Bild: GitHub-Repository**

**Dump-DVB Institute** **Assembling a Receiver**

Figure 13: Station Barkhausenbau

- GDR powersupply casing (10€)
- Dell Wyse 3040 (70€)
- Radio Badge (e.g RTL SDR 30€)
- Hardware Filter (20€)
- Antenna (15€)
- Miscellaneous items (15€)
- Healthy amounts of kapton
- ⇒ 160€ per Station

**Die Dresdner Hacker nutzen drei selbst gebaute Empfänger für je 160 Euro, um den Funkverkehr der Busse in ihrer Stadt einzufangen.**

## Fachbegriffe erklärt

- **LSA:** Lichtsignalanlage: Ampel.
- **RO9:** Format für die Datentelegramme, die den Ampeln etwa eine Anmeldung signalisieren.
- **RBL** (später auch ITCS): Rechnergestütztes Betriebsleitsystem: Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Leitstelle, Standortverfolgung, (automatische) Koordination des Betriebs.
- **BON:** Betriebsleitsystem für den öffentlichen Nahverkehr: Implementation eines RBL größtenteils in Software, entwickelt von der hannoverschen Üstra in den 1980ern.
- **IBIS:** Integriertes Bordinformationsystem: All-in-One-Gerät in Fahrzeugen, um technische Geräte wie Funk, Anzeigetafeln, RBL-Schnittstelle, LSA-Beeinflussung zu bedienen.
- **VÖV:** Verband Öffentlicher Verkehrsbetriebe: Verband und Standardisierungsgremium des ÖPNV bis 1990.
- **VDV:** Verband Deutscher Verkehrsunternehmen: Nachfolger des VÖV.

und die benötigte Frequenz unterstützt, über den Audioeingang ebenfalls als LSA-Sender verwendet werden. Das war schließlich der Grund, warum ursprünglich auf Analogfunk als Übertragungsmedium gesetzt wurde.

Die Manipulation der Ampelanlagen ist kein theoretisches Sicherheitsproblem. Das geht aus uns zugespielten Informationen einiger unabhängiger Informanten hervor. Diese konnten uns glaubhaft belegen, dass es über die veraltete Funktechnik auch in der Praxis möglich ist, Ampelanlagen zu manipulieren. Der Bau eines geeigneten LSA-Empfängers und -Senders sei mit öffentlich zugänglichen Informationen „für Interessierte mit Grundwissen in Informatik oder Nachrichtentechnik keine große Sache“. Soweit uns bekannt ist, wurden bisher jedoch noch keine böswilligen Sabotageversuche durchgeführt.

Wir warnen ausdrücklich davor, mit der LSA-Beeinflussung zu experimentie-

ren. Es handelt sich hier um Funkfrequenzen, die nicht für die Öffentlichkeit bestimmt sind. Wer die Technik missbraucht, muss mit einem hohen Bußgeld rechnen. Außerdem kann die unerlaubte Manipulation von Ampeln, einem sicherheitsrelevanten Baustein des Straßenverkehrs, strafrechtliche Konsequenzen nach sich ziehen (siehe Seite 130).

## Ursachenforschung

Zugegeben, es ist wenig überraschend, dass eine rund vierzig Jahre alte Funktechnik nicht mehr heutigen Sicherheitsstandards entspricht. Damals war Verschlüsselung außerhalb des Militärs und allenfalls der Finanzbranche nicht üblich. Die eigentliche Überraschung ist, dass diese alte Technik auch noch heute im Einsatz ist. Und das in einem durchaus sensiblen Bereich.

Den Verband Öffentlicher Verkehrs betriebe (VÖV), der das System einst festgelegt hat, gibt es schon lange nicht mehr. Nach der Wende hat der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) die Nachfolge angetreten, der auch den Bundesländern der ehemaligen DDR offensteht. Im VDV sind laut Angaben auf der Website „rund 600 Mitgliedsunternehmen aus dem öffentlichen Personenverkehr und dem Schienengüterverkehr organisiert“.

Der VDV hat in seiner VDV-Schrift 426 (VDV Ausschuss für Telematik und Informationssysteme, 2014) zwar die in Deutschland eingesetzten Digitalfunkt lösungen für Ampelbeeinflussung beschrieben. Es handelt sich dabei im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Analogfunk jedoch um keinen Standard, sondern nur um einen Vergleich verschiedener möglicher Lösungsansätze.

Eine zentrale Ursache für die aktuelle Situation dürfte sein, dass alle Kommunen und Verkehrsbetriebe selbst dafür verantwortlich sind, die völlig veraltete Technik gegen ein modernes, sicheres System auszutauschen. Ein Austausch ist zudem mit hohen Kosten verbunden und erfordert Abstimmungen zwischen Verkehrsunternehmen und Kommunen – ein schwieriges Vorhaben.

## Bestandsaufnahme in 100 Kommunen

Um herauszufinden, wie verbreitet der anfällige Analogfunk noch ist, haben wir im November in rund 100 Kommunen nachgefragt. Wir interessierten uns für die derzeitige Technik zur Ampelbeeinflussung

und etwaige Umrüstungspläne auf moderne Verfahren. In rund 90 Fällen erhielten wir eine verwertbare Antwort mit – mal mehr, mal weniger konkreten – Informationen über den aktuellen Stand der Dinge. Grund zur Entwarnung können wir nach der Auswertung der Antworten nicht geben – ganz im Gegenteil: In etwa 80 Fällen kommt die analoge Funktechnik auch heute noch zum Einsatz, insbesondere im Busverkehr.

Die Gründe dafür variieren, häufig werden jedoch die zu erwartenden Kosten genannt. Vielerorts sehen die Verantwortlichen aber auch schlicht keine Notwendigkeit, wie etwa aus der Antwort einer niedersächsischen Großstadt hervorgeht: „Eine Umstellung auf digital ist nicht geplant, solange die Frequenzen dafür nicht abgekündigt werden. Denn es ist stabiles Funksystem (mit einer Genauigkeit von 99,8 Prozent).“

In den meisten Fällen ist derzeit keine Umstellung auf moderne und sichere Funktechnik geplant, der Analogfunk funktioniert schließlich noch. Mehreren Antworten konnten wir entnehmen, dass sich die Betreiber die Nutzung der Analogfrequenzen gerade erst wieder von der Bundesnetzagentur genehmigen ließen, konkret bis zum 31.12.2028. Teilweise wird nach diesem Termin eine Umrüstung auf Digitalfunk in Betracht gezogen.

Dieser Termin ist kein Zufall, denn die Betreiber gehen in diesen Fällen davon aus, dass die Bundesnetzagentur darüber hinaus keine weitere Nutzung genehmigen wird – eine Modernisierung der ÖPNV-Technik wäre dann unumgänglich. So heißt es in einer Antwort: „Eine Umstellung auf Digitalfunk ist langfristig geplant, da das analoge 20 kHz Kanal raster der Bundesnetzagentur nach dem 31.12.2028 in der jetzigen Form nicht mehr zur Verfügung steht.“

Tatsächlich beabsichtigt die Bundes netzagentur, das aus der Nachkriegszeit stammende 20-kHz-Kanalraster im ge nutzten Frequenzbereich auf 12,5 kHz zu begrenzen, um Platz für moderne, digitale Funksysteme zu schaffen. Dafür hat der VDV aber offenbar eine Lösung parat: In seiner VDV-Mitteilung 4021 beschreibt der Verband „die Migrationsmöglichkeiten, um den analogen LSA-Datenfunk weiterhin im 20 kHz-Raster zu betreiben, jedoch auf einer geänderten Funkfrequenz.“ Ein Ende des unsicheren Analog funks wäre demnach auch nach 2028 nicht absehbar.

## Ausweg

Klar ist, der für die Ampelbeeinflussung genutzte Analogfunk muss schnellstmöglich einem sichereren Kommunikationsweg weichen. Das bedeutet unausweichlich erheblichen Aufwand und Kosten für die Kommunen und Verkehrsbetreiber. Doch welche Möglichkeiten gibt es?

Zunächst haben die Verantwortlichen die Wahl aus zwei möglichen Architekturen: zentral und dezentral. Der zentrale Ansatz sieht eine Leitstelle vor, welche eine Verbindung mit jeder Ampel unterhält. Die Fahrzeuge beeinflussen nicht direkt die Ampeln, sondern melden sich bei der Leitstelle und diese leitet die Anfragen an die Ampeln weiter. Je nach verwendeter Technik kann eine Latenz im Bereich von einigen hundert Millisekunden bis hin zu mehreren Sekunden entstehen. Beim dezentralen Ansatz hingegen bedarf es für die Ampelbeeinflussung keiner Leitstelle, die Fahrzeuge melden sich direkt bei den jeweiligen Ampeln – ohne nennenswerte Übertragungslatenz.

In den Städten mit Analogfunk ist der Ansatz bisher dezentral, jede Ampel wird vom vorbeifahrenden Fahrzeug individuell kontaktiert. Möchte man diese Architektur beibehalten, müssten die Ampeln von Analogfunk auf einen moderneren Digitalfunkstandard wie TETRA oder Tetrapol umgerüstet werden. Unsere Anfragen ergaben, dass TETRA bereits seit Längerem unter anderem in Köln, Dortmund und Bonn zum Einsatz kommt, von Tetrapol berichten Passau und Hamburg.

Alternativ zu den etablierten Standards gibt es auch das Konzept der Totalvernetzung des Verkehrs mittels Car2x („Car to x“), das sich auch für die Ampelbeeinflussung eignet. Für die dezentrale Kommunikation, also die direkte Verbindung vom Fahrzeug zur Ampel, bietet sich der WLAN-Standard 802.11p (WLANp/ITS-G5) an, der speziell für den Einsatz im Verkehr entwickelt wurde. 802.11p arbeitet mit verschlüsselten Ad-hoc-Verbindungen und kurzen Latzenzen. Eine zentrale Infrastruktur ist nicht nötig, Ampeln und Bordsysteme müssen jedoch umgerüstet werden.

Bisher hat keine der angefragten Kommunen den Analogfunk komplett auf 802.11p umgestellt, es wird jedoch häufig in Betracht bezogen und es laufen teilweise erste Versuche oder Forschungsprojekte, wie in Kassel: „Erste Fahrzeuge fordern bereits über den Standard WLAN 802.11p (ITS-G5) an. Es gibt einen Migra-

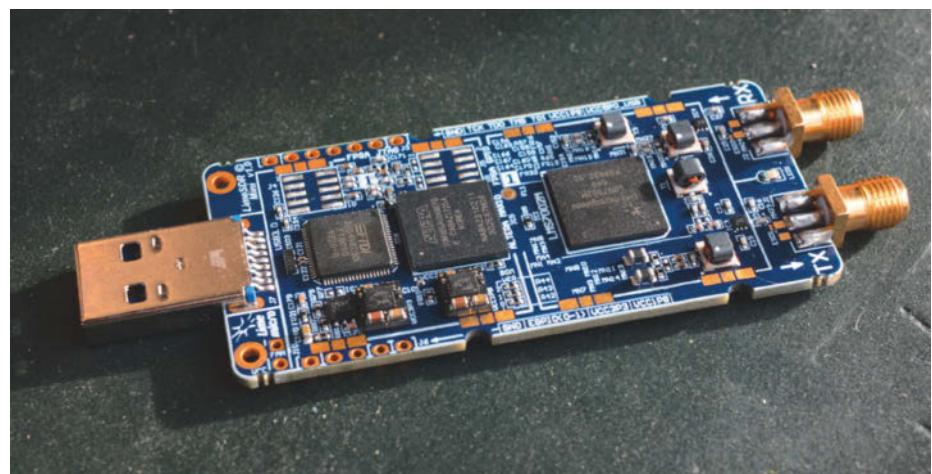


Bild: Lime Microsystems

Mit einem handelsüblichen Software Defined Radio (SDR) wie dem LimeSDR Mini können sich Hacker als Bus ausgeben, wodurch viele Ampeln schneller auf grün springen.

tionsprozess, der gewiss einige Jahre dauern wird (bis 2030).“

Die dringend nötige Modernisierung der Ampelbeeinflussung bietet aber auch die Chance, die dezentrale Ansteuerung aufzugeben und die Ampeln stattdessen zentral über die Leitstelle zu steuern. In diesem Fall sendet das Fahrzeug seine An- und Abmeldungen per Mobilfunk (LTE oder 5G) an die Leitstelle, die daraufhin die Ampel steuert. Diese Lösung dürfte geringere Kosten verursachen, da viele Fahrzeuge bereits über Mobil- oder Digitalfunk mit der Leitstelle verbunden sind. Zudem sind viele Ampeln mittels IP-Netzwerk oder serieller Schnittstelle an die Leitstelle angebunden. Die Leitstelle verfügt über viele Informationen wie die Positionen und Fahrpläne ihrer Fahrzeuge und kann auf dieser Grundlage fundierte Entscheidungen treffen als eine Ampel allein. So könnten die Verkehrsbetriebe und Kommunen im zentralen Ansatz gleichzeitig eine intelligenter Steuerung der Ampeln umsetzen.

Die zentrale Steuerung ist mancherorts bereits in Betrieb, wie uns etwa die Stadt Heilbronn berichtet hat: „Im Stadtgebiet Heilbronn senden die Fahrzeuge ihre Positionen per Mobilfunk an den Verkehrsrechner, welcher als Zentrale fungiert. Vom Verkehrsrechner wird der Schaltbefehl digital an das Steuergerät der Ampel übermittelt.“ Das System ist dort bereits seit 2021 im Einsatz. Auch Kempten im Allgäu nutzt eine Mobilfunkverbindung zum Zentralrechner, Bamberg will 2023 von TETRA auf Mobilfunk umsteigen.

## Es bleibt kompliziert

Die wenigen Positivbeispiele täuschen nicht darüber hinweg, dass die Ampeln im weit überwiegenden Teil der angefragten Städte noch per Analogfunk gesteuert werden, der „veraltet und nicht angriffssicher ist“, wie eine sächsische Stadtverwaltung in ihrer Stellungnahme einräumte. Trotzdem wurden die Planungen zur Umstellung auf digitalen Funk hier „auch aufgrund fehlender finanzieller Mittel bisher nicht weiter verfolgt“.

Dennoch ist diese Stadt vielen anderen einen großen Schritt voraus, denn vielerorts mangelt es schon an dem nötigen Problembewusstsein und der analoge Funk soll so lange weiterbetrieben werden, wie es die Bundesnetzagentur erlaubt, also bis Ende 2028. Doch durch den vom VDV beschriebenen Frequenzwechsel wäre aber selbst dieser Termin noch kein fixes Ende für die unsichere Technik. Wir haben auch den VDV zu der aktuellen Situation befragt, dieser war jedoch bis Redaktionsschluss nicht dazu in der Lage, unsere Anfrage zu beantworten.

Angesichts solcher Aussichten bleibt nur zu hoffen, dass die in Hollywoodfilmen skizzierten Szenarien von Hackerangriffen auf Ampelanlagen und Verkehrschaos nicht eines Tages Realität werden. Das nötige Equipment kostet nur wenige hundert Euro. (rei@ct.de) **ct**

*Dieser Artikel ist das Ergebnis einer gemeinsamen Recherche der Politikmagazine Panorama 3 (NDR) und Kontrovers (BR), unabhängiger Sicherheitsforscher und c't.*



Bild: Destina | stock.adobe.com | Composing: ct

# Ampelfarbe wechsel dich

## So funktioniert die Ampelbeeinflussung im Detail

**Die Katze ist aus dem Sack:**  
**Etliche Verkehrsbetriebe**  
**verwenden noch heute un-**  
**verschlüsselte Funktechnik, um**  
**Ampeln schneller auf Grün zu**  
**schalten. Die Technik ist gut**  
**40 Jahre alt und anfällig für**  
**Manipulationen. Wir erklären**  
**das Format der übertragenen**  
**Datentelegramme und geben**  
**einen kleinen Einblick in die ver-**  
**wendete analoge Funktechnik.**

Von David Wischnjak

Linienbusse haben es nicht leicht, im täglichen Berufsverkehr ihren Fahrplan einzuhalten. Um dem ÖPNV einen Vorteil gegenüber dem Individualverkehr zu verschaffen, priorisieren Ampelanlagen in vielen Städten die ÖPNV-Fahrzeuge und es wird schneller Grün. Dazu kommt meist eine Funktechnik zum Einsatz, deren zugrundeliegenden technischen Verfahren in einem Standard des Verbands öffentlicher

Verkehrsbetriebe (VÖV) definiert sind, genauer gesagt in der VÖV-Schrift 04.05.1.

Auch rund 40 Jahre nach Erscheinen dieser Schrift setzen viele Städte noch auf die darin beschriebene Kombination aus analogem Funk und digitalen Datentele-

grammen (siehe S. 120). Diese Technik war zum Zeitpunkt ihrer Einführung eine Weltneuheit, heute ist sie hoffnungslos veraltet.

Um der Ampel mitzuteilen, dass sie möglichst bald auf Grün schalten soll, generiert der Bordcomputer des ÖPNV-Fahrzeugs ein digitales Datentelegramm

im R09-Format (dazu gleich mehr) und überträgt es über einen analogen Sprachkanal per Frequenzmodulation (FM). Der Funkempfänger der Ampel (Lichtsignalanlagen- oder LSA-Empfänger genannt) demoduliert und dekodiert die eingehenden Telegramme und gibt dem Steuergerät der Ampel Bescheid, damit es die Schaltzeiten anpasst und dem ÖPNV-Fahrzeug Vorrang

**ct Hardcore**

gewährt – es wird schneller Grün oder die aktuelle Grünphase wird verlängert.

Ein Fahrzeug, zum Beispiel ein Linienbus, muss sich bei jeder Ampel individuell anmelden, wenn es in den Genuss der Priorisierung kommen möchte. Dazu muss dessen Bordcomputer (Integriertes Bordinformationssystem, IBIS) den Meldepunkt der Ampel kennen und mitsenden. Der Meldepunkt ist eine meist 16 Bit lange Nummer, die sowohl die eindeutige Identifikationsnummer der Ampel als auch die Fahrtroute enthält – also beispielsweise, ob es von Nord nach Süd oder von West nach Ost über die Kreuzung gehen soll. Komplizierte Kreuzungen können eine Vielzahl möglicher Fahrtrouten haben. Wie genau die Meldepunkte der Ampeln aufgebaut sind, ist von Stadt zu Stadt unterschiedlich.

Der Vorgang verläuft meist vollautomatisch, der Bordcomputer findet die Ampel etwa anhand der gefahrenen Meter seit der letzten Haltestelle (Wegstreckenzähler) oder der GPS-Position. Die geplante Fahrtroute ist ihm ähnlich wie bei einem Navi ebenfalls bekannt. Mit diesen Informationen sucht der Bordcomputer aus einer Datenbank den benötigten Meldepunkt raus. Anschließend konstruiert der Computer (oder ein dedizierter LSA-Sender) ein R09-Datentelegramm. Die Bezeichnung leitet sich aus der oben erwähnten VÖV-Schrift ab und legt den Aufbau der Telegramme fest, die für die Ampelbeeinflussung verwendet werden.

### R09-Telegramme erklärt

R09-Telegramme gibt es in verschiedenen Varianten, von R09.10 bis R09.16. Die letzte Zahl beschreibt den Typ des Telegramms. Je größer diese Zahl, desto mehr Daten sind zusätzlich zum Meldepunkt enthalten. Beispielsweise enthält ein R09.14-Telegramm die Liniennummer und Kursnummer des Fahrzeugs, ein R09.12-Telegramm hingegen nicht. Die eingesetzte R09-Variante variiert je nach Stadt, auch verwendet nicht jede Ampel zwingend die erweiterten Informationen über den Meldepunkt hinaus – selbst wenn die Fahrzeuge sie mitsenden.

Jedes R09-Telegramm startet mit der Bitfolge **10010001**, gefolgt von der Fahrplanabweichung in Minuten (4 Bit), dem R09-Typ (4 Bit) und dem Meldepunkt (8 Bit). Je nach Typ kommen eventuell weitere Daten hinzu. Bei einem R09.10-Telegramm ist hier schon Schluss, bei R09.11 ist der Meldepunkt 16 statt 8 Bit lang, das Telegramm ist also entsprechend länger.

## Aufbau eines R09.11-Telegramms

ÖPNV-Fahrzeuge kündigen sich bei Ampeln mit R09-Telegrammen an. Diese Telegramme sind nach einem festen Muster aufgebaut und erhalten immer einen sogenannten Meldepunkt. Dabei handelt es sich um eine Nummer, aus der hervorgeht, welche Ampel gemeint ist und in welche Richtung sie überquert werden soll.

Das folgende Beispiel zeigt ein R09.11-Telegramm mit dem Meldepunkt 12345:

<b>Header</b>	<b>Fahrplanabw.</b>	<b>Typ</b>	<b>Meldepunkt (12345)</b>	<b>Prüfsumme</b>
<b>10010001</b>	<b>0000</b>	<b>0001</b>	<b>00110000 00111001</b>	<b>10110000 10001101</b>

Ans Ende wird immer eine 16 Bit lange Prüfsumme (CRC) angehängt, um auf der Empfangsseite Übertragungsfehler erkennen zu können. In die Berechnung der CRC-Prüfsumme fließen Besonderheiten wie die Bit-Reihenfolge mit hinein. Das Verfahren ist in einem alten VÖV-Standard dokumentiert. Die Details würden den Rahmen dieses Artikels sprengen, sie sind zum Verständnis der Technik aber auch gar nicht nötig.

Für den Transport über Funk wird das R09-Telegramm noch transportkodiert. Jedes Byte wird umgedreht (zuerst das Least Significant Bit, LSB anstatt des Most Significant Bit, MSB), an den Anfang kommt eine Synchronisierungs- und Startsequenz. Zwischen jedes Byte kommt eine zusätzliche Eins als Stopbit. An das Ende wird eine Endsequenz angehängt. Ein Beispiel eines transportkodierten R09.11-Telegramms finden Sie im Schaubild „Transportkodierung und FFSK-Modulation“ auf Seite 128.

Sender und Empfänger teilen sich keinen gemeinsamen Takt. Die Synchronisierungs-, Start- und Endsequenz sowie die Stopbits sind im Standard vorgesehen, um einerseits eine asynchrone Übertragung zu ermöglichen und andererseits Unterschiede im Timing zwischen Sender und Empfänger auszugleichen. So kann der

Empfänger stets den Anfang einer Übertragung erkennen. Die Stopbits können Timingunterschiede ausgleichen und geben dem Empfänger mehr Zeit zum Verarbeiten der Daten. Dass die einzelnen Bytes vor dem Versenden umgedreht werden, könnte auf noch ältere Standards oder Gepflogenheiten serieller Datenübertragung zurückgehen.

### Analoge Funktechnik

Jetzt ist das transportkodierte R09-Telegramm bereit, zur Ampel geschickt zu werden. Dazu kommt analoge Funktechnik ins Spiel.

Funkwellen sind elektromagnetische Schwingungen und in der Reinform sehr gut als Sinuswellen darstellbar. Sie haben zwei wichtige Eigenschaften: Amplitude und Frequenz. Die Amplitude ist der Ausschlag der Welle und entspricht der Signallstärke. Die Frequenz beschreibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunden in der Einheit Hertz (Hz). Mit der Frequenz hängt die Wellenlänge  $\lambda$  (Lambda) zusammen, die sich aus der jeweiligen Frequenz in Kombination mit der Lichtgeschwindigkeit ergibt ( $\lambda = C/f$ ). So spricht man beispielsweise bei einer Frequenz von etwa 150 MHz vom „2-Meter-Band“.

Während die gemessene Amplitude am Empfänger mit der Entfernung zum

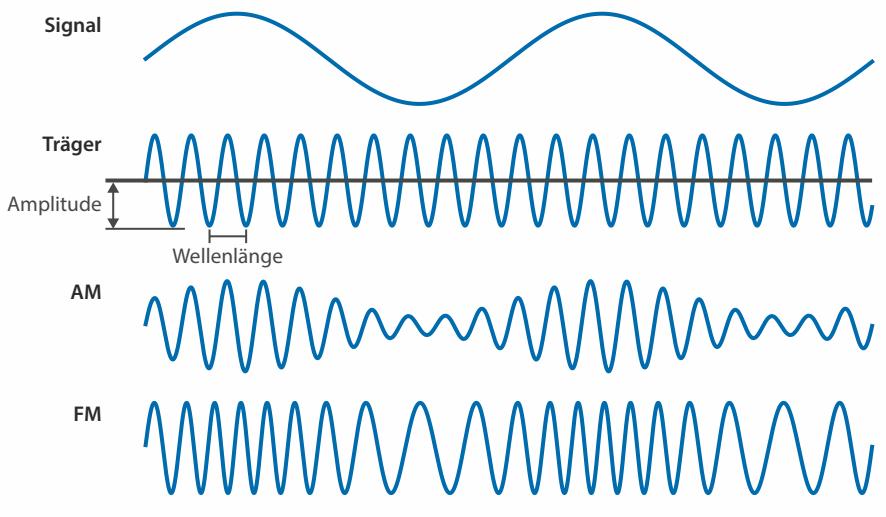
## Typen der R09-Telegramme

	<b>R09.10</b>	<b>R09.11</b>	<b>R09.12</b>	<b>R09.13</b>	<b>R09.14</b>	<b>R09.16</b>
Header (8 Bit)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fahrplanabw. (4 Bit)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Typ (4 Bit)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Meldepunkt (16 Bit)	✓ <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓	✓
Priorität (2 Bit)			✓	✓	✓	✓
Anforderung (2 Bit)			✓	✓	✓	✓
Liniennummer (12 Bit)				✓	✓	✓
Kursnummer (12 Bit)					✓	✓
Zielnummer (12 Bit)						✓
Zuglänge (3 Bit)						✓
CRC (16 Bit)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

<sup>1</sup> nur 8 Bit

## Modulationsverfahren

Um niederfrequente Signale wie Sprache auf einer höheren Frequenz zu versenden, müssen diese auf eine Trägerfrequenz moduliert werden. Bei der Frequenzmodulation (FM) ändert sich die Frequenz des Trägers abhängig von der Welle des zu übertragenden Signals. Bei der Amplitudenmodulation (AM) würde sich hingegen die Amplitude des Trägersignals ändern, was jedoch störungsanfälliger ist.



Sender abnimmt, bleibt die Frequenz gleich. Amplitude und Frequenz kann man sich somit als Lautstärke und Höhe eines konstanten Tones vorstellen. Je nach Frequenz unterscheiden sich auch die Fähigkeiten der Wellen, wenn es darum geht, Distanzen zu überwinden oder Objekte zu durchdringen. So hört man beispielsweise das Schlagzeug des Nachbarn auch durch mehrere Wände hindurch, eine Triangel aber nicht.

Überlagern sich mehrere Signale auf der gleichen Frequenz am Empfänger, ad-

dieren sich ihre Amplituden, der Empfang ist gestört und man spricht von Interferenz. Signale verschiedener Frequenzen beeinflussen sich hingegen nicht, man kann selektiv beide Signale empfangen. Das ist vergleichbar mit einer Rockband, bei der man den Gesang trotz des Spiels der restlichen Band klar heraushören kann.

Möchte man menschliche Sprache klassisch analog per Funk versenden, muss man Schallwellen im Bereich von etwa 250 Hz bis 3000 Hz in Funkwellen umwan-

deln. Ein naiver Ansatz wäre die direkte Umwandlung der Schallwellen in Funkwellen. Doch auf so niedrigen Frequenzen direkt zu senden wäre technisch nicht sinnvoll und es könnte auch nur einer tun, denn dann wäre dieses Frequenzband belegt. Stattdessen nimmt man eine – idealerweise von anderen nicht benutzte – Trägerfrequenz, beispielsweise 150,00 MHz, und moduliert die Schallwellen darauf.

Dafür gibt es viele verschiedene Modulationsverfahren, die bekanntesten sind Amplitudenmodulation (AM) und Frequenzmodulation (FM). Während bei AM die Schallwellen mittels Änderung der Amplitude des Trägersignals moduliert werden, geschieht dies bei FM über eine leichte periodische Änderung der Frequenz des Trägersignals. Mit FM modulierte Übertragungen sind weniger für Störungen anfällig und erlauben im Gegensatz zu AM auch bei schwachen Signalen eine gute Verständlichkeit. Beispielsweise setzt das gute alte analoge UKW-Radio auf FM.

### FM und FFSK

Das waren die Grundlagen der Funktechnik im Schneldurchlauf, zurück zu den Ampeln: Im oben erwähnten VÖV-Standard ist FM sowohl für die Sprachkommunikation zwischen ÖPNV-Fahrzeugen und Leitstelle als auch für die Ampelbeeinflussung vorgesehen. Das hat praktische Gründe: FM-Funkgeräte wurden schon vor dem VÖV-Standard für den Betriebsfunk verwendet und waren oftmals bereits in den Fahrzeugen vorhanden. Sie sind für ein bestimmtes Trägerfrequenzband aus-

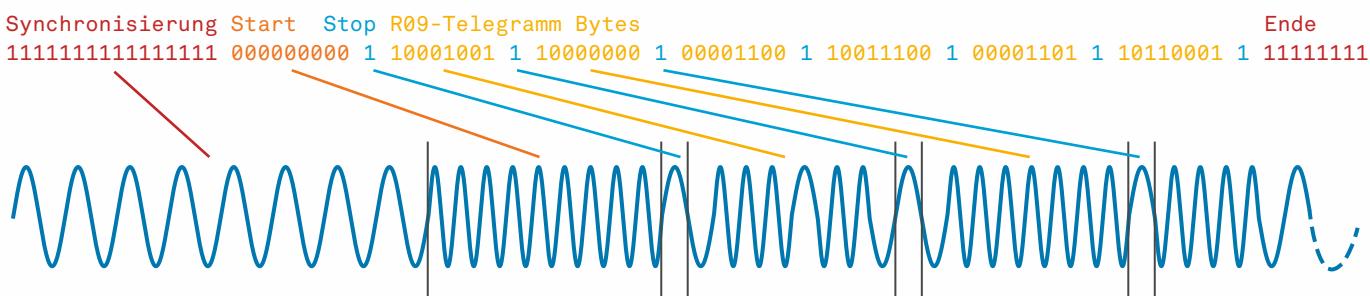
## Transportkodierung und FFSK-Modulation

Das R09.11-Telegramm aus dem vorherigen Beispiel wird transportkodiert, indem Synchronisierungs-, Start-, Stop- sowie Endbits hinzugefügt und die einzelnen Bytes umgedreht werden.

Um das transportkodierte R09-Telegramm per Funk über den Sprachkanal an die Ampel zu übertragen, kommt ein FM-basiertes Modulationsverfahren zum Einsatz, die sogenannte Frequenz-

umtastung (FFSK). Die Einsen und Nullen werden hierbei in zwei hörbare Töne umgewandelt: 1200 Hz steht für eine Eins und 2400 Hz für eine Null.

Das folgende Beispiel zeigt ein transportkodiertes R09.11-Telegramm mit dem Meldepunkt 12345 und die daraus entstehende Wellenform:



gelegt und können auf diesem Sprache mittels FM übertragen.

Statt die zu übertragenden Binärdaten der R09-Datentelegramme direkt mit einem der zahlreichen digitalen Modulationsverfahren auf die Trägerfrequenz zu modulieren, verpackt man sie in einen FM-Sprachkanal. So kann man die vorhandenen FM-Funkgeräte mitverwenden. Vereinfacht gesagt wird die zur Ampelbeeinflussung dienende LSA-Einheit wie ein Mikrofon an den Audioeingang des analogen FM-Funkgeräts im Fahrzeug angegeschlossen.

Diese LSA-Einheit muss nun also das transportkodierte R09-Telegramm über einen Sprachkanal übertragen, ähnlich einem Faxgerät. Verwendet wird ein FM-basiertes Modulationsverfahren für Binärdaten, die sogenannte Frequenzumtastung (Fast Frequency Shift Keying, FFSK). Das klingt komplizierter, als es ist: Es werden dabei schlicht abwechselnd zwei Töne verwendet: 1200 Hz und 2400 Hz. 1200 Hz steht dabei für eins und 2400 Hz für null. Und das geschieht recht flott mit

einer Übertragungsgeschwindigkeit von 2400 Baud, also 2400 Bit pro Sekunde.

So kommt das R09-Telegramm schließlich bei der Ampel an. Diese empfängt den FM-Sprachkanal und wartet auf die Synchronisierungs- und Startsequenz. Geht ein Datenpaket ein, dekodiert sie die übertragenen Binärdaten. Schließlich wertet die Ampel das empfangene R09-Telegramm aus, prüft den Meldepunkt und die CRC-Prüfsumme und schaltet, sofern die Daten gültig sind, schnellstmöglich die Fahrtroute des ankommenden Fahrzeugs auf Grün. Nachdem das ÖPNV-Fahrzeug die Kreuzung passiert hat, verschickt es auf gleiche Weise noch eine Abmeldung, wonach die Ampel mit ihrem normalen Schaltprogramm fortfährt. Das Fahrzeug bleibt pünktlich, alle sind glücklich, richtig?

Leider nicht ganz, denn es ist heute ein Leichtes, einen funktionierenden Sender für die Ampelbeeinflussung zu bauen. Die technischen Hürden waren damals sehr hoch, inzwischen gibt es Software Defined Radios (SDR), die unter hundert

Euro kosten und passende Funkpakte an die Ampeln schicken können; sogar ein billiges Handfunkgerät und eine PC-Soundkarte können genügen. Alle benötigten Informationen sind schon seit Jahren frei zugänglich. Es ist kein Schutz gegen Manipulationen wie Verschlüsselung oder digitale Signaturen vorgesehen.

## Zeit für ein Upgrade

Mit etwas Grundwissen könnten also auch Unbefugte die Ampelbeeinflussung steuern. Das ist zwar strafbar (siehe S. 130), aber bekanntlich interessieren sich Kriminelle nur bedingt für die Gesetzeslage und der Nachweis wird schwierig. Es ist höchste Zeit für ein Upgrade: Einige Städte haben bereits aufgehört, Analogfunk für die Übertragung der R09-Datentelegramme zu verwenden und setzen stattdessen auf Digitalfunk wie TETRA, Tetrapol oder leiten die Daten über das Mobilfunknetz (siehe S. 120). Etliche andere Städte halten aber weiter an der 40 Jahren alten Technik fest – wenn das mal gut geht.

(rei@ct.de) ct

# O'REILLY® Know-how für Praktiker

Noch mehr Auswahl:  
[www.oreilly.de](http://www.oreilly.de)

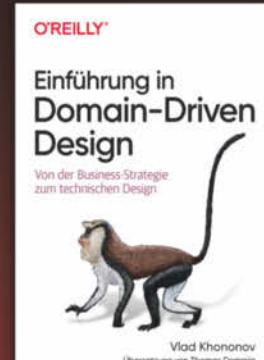


ISBN 978-3-96009-210-0  
ab 14,99 € • E-Book | Print | Bundle

Tauch' mit Fiete und Zoe ein in fantastische Spielwelten und Abenteuer! »Zoe zockt, Fiete fliegt« ist eine charmante Erzählung über Gaming und Freundschaft, die Kinder und Erwachsene ins Gespräch bringt: über unseren Alltag mit Games & Co. und wie wir die digitalen Möglichkeiten mit Spaß und Gewinn nutzen können.



ISBN 978-3-96009-113-4  
ab 39,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-195-0  
ab 32,99 € • E-Book | Print | Bundle



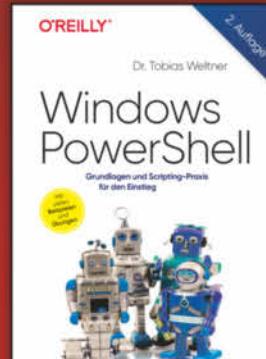
ISBN 978-3-96009-205-6  
ab 21,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-179-0  
ab 25,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-199-8  
ab 39,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-192-9  
ab 25,99 € • E-Book | Print | Bundle

# Ampel, werde grün!

## Eingriffe in funkgesteuerte Verkehrstelemetrie aus rechtlicher Sicht

**Mancher Rad- oder Autofahrer träumt davon, mit einem trickreichen Gadget eine jener Verkehrsampeln zur Kooperation zu zwingen, die immer im unpassendsten Moment Rot zeigen. Was sagt das deutsche Recht dazu, wenn sich jemand auf die Funkfrequenzen von Verkehrssteuerungssystemen aufschaltet?**

Von Jonathan Laux

Da Menschen kein Sinnesorgan für Funkfrequenzen haben, ist ein Glück. Wäre es anders, würde man selbst einen stillen Aufenthalt auf dem Lande weitab von Lärm und blinkender Leuchtreklame wie ein einziges Gebrüll einander überlagernder Eindrücke empfinden. Tatsächlich ist jeder Erdbewohner von Funkwellen verschiedener Frequenzen umgeben. Für technische Zwecke vom Langwellentransfer bis zum Mobilfunk, also auch für die Telemetrie von Lichtsignalanlagen (LSA), sind Funkfrequenzen interessant, die zwischen acht Kilohertz und 300 Gigahertz liegen. So fein man den für gewünschte Zwecke geeigneten Bereich auch aufteilen mag: Die Menge der nutzbaren Frequenzen ist alles andere als unendlich. Internationale sowie nationale Übereinkünfte und Vorschriften sollen sicherstellen, dass nicht einzelne Frequenzbereiche überlassen und damit für schutzwürdige telekomunikative Zwecke praktisch unbrauchbar werden.

### Wer darf womit?

Die für Deutschland geltende Frequenzordnung besteht aus zwei rechtlichen Instrumenten: Die Frequenzverordnung (FreqV) der Bundesregierung regelt Zuweisungen an bestimmte Funkdienste. Der

von der Bundesnetzagentur herausgegebene Frequenzplan (FreqP) wiederum liefert Angaben zu Nutzungsmöglichkeiten und Festlegungen. Sie sollen dazu beitragen, eine effiziente und störungsfreie Frequenznutzung zu gewährleisten. Gesetzlich stützt sich die Frequenzordnung auf das Telekommunikationsgesetz (TKG). In Deutschland überwacht die Bundesnetzagentur die Einhaltung der Vorgaben.

Um zu verstehen, wie die Verteilung der verfügbaren Frequenzen an bestimmte Nutzer abläuft, ist die Unterscheidung zwischen Allgemeinzuteilung und Einzelzuteilung wichtig. Um eine Frequenz zu verwenden, die für Allgemeinzuteilung eingestuft ist, braucht ein Nutzer keine besondere Erlaubnis mitzubringen – allenfalls muss er seine Funknutzung anmelden. Allgemeinzuteilungen gewährt die Bundesnetzagen-

tur beispielsweise für Mobilfunk, WLAN, drahtlose Mikrofone, Bewegungsmelder oder Babyüberwachungsanlagen. Wer etwa bei einer Veranstaltung Funkmikrofone verwenden will, muss sich lediglich vorher über die dafür verfügbaren Frequenzbereiche informieren und sicherstellen, dass seine Mikros sowie die dazugehörigen Receiver nur auf einer solchen Frequenz kommunizieren.

Da diese für die Allgemeinheit reservierten Frequenzen begrenzt sind, kann es zu einer Überlagerung mehrerer Signale und damit zu Störungen kommen. Das kann sich etwa darin äußern, dass Babyüberwachungsanlagen in eng besiedelten Gegenden fremde Audiosignale empfangen und wiedergeben oder dass es beim Einsatz von drahtlosen Mikrofonen auf Events zu Störgeräuschen kommt.

Um dergleichen zu verhindern, trifft die Bundesnetzagentur Einzelzuweisungen für Bereiche, in denen Störungen wesentliche negative Auswirkungen haben könnten und für die daher ein besonderes Schutzbedürfnis besteht. Die Vergabe solcher Einzelzuweisungen erfolgt nach verbindlichen Verwaltungsvorschriften und Regelungen des TKG.

### Wie ruft ein Bus sich Grün?

Bei der Kommunikation von Bussen und Bahnen mit Lichtsignalanlagen nutzen die Betreiber je nach System und Stadt unterschiedliche Frequenzen. Diese liegen normalerweise im Bereich von 150 bis 170 MHz. Für Hannover sind es beispielsweise 150 MHz, für Dresden 170 und für Düsseldorf 155. Für diesen Frequenzbereich liegen keine Allgemeinzuteilungen vor, die einen Eingriff in die Kommunikation zwischen öffentlichen Verkehrsmitteln und Verkehrsampeln erlauben würden.

Das TKG enthält für den Fall, dass jemand eine Frequenz unrechtmäßig nutzt, in § 228 Abs. 2 Nr. 17 und 18 eigene Bußgeldvorschriften. Die zuständige Behörde kann das Bußgeld dafür auf bis zu 500.000 Euro ansetzen. Ein solcher Be-



In vielen Städten mit Vorrangschaltung für öffentliche Verkehrsmittel fordern Busfahrer per Funksignal Grün an, woraufhin die angesprochene Verkehrsampel ihren programmierten Takt unterbricht.

trag wäre für den Fall, dass jemand im kleinen, privaten Rahmen auf eine Ampelschaltung zugreift, zwar nicht zu erwarten. Dennoch können Bußgelder dafür durchaus empfindliche Höhen erreichen.

## Ampelsteuerungen ausspionieren

Zu den Regelungen des TKG kommen die erst seit Dezember 2021 geltenden Vorschriften des sogenannten Telekommunikations-Telemedien-Datenschutz-Gesetzes (TTDSG) hinzu. Einige seiner Bestimmungen waren zuvor noch im TKG zu finden. Insoweit lässt sich das TTDSG, das Datenschutzhemen in den Blickpunkt nimmt, als Erweiterung des TKG verstehen.

Um das Fernmeldegeheimnis und die Vertraulichkeit der Kommunikation zu schützen, hat der Gesetzgeber in § 5 TTDSG ein Abhörverbot verankert. Dort heißt es in Absatz 1: „Mit einer Funkanlage dürfen nur solche Nachrichten abgehört oder in vergleichbarer Weise zur Kenntnis genommen werden, die für den Betreiber der Funkanlage, für Funkamateure [...], für die Allgemeinheit oder für einen unbestimmten Personenkreis bestimmt sind.“ Kommunikation von öffentlichen Verkehrsmitteln mit Steuerungsanlagen ist hingegen eindeutig zweck- und zielbestimmt – wenn Personen sie auffangen, die nicht dazu berechtigt sind, können diese also gegen das Abhörverbot verstossen. Das würde eine Straftat darstellen, für die gemäß § 27 TTDSG eine Freiheitsstrafe bis zu zwei Jahren droht.

In der Praxis ist es allerdings noch nicht vorgekommen, dass ein Zugriff auf die Bus-/Bahn-Ampel-Kommunikation tatsächlich aufgrund von § 5 TTDSG bestraft wurde – und es gibt auch berechtigte Zweifel daran, dass das sachgerecht wäre: Das Abhörverbot soll klassischerweise solche Fälle erfassen, in denen Unbefugte auf Polizeifunk und ähnliche zu schützende Kommunikation zugreifen, diese mithören oder sogar aufzeichnen und verbreiten. Die technische Kommunikation öffentlicher Verkehrsmittel mit der Ampelschaltung ist schlecht damit vergleichbar. Aus der Stellung der Vorschrift im TTDSG ergibt sich außerdem, dass der Schutz auf die Vertraulichkeit der Kommunikation und aufs Fernmeldegeheimnis abzielt. Das von einer Ampel empfangene technische Signal, das besagt, dass ein Bus in Kürze ankommt, stellt wohl keine Kommunikation dar, die als besonders vertraulich einzustufen wäre. Auch gelten für Signale von Maschinen und an-

deren technischen Geräten grundsätzlich weder das Fernmeldegeheimnis noch das Datenschutzrecht.

Dass ein Gericht in einem konkreten Einzelfall, in dem jemand Funktelemetrie zur Ampelsteuerung anzapft, möglicherweise doch auf § 5 TTDSG rekuriert, lässt sich allerdings nicht sicher ausschließen.

## Das Strafgesetzbuch spricht

Unmittelbar nach den Straßenverkehrsdelikten finden sich im StGB aber die weniger bekannten Vorschriften aus § 317 („Störung von Telekommunikationsanlagen“) und § 316 b StGB („Störung öffentlicher Betriebe“), die die Ampelmanipulation abdecken. Die Lichtsignalanlagen fallen unter die dem öffentlichen Verkehr dienenden Anlagen von § 316 b; ebenso zählen sie zu den Telekommunikationsanlagen von § 317, die öffentlichen Zwecken dienen. Zwar bezieht sich der Begriff „Telekommunikationsanlagen“ in § 317 in erster Linie auf Fernmeldeanlagen, also klassischerweise Einrichtungen der Festnetz- und Mobilfunktelefonie, er ist aber gerade nicht auf solche

Anlagen beschränkt. Die Manipulation der Ampeln, also das unbefugte Einwirken und dadurch Hervorrufen von Funktionsstörungen, stellt eine Tathandlung im Sinne der Vorschriften dar.

Wer gegen diese Vorschriften verstößt, hat nach dem gesetzlichen Wortlaut mit einer Freiheitsstrafe von bis zu 5 Jahren zu rechnen.

## Riskantes Spiel

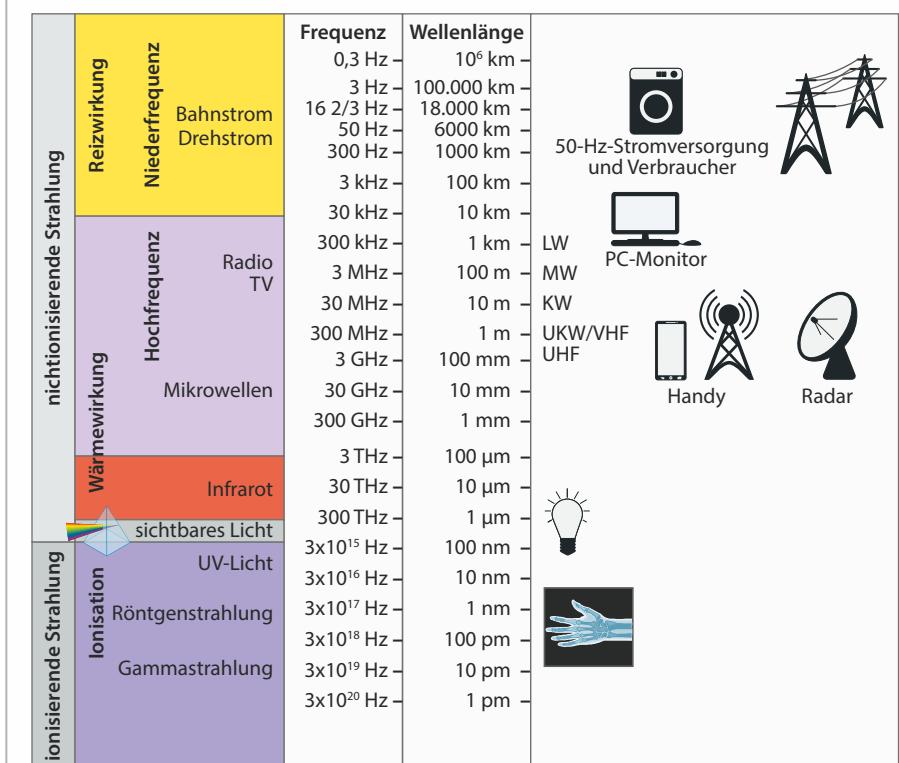
Unterm Strich riskiert jemand, der die Ampelkommunikation in eigennütziger Gessinnung manipuliert, um das eigene Vorankommen im Straßenverkehr zu erleichtern, beträchtliche strafrechtliche Konsequenzen. Zwar wird ein Gericht für den Fall einer einfachen Ampelmanipulation nicht die gesetzliche Höchststrafe verhängen. Dennoch ist das Spiel mit der öffentlichen Verkehrstelemetrie nicht zu empfehlen.

(psz@ct.de) ct

**Gesetzes- und Verordnungstexte:**  
[ct.de/yw6s](http://ct.de/yw6s)

## Elektromagnetische Felder und Strahlen

Funktelemetrie spielt sich vorrangig im Zwischenfrequenzbereich (1 kHz bis 10 MHz) oder im unteren Bereich des Hochfrequenzbands (10 MHz bis 300 GHz) ab. Die Übersicht zeigt, dass das messbare Spektrum elektromagnetischer Felder und Strahlung riesig ist und Anwendungen vom Netztrafo bis zur Nuklearbildgebung betrifft. Elektromagnetismus ist praktisch allgegenwärtig.



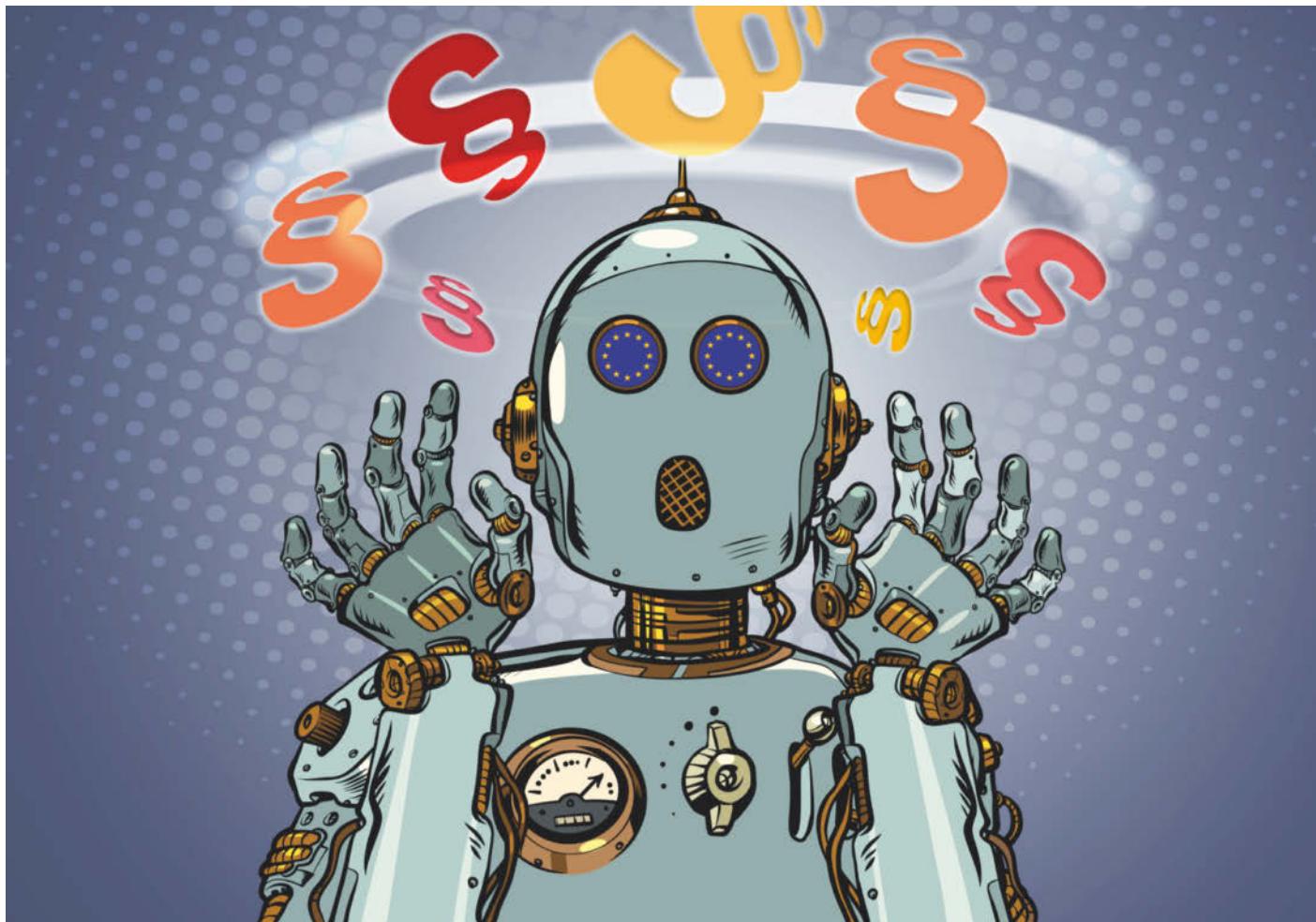


Bild: studiotoks | stock.adobe.com | Bearbeitung: ct

# KI unter Kontrolle

## EU-KI-Verordnung: Mit Recht zu menschlicherer künstlicher Intelligenz

**Die Europäische Union will künstliche Intelligenz stärker regulieren. Durch die neuen Regeln könnten ähnlich tiefgreifende Pflichten auf Programmierer und Firmen kommen wie seinerzeit durch die DSGVO – einer der Gründe, warum die verschiedenen EU-Gremien und Lobbyverbände derzeit um die konkrete Ausgestaltung feilschen. Ein Überblick.**

Von Falk Steiner

**K**I-Anwendungen kommen heute schon in den verschiedensten Ausprägungen zum Einsatz. Das enorme Potenzial von KI birgt allerdings auch neue Risiken: Fehlerhafte oder verzerrte Trainingsdaten können zum Beispiel bei automatischen Entscheidungssystemen zu Fehlern führen.

Solchen Fehlern nachzuspüren gestaltet sich oftmals schwierig bis unmöglich, weil die KI-Systeme sich wie Black Boxes verhalten. Gleichzeitig durchdringt KI immer weitere Bereiche vieler Menschen. Es ist deshalb schon seit Längerem ein Anliegen der EU, diesem bisher weitgehend sich selbst überlassenen Technikfeld einen regulatorischen Rahmen zu verpassen.

An einer EU-Verordnung für KI, dem sogenannten AI Act, wird in Brüssel seit

zwei Jahren gearbeitet. Derzeit geht die Diskussion um viele Details in die heiße Phase – ein guter Zeitpunkt, um einen Blick darauf zu werfen, denn so viel ist klar: Unternehmen werden ihre Abläufe umstellen müssen. Ebenso relevant für Unternehmen sind die erst im Herbst hinzugekommenen Vorschläge für Neuregelungen im Haftungsrecht.

### Was ist KI?

Aber was ist eigentlich ein KI-System, also: Welche Systeme fallen in den Geltungsbereich des Gesetzes und welche nicht? Die EU-Kommission hat die Definition des Begriffs in ihrem Entwurf eher weit gefasst. Demnach zählen maschinelles Lernen und Deep Learning dazu, „Statistische Ansätze“

ze, Bayes'sche Schätz-, Such- und Optimierungsmethoden“ aber auch. Der EU-Rat und die darin vertretenen Mitgliedsstaaten setzen sich für einen engeren Rahmen ein. Seine Definition von KI beschränkt sich auf Systeme, die mit einem gewissen Grad an Autonomie entwickelt wurde, um eine bestimmte, vom Menschen definierte Zielsetzung mithilfe von maschinellem Lernen und/oder logischen oder wissensbasierten Ansätzen zu erreichen.

### Hochrisikosysteme im Zentrum

Die Auflagen, die der AI Act vorsieht, hängen vom Risikopotenzial der KI-Anwendungen ab: Inakzeptabel risikoreiche Systeme sind verboten, Hochrisikosysteme unterliegen bestimmten Regeln und risikoarme KI-Systeme sind keinen Auflagen unterworfen (siehe Grafik S. unten). Als Hochrisikosystem gilt zum einen alles, was für die Sicherheit eines anderen Produkts relevant ist. Zum anderen können auch KI-Systeme selbst bereits Hochrisiko-KI sein. Darunter fallen biometrische Systeme, aber auch Anwendungen, die in kritischen Infrastrukturen wie Wasser- und Gasversorgung oder etwa der Verkehrssteuerung eingesetzt werden.

Die KI-Verordnung soll Auffangcharakter haben: Wo spezifischeres Recht existiert, soll dieses Vorrang haben. Das gilt zum Beispiel für die Medizinprodukteverordnung, die Herzschrittmacher oder Prothesensteuerungen regelt. Allerdings wird die Abgrenzung einige Probleme erzeugen. Autos seien für das spezifischere Recht ein Beispiel, erläutert Katja Neumann, die an der Universität Speyer forscht. „Die werden in der KI-Verordnung auch angesprochen, letztlich aber doch primär mit den Kfz-spezifischen Vorschriften geregelt. Grundsätzlich gilt: Wenn es in einem Auto eingesetzt wird, dann ist es Teil davon. Konsequenzen hat das natürlich, wenn man Systeme baut, die zum einen in ein Auto sollen und zum anderen auch woanders eingesetzt werden sollen.“

In der Praxis ist nicht immer einfach zu beurteilen, wo genau der Hochrisikobereich beginnt: Ist eine lernende Spracherkennungssoftware im Entertainment-System des Autos, die zugleich für Befehle an den Autopiloten genutzt wird, schon eine Hochrisiko-KI? Oder ist sie nur ein einfaches Feature?

Wenn ein System zur Hochrisikokategorie gehört, wird es rechtlich schnell kompliziert: „Da gibt es einen extrem umfangreichen Compliance-Katalog, was ein

## c't kompakt

- Die EU will KI-Anwendungen mit einer neuen Verordnung regulieren.
- Je nach Risikopotenzial einer KI-Anwendung gelten unterschiedliche Dokumentationspflichten und Transparenzanforderungen.
- Bestimmte Anwendungen sollen vollständig verboten werden, etwa das Social Scoring oder die biometrische Fernidentifizierung.

Anbieter alles einhalten muss. Das ist fast schon vergleichbar mit der Datenschutzgrundverordnung, weil ein komplett neuer Rahmen gespannt wird“, erläutert Fritz-Ulli Pieper, Anwalt bei der Kanzlei Taylor Wessing und spezialisiert auf Informationsrecht. „In diesen werden unterschiedliche, komplexe Pflichten reingeschrieben, die man einzuhalten hat, wenn man ein KI-System anbietet.“ Dazu gehören Folgeabschätzungspflichten, Zuverlässigkeitssprognosen, bestimmte Methoden des Trainings der Algorithmen und Anforderungen an die Datenqualität sowie Protokollierungsfunktionen.

Das wiederum findet Forscherin Katja Neumann erst einmal gar nicht so problematisch: „Es ist für ein Unternehmen, das sich dem Auftrag verschreibt, hochwertige Systeme zu bauen, jetzt nichts völlig aus der Luft Greifenes. Für Coder heißt es

etwa, dass man auf die Datenqualität achten muss, dass die Ergebnisse genau und die Systeme robust sind. Das sind für Programmierer keine komplett neuen Anforderungen“, sagt sie.

Schwieriger sei, dass die Verordnung diverse Dokumentationspflichten und Transparenzanforderungen vorsieht, die teilweise deutlich aufwendiger wären – und auch schwierig zu programmieren. Für sie ist es wichtig, dass Programmierer und Projektverantwortliche möglichst früh im Entwicklungsprozess einige Fragen beantworten können: „Was für ein System baue ich da? Für wen ist das? Für welchen Zweck soll das später eingesetzt werden?“

### Allzweck-KI ist ein Problem

Ein Problem für die Gesetzgeber sind dabei Technologien mit unbestimmtem Einsatzzweck: die sogenannten General Purpose AI (GPAI), zu Deutsch etwa Allzweck-KI, wie die Sprachmodelle GPT-3 und Chinchilla oder der Bildgenerierer Dall-E 2. Ihnen ist gemein, dass sie keinen klaren Einsatzzweck haben, sondern als Universalwerkzeug eingesetzt werden können. „Wenn irgendjemand eine Anwendung entwickelt und zum Beispiel GPT-3 nutzt, kann er nicht dafür geradestehen, was angeblich durch GPT-3 passiert ist“, gibt Jörg Bienert, Chef des KI-Bundesverbands, zu bedenken. „Also muss ich den GPT-3-Entwickler dafür geradestehen lassen.“ Der müsste alle potenziellen Anwendungsfälle seiner Software antizipieren – für General Purpose AI ist das aber unmöglich. Bienert fürchtet, bei jeder GPAI müssten Entwickler und

## Ein risikobasierter Ansatz zur Regulierung

Je nach dem Typ der KI-Anwendung und ihrer Einstufung in eine Risikoklasse muss ihr Betreiber unterschiedliche hohe Schutz- und Transparenzanforderungen erfüllen.

Nicht akzeptables Risiko, z.B. Social Scoring	Verboten
Hohes Risiko, z.B. Bewerbungen, medizinische Geräte	Zulässig vorbehaltlich der Einhaltung hoher Compliance-Standards, Vorab-Folgeabschätzungen und -Zuverlässigkeitssprognosen
AI mit spezifischen Transparenzverpflichtungen	Zulässig, aber abhängig von Informations- und Transparenzverpflichtungen
Minimales oder kein Risiko	Zulässig ohne Beschränkungen

Anwender „letztendlich alle Maßnahmen gemäß der Hochrisikoklassifikation nutzen, um die Systemqualität zu sichern, zu dokumentieren und so weiter.“

Gerade bei Open-Source-Projekten mit vielen Mitwirkenden seien solche Vorschriften kaum einzuhalten, sagt Bienert. Sein hartes Urteil: „Das können nur Leute geschrieben haben, die von Softwareentwicklung wirklich überhaupt keine Ahnung haben.“

Ob GPAI tatsächlich genauso reguliert werden wie andere Modelle und Systeme, ist derzeit noch Teil der politischen Auseinandersetzung. Wie die Regulierung im Einzelnen aussehen werde, sei derzeit offen, so Neumann. Es zeichne sich aber eine Tendenz ab, dass auch dafür einige Regeln gelten werden. Für Entwickler und Unternehmen gelte: „Man wird sich eben damit beschäftigen müssen, dass man nachweisen kann, dass man ein gutes System gebaut hat“, sagt Neumann. „So was kostet viel Zeit und Aufwand.“

## Haftungsfrage wird zentral

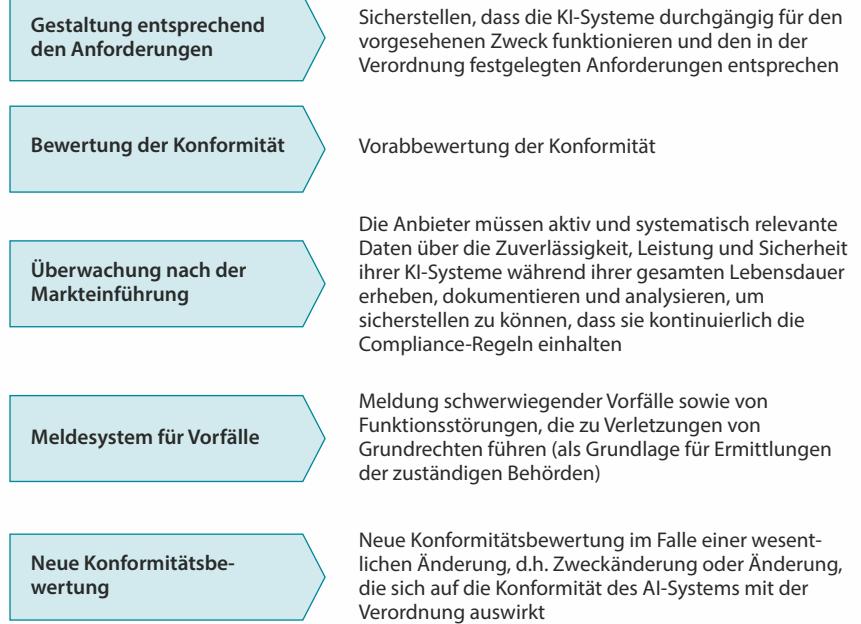
Bereits heute gibt es eine Vielzahl an Gesetzen, die auch für KI gelten. „Wir haben in Deutschland schon heute ein sehr umfangreiches und komplexes Haftungsrecht“, erläutert Anwalt Fritz-Ulli Pieper. „Bei der vertraglichen Haftung wäre es etwa so: Jemand setzt eine KI-Lösung in seinem Produkt ein, rollt dieses aus und es wird beim Kunden angewendet. Dabei passiert dann ein Fehler, hierdurch entsteht ein Schaden. Aber derjenige, der das Produkt auf den Markt bringt, schuldet eine ordnungsgemäße Funktionalität, eine ordnungsgemäße Leistung.“

Die KI-Verordnung und der Vorschlag für eine Richtlinie zur zivilrechtlichen KI-Haftung sollen hier Erweiterungen bieten. Bei normalen Produkten und Dienstleistungen ist es am Geschädigten, das Verschulden nachzuweisen – bei KI-Systemen ist das für Betroffene aber oft unmöglich. Sie haben weder Zugriff auf die zugrundeliegenden Daten noch auf die damit trainierten Systeme. Um vor Gericht gehen zu können, muss der KI-Anbieter also mitziehen.

„Die Kommission will Anbietern mit der Haftungsrichtlinie Offenlegungs- oder Sicherungspflichten für Beweismittel aufgeben und Vermutungsregeln einführen, die vom Anbieter dann widerlegt werden können“, erläutert Pieper. Künftig soll ein Betroffener den Anbieter dazu zwingen können, Beweise zu sichern oder die Funktionsweise seiner Technologie offen-

## Lebenszyklus von KI-Anwendungen und entsprechende Verpflichtungen

Schon beim Entwurf einer KI-Anwendung nimmt die neue Regulierung die Betreiber in die Pflicht.



legen zu müssen. Doch das muss im jeweiligen System angelegt sein – was einige KI-Systeme ausschließen dürfte. Die Anbieter müssen darauf achten, dass sie nur solche Komponenten verwenden, die den Kriterien entsprechen – sonst könnte das zu ihren Ungunsten ausgelegt werden.

Thomas Usländer vom Kompetenzzentrum in Karlsruhe, das KI-Anwendungen vor allem in Industrieunternehmen unterstützen soll, sieht in dem Haftungsvorschlag ein großes Problem: „Damit schafft man eine rechtliche Grauzone, die zu zahllosen Prozessen bezüglich der Haftungsfrage führen kann und die Unternehmen nicht dazu ermuntern wird, KI-Methoden insbesondere in kritischen technischen Produkten und Anlagen einzusetzen.“

## Verbotene Zonen

In einigen Bereichen aber wird es gar keine komplizierten Lösungen benötigen. Denn die EU-Gesetzgeber wollen bestimmte Anwendungsfälle vollständig verbieten – etwa, wenn KI benutzt wird, um Menschen subliminal, also unbemerkt, zu beeinflussen. Auch Social Scoring, bei dem Verhaltensweisen oder angeborene oder soziale Eigenschaften ausgewertet werden, soll ausdrücklich verboten sein.

Die KI-Verordnung soll außerdem Anwendungen verbieten, die eine biometrische Fernidentifizierung ermöglichen – also etwa eine Gesichtserkennung bei Überwachungskameras. Hierfür soll es nur Ausnahmen für Strafverfolgungszwecke geben. Einigen Mitgliedstaaten ging das zu weit. Im tschechischen Einigungsvorschlag vom November sind breite Ausnahmen vom Verbot vorgesehen: wenn es um den Schutz kritischer Infrastrukturen, die Gesundheit oder die Abwehr von Terrorattacken notwendig sei, soll biometrische Echtzeit-KI wieder erlaubt sein.

Die Mitgliedstaaten haben ihre Position zur KI-Verordnung Anfang Dezember festgezurrt, das Parlament will sich bald festlegen. Anschließend wird, gemeinsam mit der Kommission, im sogenannten Trilogverfahren über einen Kompromissstext verhandelt. Sobald dabei eine Einigung erzielt ist, sollen die Vorschriften binnen zwei Jahren in Kraft treten. Mit einer Einigung wird derzeit für Anfang 2023 gerechnet. Ab 2025 müssten Programmierer und Unternehmen dann ihre Systeme entsprechend anpassen.

(jo@ct.de) ct

**Entwurf der EU-KI-Verordnung:**  
ct.de/yfzu

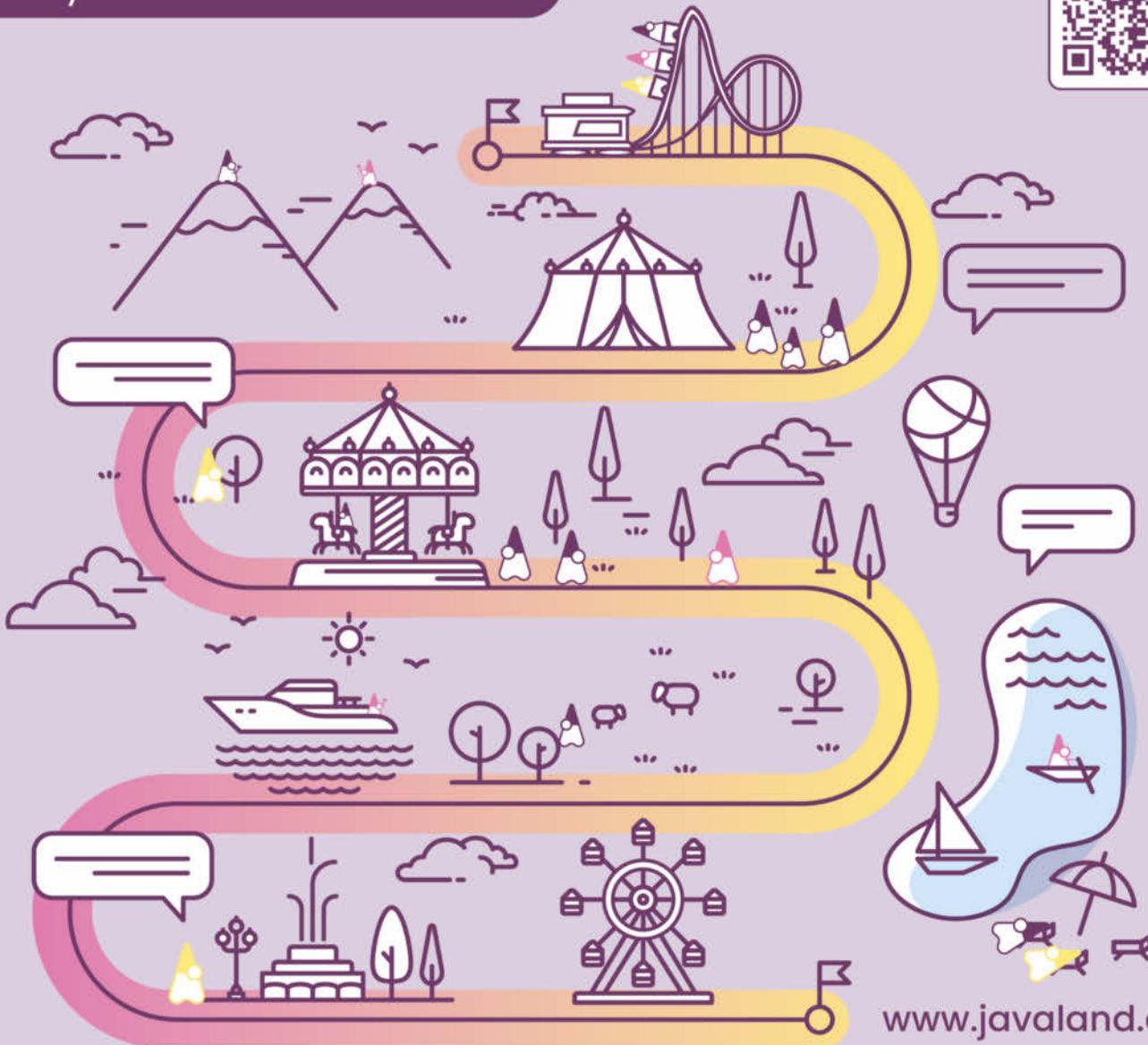
# JavaLand

21. - 23. MÄRZ 2023

im Phantasialand bei Köln

Die Konferenz der Java-Community

Early Bird bis 26.01.2023



[www.javaland.eu](http://www.javaland.eu)

Präsentiert von:



Heise Medien

DOAG

Veranstalter:



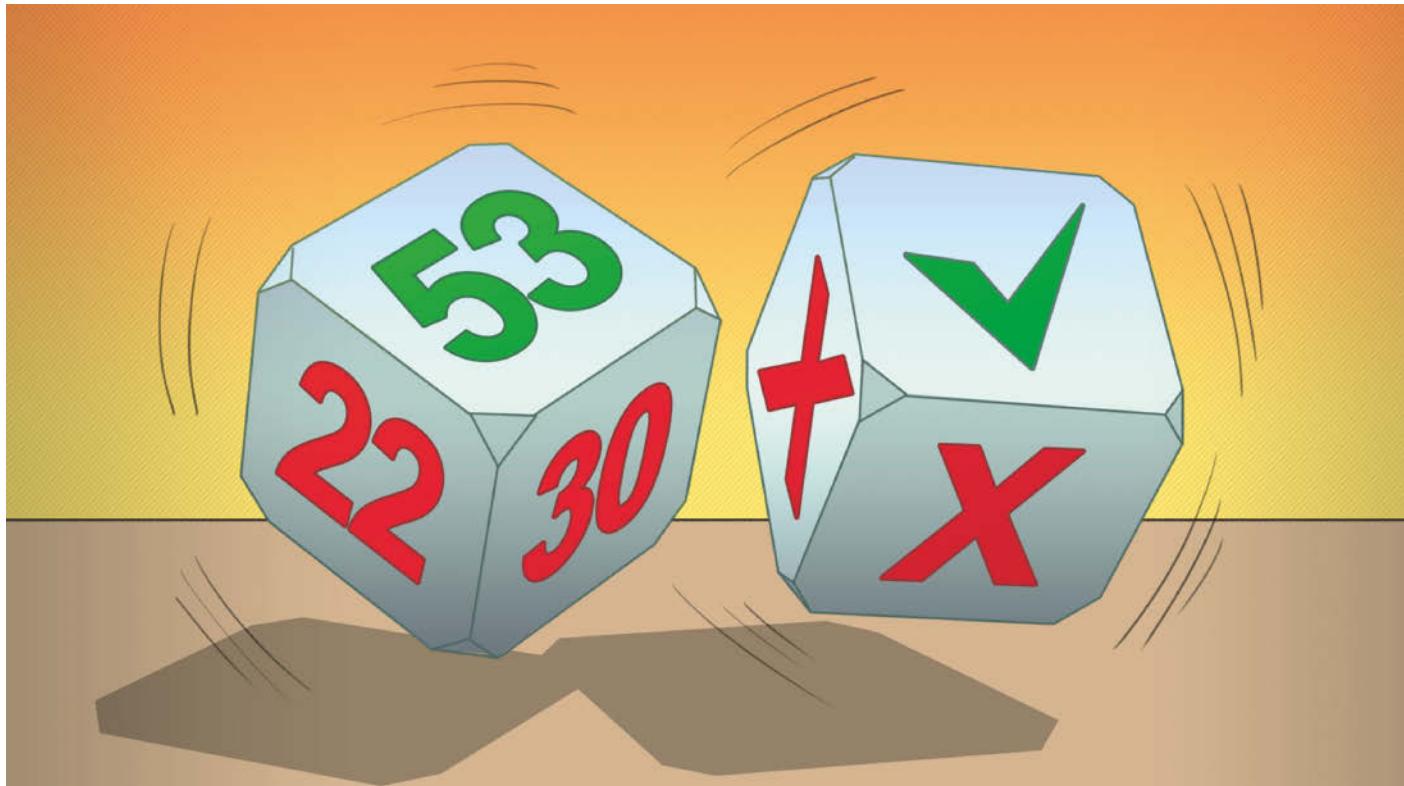


Bild: Thorsten Hübner

# Würfelglück

## Miller-Rabin-Test: Primzahlen per Zufall bestimmen

**Verschlüsselungen wie RSA setzen auf große Primzahlen, um sichere Schlüssel zu erstellen. Es ist aber gar nicht so leicht, Primzahlen in der geeigneten Größenordnung zu finden. Daher benutzen RSA-Implementierungen den Miller-Rabin-Primzahltest. Wir erklären, wie der Test funktioniert, und liefern dazu ein Python-Programm.**

Von Wilhelm Drehling

mehr als 300 Dezimalstellen und multipliziert sie miteinander. Das Rätsel besteht nun darin, allein anhand des Ergebnisses die ursprünglichen Primfaktoren zu ermitteln (Primfaktorzerlegung) [2]. Aber wie findet RSA eigentlich solch große Primzahlen, um immer neue Rätsel zu generieren?

Da es keine Formel gibt, die alle Primzahlen zuverlässig bestimmt, bleibt nur Ausprobieren übrig. Das Durchrechnen aller Möglichkeiten ist nur bei kleinen Zahlen sinnvoll. Stößt man aber in Bereiche mit mehreren hundert Dezimalstellen vor, dauert simples Probieren zu lange.

Dafür haben Kryptologen spezifische Tests entwickelt, die riesige Zahlen rasch auf bekannte Primzahl-Eigenschaften abklopfen. Einer von ihnen ist der Miller-Rabin-Test. Darum geht es im Folgenden.

Die 2048-Bit-Variante von RSA verwendet momentan etwa 300-stellige

Primzahlen. Anstatt sie alle nacheinander durchzuspielen, wählt Miller-Rabin zunächst einen Testkandidaten per Zufallsgenerator aus und versucht herauszufinden, ob dieser zusammengesetzt ist oder nicht. Falls ja, wird die nächste 300-stellige Zahl generiert. Falls nein: prima, neue Primzahl gefunden.

Primzahltests wie Miller-Rabin sind probabilistisch, sie liefern also mitunter falsch-positive Ergebnisse. Der Grund

dafür: Ebenso wie die Primzahlen verteilen sich auch einige tückische Nicht-Primzahlen recht unsystematisch über den gesamten Zahlenbereich. Wählt der Zufalls-

generator eine davon aus, versagt der Test. Um dem entgegenzuwirken, prüft er mehrere Zufallszahlen hintereinander. Dazu später mehr.

Miller-Rabin mag mit seinen Zufallszahlen zwar kompliziert klingen, aber die mathematischen Grundlagen kennen Sie

Kryptologen machen sich die besonderen Eigenschaften von Primzahlen zunutze, um mathematische Probleme zu entwerfen, die selbst Supercomputer nicht lösen können. Eines davon ist das Grundgerüst der asymmetrischen Verschlüsselung RSA [1]. Dafür benötigt man zunächst zwei gigantisch große Primzahlen mit

**ct Hardcore**

vermutlich noch aus dem Schulunterricht; alles andere dröseln wir säuberlich auf. Wir fangen ganz unten bei den Eigenschaften von Primzahlen an und hangeln uns über einfache Primzahltests langsam hoch zum eigentlichen Miller-Rabin-Verfahren.

Außerdem stellen wir eine Implementierung in Python vor, die gerade mal zwei Dutzend Zeilen umfasst. Damit können Sie dann selbst auf Primzahlsuche gehen, denn der Test funktioniert auch zuverlässig bei großen Zahlen mit mehreren hundert Dezimalstellen. Falls Sie die Erklärung anhand des fertigen Codes durchgehen möchten, haben wir Ihnen sämtliche Zeilen in einem GitHub-Repository hinterlegt (siehe ct.de/ysh6).

## Zauberzahlen

Primzahlen haben eine Sonderstellung unter den natürlichen Zahlen: Sie sind die einzigen, die nur durch sich selbst und durch 1 teilbar sind. Jede andere setzt sich wiederum aus Primzahlen zusammen, 15 zum Beispiel aus den Primfaktoren 3 · 5 und 24 aus 2 · 2 · 2 · 3.

Primzahlen sind also gemäß dieser Definition auch teilerfremd zu allen Zahlen, die kleiner als sie selbst sind. Zwei Zahlen bezeichnet man als teilerfremd zueinander (oder auch „relativ prim“), wenn sie als größten gemeinsamen Teiler (ggT) nur die 1 haben. 10 und 7 sind etwa teilerfremd, 10 und 5 dagegen nicht, da 5 der gemeinsame Teiler ist. Mathematiker formulieren solche Sachverhalte etwas kürzer, nämlich als  $\text{ggT}(10, 7) = 1$  und  $\text{ggT}(10, 5) = 5$ .

Für Primzahlen  $p$  jeder Größe gilt demzufolge allgemein:  $\text{ggT}(a, p) = 1$ , sofern  $a$  kleiner ist als  $p$ , zum Beispiel  $\text{ggT}(a, 11) = 1$ . In Worten: Die Primzahl 11 teilt sich mit keiner Zahl zwischen 2 und 10 einen Teiler. Diese Eigenschaft können Sie auch mit dem euklidischen Algorithmus nachprüfen, den wir in [1] ausführlich beschrieben haben.

## Fermat lässt grüßen

Dass Primzahlen solche Eigenschaften haben, erkannte auch der französische Mathematiker Pierre de Fermat, der vor gut 400 Jahren lebte. Er griff die Idee von  $\text{ggT}(a, p) = 1$  auf und leitete daraus eine Formel her, die heute als der kleine Satz von Fermat bekannt ist:  $a^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$ . Wir erläutern hier nicht, warum das funktioniert, da die Erklärung nicht trivial ist; einen Beweis haben wir unter ct.de/ysh6

## ct kompakt

- Der Fermat-Primzahltest ist trotz seiner Kürze nicht praxistauglich, weil er auf bestimmte Zahlen reinfällt.
- Der effiziente Miller-Rabin-Test detektiert Primzahlen nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, er kann also auch falsch-positive Ergebnisse ausspucken, aber diese Fälle sind selten.
- Mit unserem Code können Sie selbst auf Primzahlsuche gehen.

verlinkt. Sie können die Formel nämlich auch ohne dieses Wissen anwenden.

Die Zahl  $a$  ist eine natürliche Zahl größer 1,  $p$  ist eine Primzahl und Modulo haben wir in der Infografik rechts erklärt. Das Kongruenz-Zeichen  $\equiv$  ist ein wenig speziell, Sie können es mit Vorsicht wie ein Gleichheitszeichen lesen. Doch Obacht: Sie rechnen von nun an nicht mehr in der klassischen Ganzzahlarithmetik. Da die Rechenoperation Modulo die Ergebnisse auf den Rest der Division durch  $p$  einschränkt, erhalten Sie keine negativen Werte oder Werte, die größer als  $p$  sind. Daher spricht man hier nicht mehr von „gleich“, sondern von „kongruent“.

Ein Beispiel: Zur Primzahl 11 wählen Sie ein beliebiges  $a$  (etwa 5). Wenn Sie nun  $5^{10} \% 11$  in einen Taschenrechner eintippen (die Taste für den Divisionsrest ist auf Taschenrechner typischerweise mit % beschriftet), lautet das Ergebnis 1. De facto kommt für jedes  $a$  zwischen 2 und 10 als Divisionsrest immer 1 heraus, weil jedes gültige  $a$  teilerfremd zur Primzahl  $p$  ist.

Errechnet die Formel den Divisionsrest 1, dann *kann*  $p$  eine Primzahl sein, muss es aber nicht. Spuckt die Formel hingegen einen anderen Wert aus, dann handelt es sich bei  $p$  *definitiv nicht* um eine Primzahl.

Das bedeutet im Umkehrschluss: Wenn Sie Ihre Zahlen so wählen, dass sie die wesentlichen Bedingungen des kleinen Satzes von Fermat erfüllen, können Sie die Ergebnisse der Formel als einfachen Primzahltest benutzen. Anstelle einer Primzahl  $p$  wählen Sie nun eine beliebige Zahl  $n$  und ein  $a$ , das die Bedingung  $1 < a < n$  erfüllt. Der fermatsche Primzahltest lautet somit  $a^{n-1} \equiv 1 \pmod{n}$ .

Angenommen, Sie möchten herausfinden, ob  $n = 9$  eine Primzahl ist. Um die

Zahl zu testen, müssen Sie ein gültiges  $a$  wie 5 wählen und den Test durchführen:  $5^8 \bmod 9 = 7$ . Dem Fermat-Test zufolge ist 9 also definitiv keine Primzahl. Setzen Sie dagegen eine Primzahl wie  $n = 17$  mit  $a = 10$  in die Formel ein, dann kommt  $10^{16} \bmod 17 = 1$  heraus, die Zahl ist also möglicherweise prim. Um das Ergebnis zu verifizieren, wiederholt man den Test üblicherweise mehrfach mit unterschiedlichen Zufallszahlen.

Damit Sie nicht den alten Schultaschenrechner abstauben müssen, haben wir den Fermat-Test in Python nachprogrammiert. Das Programm im Kasten „Fermat-Primzahltest“ auf Seite 138 berechnet für Sie, ob es sich bei der zu testenden Zahl um eine Primzahl handelt (die Ausgabe ist dann True) oder nicht (False). Spielen Sie mit dem Programm ruhig ein wenig herum und loten Sie die Grenzen des Primzahltests aus, denn (Spoiler!) er liegt öfters falsch, als Sie glauben.

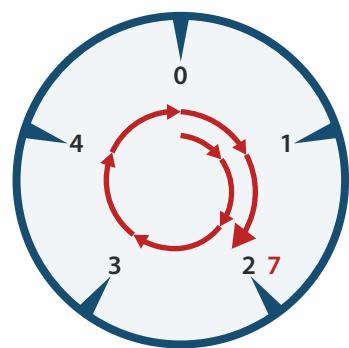
## Möchtegern-Primzahlen

Es gibt zusammengesetzte Zahlen, auf die der Test fälschlicherweise anschlägt. Sie heißen fermatsche Pseudoprimzahlen, 9

## Modulo

In der Mathematik wird häufig mit dem Rest einer Division weitergerechnet. Also statt  $7 / 5 = 1,4$  zu rechnen, schauen Sie nach, wie oft die 5 in die 7 passt, und schreiben den Rest 2 getrennt auf. Es spielt keine Rolle, wie oft die 5 in die 7 passt, entscheidend ist, was übrig bleibt.

Mathematiker nennen diese Rechenoperation Modulo:  $7 \bmod 5$  ergibt 2;  $12 \bmod 5$  ergibt ebenfalls 2 und  $26 \bmod 11$  ist 4. Anschaulich können Sie sich die Rechnung auch wie eine Analoguhr vorstellen: Bei  $7 / 5$  hat sie 5 Ziffern; wenn Sie bei 0 starten, kommen Sie nach 7 Schritten bei der 2 an.



## Fermat-Primzahltest

Das Python-Skript mit dem Fermat-Test ist so schön kompakt, dass es in eine Handvoll Zeilen passt. Das Programm laden Sie bequem aus unserem GitHub-Repository unter [ct.de/ysh6](https://ct.de/ysh6) herunter. Öffnen Sie eine Konsole in der Datei mit dem Code und führen Sie das Programm mit dem Befehl `python3 Fermat.py` aus. Sollten Sie Python nicht auf Ihrem Rechner haben, können Sie unter [3] nachlesen, wie Sie die Installation nachholen. Der komplette Code sieht folgendermaßen aus:

```
# Fermat-Primzahltest
from random import randrange

def isPrime(n):
    a = randrange(2, n)
    return pow(a, n - 1, n) == 1

def main():
    n = input("Bitte ungerade Zahl >\n        Geintippen: ")
    print(isPrime(int(n)))

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Die Variable `n` nimmt in `main()` die eingegebene Zahl aus der Konsole auf und gibt sie über den Aufruf `isPrime(int(n))` weiter an den Fermat-Test `isPrime(n)`. Dieser besteht gerade mal aus zwei Zeilen:

```
a = randrange(2, n)
return pow(a, n - 1, n) == 1
```

`randrange()` generiert für `a` eine zufällige natürliche Zahl, die zwischen dem ersten Parameter (inklusive) und dem zweiten (exklusive) liegt, im Beispiel also zwischen 2 und `n`. Der Befehl `pow()` rechnet  $a^{n-1} \bmod n$  in einem Schritt aus. Ist das Ergebnis 1, dann gibt die Methode `True` zurück, ansonsten `False`. Ein Mitschnitt der Kommandozeile sieht beispielsweise wie folgt aus:

```
wid@iMac Python % python3 Fermat.py
Bitte ungerade Zahl eintippen: 17
True
wid@iMac Python % python3 Fermat.py
Bitte ungerade Zahl eintippen: 9
False
```

oder 15 sind zum Beispiel solche Kandidaten.

Ungünstige Kombinationen von `n` und `a` führen bei Pseudoprimezahlen zu Falschaussagen, so wie bei  $n=9$  und  $a=8$  ( $8^8 \bmod 9 = 1$ ). Jedes andere `a` dagegen bestätigt, dass  $n=9$  keine Primzahl ist. Der Test liegt somit für  $n=9$  in etwa 14 Prozent der Versuche falsch. Das ist aber kein Weltuntergang, weil Sie die Wahrscheinlichkeit für ein korrektes Ergebnis verbessern können, indem Sie den Test möglichst oft wiederholen. Es reicht schließlich ein einziges Ergebnis ungleich 1, um `n` als zusammengesetzte Zahl zu enttarnen.

Sie können den Code des Fermat-Tests aus dem Kasten „Fermat-Primzahltest“ ein wenig aufmotzen, um eine Fehlerquote für `n` zu berechnen. Fügen Sie folgende Methode zwischen `isPrime(n)` und `main()` ein:

```
def testQuote(versuche, n):
    z = 0
    for i in range(versuche):
        if not isPrime(n):
            z += 1
```

Probieren Sie den Test mal für  $n=9$  aus: Die Quote sollte sich ungefähr bei 0,86 eingependeln, da der Test ja in 14 Prozent der Fälle fälschlicherweise `True` verkündet:

```
wid@iMac Python % python3 Fermat.py
Bitte ungerade Zahl eintippen: 9
0.858
```

## Carmichael-Zahlen

Es gibt allerdings auch starke Pseudoprimezahlen wie 561, 8911 oder 63973, die merkwürdigerweise besonders hohe Fehlerquoten provozieren und damit den Test komplett austricksen. Bei 8911 ( $= 7 \cdot 19 \cdot 67$ ) zum Beispiel glaubt der Test nach 1000 Versuchen, dass es sich zu 80 Prozent um eine Primzahl handelt. Solche Zahlen heißen Carmichael-Zahlen, und sie sind der größte Feind des Fermat-Tests.

Carmichael-Zahlen treten ähnlich wie Primzahlen zufällig oft auf. Diese Zahlen zeichnen sich dadurch aus, dass sie aus mindestens drei Primfaktoren bestehen, wovon keine doppelt sind. Diese spezifische Eigenschaft nennt sich quadratfrei. Die kleinste Carmichael-Zahl ist  $3 \cdot 11 \cdot 17 = 561$ . Unser Fermat-Programm liefert für diese Zahl im Mittel eine Quote von ungefähr 43 Prozent, stuft sie also in etwas mehr als der Hälfte der Fälle fälschlicherweise als prim ein. Je größer außerdem die Carmichael-Zahlen sind, desto höher fällt die Fehlerquote aus.

Die Quote kommt folgendermaßen zustande: 3, 11 und 17 bestätigen als `a`, dass  $n=561$  keine Primzahl ist (zum Beispiel  $3^{560} \bmod 561 = 375$ ). Von den 559 möglichen Werten für `a` sind 240 Vielfache von 3, 11 oder 17, welche allesamt korrekte Ergebnisse liefern – also `False`. Der gesamte

```
    return z / versuche
# 0 = Primzahl, 1.0 = keine Primzahl
```

und ändern Sie den Aufruf in `main()` von `print(isPrime(int(n)))` zu `print(testQuote(1000, int(n)))`. Jetzt läuft der Fermat-Test 1000-mal durch und wirft am Ende einen Wert zwischen 0 und 1.0 aus. 1.0 sagt aus, dass der Test in allen Fällen `False` behauptet, 0 immer `True`.

```
# Step 2: deterministic Miller-Rabin testing for numbers < 2^64. See:
#   https://miller-rabin.appspot.com/
# for lists. We have made sure the M-R routine will successfully handle
# bases larger than n, so we can use the minimal set.
if n < 341531:
    return mr(n, [9345883071809581737])
if n < 885594169:
    return mr(n, [72527029393959937, 3569819667048198375])
if n < 350269456337:
    return mr(n, [4230279247111683200, 14694767155120705706, 16641139526367750375])
if n < 55245642489461:
    return mr(n, [2, 141889884524735, 1199124725622454117, 11096072698276303650])
if n < 7999252175582851:
    return mr(n, [2, 4130806001517, 149795463772692060, 186635894398467037, 3967304179347715805])
if n < 58522608592931977:
    return mr(n, [2, 123635709730000, 9233062284813009, 43835965440333360, 761179012939631437, 1263739024124850375])
if n < 18446744873709551610:
    return mr(n, [2, 325, 9375, 28178, 450775, 9780504, 1795265022])
```

Die „`isPrime()`“-Funktion von `sympy` verwendet den deterministischen Miller-Rabin-Test, um Primzahlen unter  $2^{64}$  eindeutig zu bestimmen.

	$a^{29} \bmod 929$	$a^{58} \bmod 929$	$a^{116} \bmod 929$	$a^{232} \bmod 929$	$a^{464} \bmod 929$	$a^{928} \bmod 929$
$a = 57$	448	40	671	605	$n - 1$	1
$a = 225$	46	258	605	$n - 1$	1	1
$a = 412$	911	324	$n - 1$	1	1	1
$a = 539$	1	1	1	1	1	1
$a = 662$	297	883	258	605	$n - 1$	1
$a = 727$	605	$n - 1$	1	1	1	1

	$a^{35} \bmod 561$	$a^{70} \bmod 561$	$a^{140} \bmod 561$	$a^{280} \bmod 561$	$a^{560} \bmod 561$
$a = 145$	406	463	67	1	1
$a = 293$	98	67	1	1	1
$a = 358$	307	1	1	1	1
$a = 402$	549	144	540	441	1
$a = 514$	472	67	1	1	1
$a = 551$	122	298	166	67	1

Wir haben die Ergebnisse des Miller-Rabin-Tests für die Primzahl  $n = 929$  (links) und die Carmichael-Zahl  $n = 561$  (rechts) mit unterschiedlichen Zufallszahlen berechnet. Aus den Tabellen wird ersichtlich, dass wenn  $n - 1$  (gleichbedeutend zu  $-1$  im Modulo-begrenzten Zahlenraum) nicht als Ergebnis herauskommt, es sich bei  $n$  um eine zusammengesetzte Zahl handeln muss.

Rest erfüllt durch Zufall die Fermat-Bedingung (es kommt für diese Zahlen 1 heraus), daher lautet das Ergebnis in  $((559 - 240) : 559) \cdot 100 \approx 57$  Prozent der Fälle True. Daraus ergibt sich übrigens die mathematische Definition der Carmichael-Zahlen: Sie erfüllen die Fermat-Bedingung für sämtliche Basen  $a$ , die nicht

durch einen ihrer Primfaktoren teilbar sind.

Das Problem: Es gibt kein effizientes Verfahren, das zuverlässig Carmichael-Zahlen erkennt. Es lohnt sich also nicht, einen Carmichael-Test vor den Fermat-Test zu schnallen. Daher modifizierten die Kryptologen Gary L. Miller und Michael

O. Rabin den Fermat-Test, um ihn gegen Carmichael-Zahlen zu immunisieren. Der Miller-Rabin-Test war geboren.

### Der Miller-Rabin-Test

Um bessere Aussagen zu treffen, macht er sich eine Besonderheit in der Formel  $a^{n-1} \equiv 1 \pmod n$  zunutze: Die Wurzel von



# MIT Mac & i IMMER DER ZEIT VORAUS

2x Mac & i mit 35 % Rabatt testen!

**Mac & i – Das Magazin rund um Apple**

- Tipps & Praxiswissen
- Reports und Hintergründe
- Hard- und Softwaretests
- inkl. Club-Mitgliedschaft

Für nur 16,80 € statt 25,80 € (Preis in Deutschland)

Genießen Sie mit der Mac & i Club-Mitgliedschaft exklusive Vorteile!

Jetzt bestellen:  
[www.mac-and-i.de/minabo](http://www.mac-and-i.de/minabo)



+ Geschenk nach Wahl  
z. B. 10 € Amazon.de-Gutschein oder Apple-Watch-Ständer



Mac & i Das Apple-Magazin von c't

$a^{n-1}$ , also  $a^{(n-1)/2}$ , erfüllt ebenfalls die Fermat-Eigenschaft. Auch die Wurzel davon erfüllt sie und so weiter, bis der Exponent  $n - 1$  ungerade wird. Das ergibt sich aus dem kleinen Satz von Fermat: Weil  $n - 1$  gerade ist, kann man den Ausdruck zu  $2^s \cdot d$  verallgemeinern.  $d$  ist der ungerade Teil des Exponenten,  $2^s$  ist zwangsläufig gerade. Der Ausdruck wird also in dem Moment ungerade, wo  $s = 0$  wird, und dann gilt der kleine Fermat nicht mehr. Durch dieses sukzessive Wurzelziehen entsteht also eine Zahlenreihe mit bestimmten, für einen Primzahltest günstigen Eigenschaften.

In umgekehrter Richtung sind die Glieder dieser Folge Quadrate ihrer Vor-

gänger. Sofern  $n$  eine Primzahl ist, erfüllen sie damit die Eigenschaft  $x^2 \equiv 1 \pmod{n}$  beziehungsweise  $x^2 - 1 \equiv 0 \pmod{n}$ . Wenn man  $x^2 - 1$  auflöst zu  $(x - 1) \cdot (x + 1)$  sieht man auch sofort, dass die Lösungen nur 1 und -1 sein können.

Sobald man in der Folge auf eine -1 stößt, handelt es sich beim getesteten  $n$  wahrscheinlich um eine Primzahl, denn die folgenden Glieder können nur noch Einsen sein. Enthält die Folge keine -1, muss  $n$  zusammengesetzt sein, weil eine Primzahl in der Folge Glieder mit -1 und 1 enthalten muss, um  $x^2 \equiv 1 \pmod{n}$  zu erfüllen. Manchmal besteht die Folge aber auch nur aus Einsen. Das spricht ebenfalls

für eine Primzahl, ist aber ein weitaus schwächerer Indikator, weil auch zusammengesetzte Zahlen manchmal solche Sequenzen produzieren.

Damit Sie sich einen besseren Überblick über das Verfahren verschaffen können, haben wir den Test für die Zahlen  $n = 929$  und  $n = 561$  durchgeführt und die Ergebnisse grafisch in den Tabellen auf Seite 139 festgehalten.

Die Gesamtwahrscheinlichkeit, dass der Miller-Rabin-Test eine zusammengesetzte Zahl (Carmichael-Zahlen eingeschlossen) fälschlicherweise als prim wertet, liegt im schlimmsten Fall bei  $1/4$ , im Mittel aber deutlich darunter (Beweis über ct.de/ysh6). Um das Risiko für Falsch-Positive weiter zu reduzieren, wendet man den Miller-Rabin-Test wie schon vom Fermat-Test bekannt mehrfach mit zufällig gewählten Basen  $a$  an. Bei  $k$  Durchläufen, so um die 40, liegt die Fehlerquote im schlimmsten Fall also bei  $1/4^k$ . Damit ist der Miller-Rabin-Test zwar immer noch probabilistisch, aber mit einer sehr viel geringeren Fehlerquote als der Fermat-Test.

Und es geht noch besser: Kluge Köpfe haben herausgefunden, dass der Miller-Rabin-Test mit einer Auswahl bestimmter  $a$  deterministisch wird. Welche  $a$  man anwenden muss, hängt davon ab, wie groß die zu testende Zahl ist (siehe ct.de/ysh6). Die Forscher haben für unterschiedliche Wertebereiche alle Möglichkeiten getestet und festgestellt, bei welchen Zufallszahlen keine falsch-positiven Ergebnisse mehr herauskommen. So genügt es zum Beispiel, für alle Zahlen unter 2047 nur  $a = 2$  zu testen. Bei Zahlen unter 1.373.658 müssen es dagegen schon  $a = 2$  und  $a = 3$  sein.

Ein Beispiel aus der Praxis: Die Funktion `isPrime()` aus der Python-Bibliothek `sympy` verwendet den deterministischen Miller-Rabin-Test, um Primzahlen unter  $2^{64}$  korrekt zu detektieren (siehe ct.de/ysh6). `sympy` verwendet aber sehr große Basen, um möglichst effizient zu sein (siehe Bild auf Seite 138).

## Fröhliches Coden

Unser Python-Programm links setzt den Miller-Rabin-Test genau so um, wie wir es gerade beschrieben haben. Sämtlichen Code finden Sie im GitHub-Repository unter ct.de/ysh6.

Das Programm startet in `main()` und übergibt `isPrime()` eine ungerade Zahl  $n$ , in diesem Beispiel die Carmichael-Zahl

```
from random import randrange

def isPrime(n):
    # Variablen deklarieren
    exponent = n - 1
    s = 0

    # Exponent so lange teilen, bis Ergebnis ungerade
    while exponent % 2 == 0:
        # Beispiel: 40, 20, 10; Stopp: exponent = 5
        exponent //= 2
        s += 1

    # Zufallszahl generieren und den kleinsten Exponenten prüfen
    a = randrange(2, n - 1)
    x = pow(a, exponent, n)
    if x == 1 or x == n - 1:
        return True

    # alle übrigen Zahlen weiter-testen, bis keine mehr da sind
    while s > 1:
        x = pow(x, 2, n)
        if x == 1:
            return False
        if x == n - 1:
            return True
        s -= 1
    return False

def main():
    print(isPrime(561))

if __name__ == '__main__':
    main()
```

**Das Miller-Rabin-Programm testet für eine gegebene Zahl (im Beispiel 561), ob sie eine Primzahl (True) oder zusammengesetzt (False) ist. Es liefert deutlich weniger Falsch-Positive als ein einfacher Fermat-Test.**

561. Sie gibt `True` (wahrscheinlich Primzahl) oder `False` (definitiv keine Primzahl) zurück.

Die `while`-Schleife teilt den Exponenten so lange durch zwei, bis das Ergebnis ungerade wird (darum kümmert sich Modulo: `exponent % 2 == 0`). Die Variable `s` zählt die Durchläufe:

```
while exponent % 2 == 0:
    exponent /= 2
    s += 1
```

Statt die als Nächstes fällige Potenzierung mit anschließender Modulo-Rechnung per Hand in Python zu implementieren, können Sie auf die Funktion `pow()` zurückgreifen, die beide Schritte in einem Befehl erledigt:

```
x = pow(a, exponent, n)
```

Das erste Argument in `pow()` ist die Basis einer Potenz und die zweite der Exponent. Fügen Sie dem Befehl einen dritten Parameter hinzu, so rechnet Python die Potenz modulo `n`:  $a^{\text{exponent}} \bmod n$  hocheffizient aus, ohne den seehr langen Umweg über Potenzieren und Dividieren zu gehen.

Da `x = 1` und `x = n - 1` beim kleinsten Exponenten (`d`) ein Zeichen für eine Primzahl sein kann, fängt das Programm beide mit einer `if`-Abfrage ab und gibt `True` zurück:

```
if x == 1 or x == n - 1:
    return True
```

Andernfalls geht es in eine weitere `while`-Schleife, die so lange läuft, bis das Programm eine 1 oder `n - 1` findet, oder keine Exponenten zum Testen mehr übrig sind. Am Ende der Schleife reduziert das Programm den Schrittzähler `s` um 1 (`s -= 1`). Sind keine Exponenten mehr übrig, beendet das Programm den Miller-Rabin-Test mit `return False`.

## Letzte Worte

Geschafft, das war der Miller-Rabin-Test, Schluss mit Mathematik! Sie können der Anleitung folgen, eigenen Code produzieren oder unseren verwenden, um mit dem Test auf Primzahlsuche zu gehen. Der in diesem Artikel gezeigte Code ist locker in der Lage, Primzahlen in Größenordnungen zu finden, die RSA für die 2048-Bit-Variante braucht (etwa 306 Dezimalstellen).

In der Praxis wählt RSA zufällig eine Zahl der gewünschten Länge aus und testet mit Miller-Rabin Kandidaten durch, bis dieser eine geeignete Primzahl findet. Das Gleiche macht RSA bei der zweiten Primzahl. Eine solche Funktion können Sie selbst implementieren. So finden Sie heraus, was beispielsweise die erste Primzahl nach  $2^{1234}$  ist. Viel Spaß!

(wid@ct.de) ct

## Literatur

- [1] Wilhelm Drehling, Primzahlen jonglieren, Wie die RSA-Verschlüsselung funktioniert, c't 8/2022, S. 136
- [2] Wilhelm Drehling, Reingefallen, Asymmetrische Verschlüsselung: Sicher durch Falltürfunktion, c't 7/2021, S. 60
- [3] Ronald Eikenberg, Jan Mahn, Draufgebeamt, So richten Sie Python schnell und einfach ein, c't 5/2022, S. 20

**GitHub-Repository, Videos und weiteres Material:** [ct.de/ysh6](https://ct.de/ysh6)

# Schonen Sie Geldbeutel und Klima!



**Heft + PDF  
mit 29 % Rabatt**

Die gute Nachricht lautet, es gibt viele Möglichkeiten, Energie zu sparen! Dabei geht es nicht nur darum Kosten zu minimieren, sondern jede gesparte Kilowattstunde hilft der Umwelt und verringert die Abhängigkeit von Gas aus Russland. Lesen Sie im neuen c't Sonderheft was Sie selbst dafür tun können:

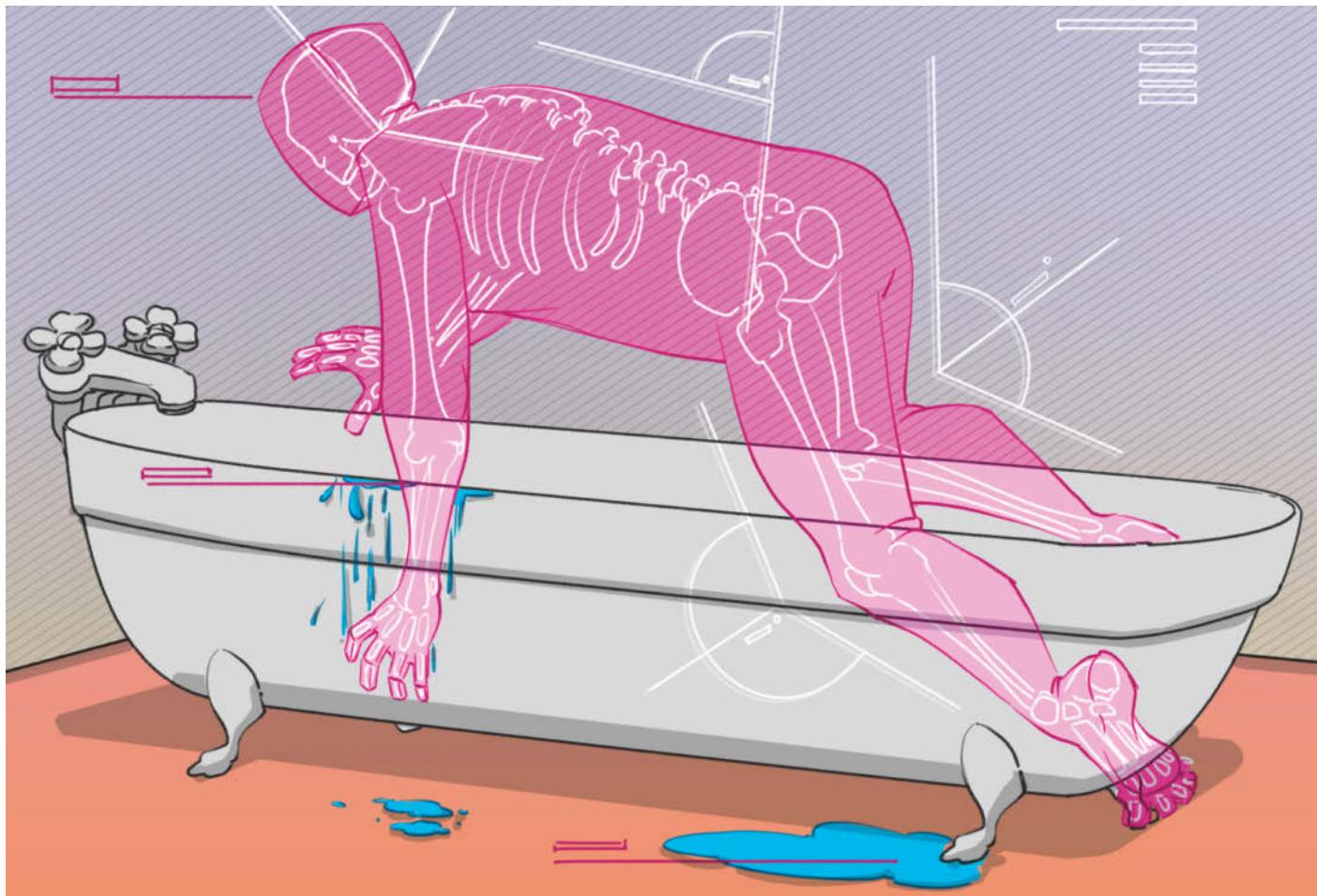
- ▶ Energiespartipps im digitalen Umfeld
- ▶ Stromfresser identifizieren und Verbrauch reduzieren
- ▶ Strom selbst erzeugen mit Solaranlagen
- ▶ Wo die Energie der Zukunft herkommt

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

[shop.heise.de/ct-energietipps22](https://shop.heise.de/ct-energietipps22)

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**



# Im Fall des Fallens

**Digitale Menschenmodelle simulieren  
Unfall- oder Tathergang realitätsnah**

**Ein wegen Mordes verurteilter  
Hausmeister kommt wieder frei,  
weil das Digitalmodell des  
Opfers in der Simulation ganz  
allein zu Tode stürzt. Individuelle  
Modelle könnten in Zukunft  
persönliche Bewegungsmuster  
auf Roboter übertragen oder  
realitätsnahe Avatare beleben.**

Von Arne Grävemeyer

**E**in Rechtsmediziner stand Ende Oktober 2008 im Badezimmer eines 87-jährigen Opfers und taxierte genau dessen

Lage. Die Rentnerin war tot in ihrer Badewanne gefunden worden. Sie lag dort bekleidet im Wasser, mit dem Kopf zum Fußende, ein Bein noch halb außerhalb der Wanne. Die Leiche wies gleich zwei schwerwiegende Hämatome auf. Schuhe und Gehstock der Toten lagen vor der Wanne. Letztlich war das Opfer ertrunken.

Der Mediziner gab vor Gericht an, er könne sich nicht vorstellen, dass die Rentnerin ohne Einwirkung einer anderen Person in diese Lage geraten war und sich zudem beide Hämatome durch einen Sturz zugezogen haben könnte. Das Gericht folgte dieser Einschätzung. Der Hausmeister der Wohnanlage galt als Hauptverdächtiger und wurde im Mai 2010 wegen Mordes aus einem vermeinten Streit heraus verurteilt.

In den darauffolgenden Jahren hat ein Team um Syn Schmitt an der Universität Stuttgart digitale Menschenmodelle und die Verfahren der biomechanischen Simulation erheblich weiterentwickelt. „Wir betrachten das Verhalten eines lebenden Körpers“, erläuterte Schmitt gegenüber c't. Die Forscher passen den Menschen in der Simulation nicht nur bezüglich Größe, Gewicht, Arm- und Beinlänge an sein Vorbild an. Darüber hinaus werden Muskeln, Sehnen und die Reizweiterleitung in den Nerven berechnet. Zudem kommt die Neurowissenschaft zum Zug: Welche Reflexe werden schnell im Rückenmark ausgelöst, welche Reaktionen entstammen niederen Hirnregionen und welche Aktionen erfordern eine zeitaufwendige Koordination? Die Zahl der berücksichtigten Details ist in den vergangenen zehn Jahren erheblich gestiegen.

## Simulation ändert die Beweislage

Die Genauigkeit der Simulation hat derart zugenommen, dass das Oberlandesgericht München das biomechanische Gutachten von Schmitt als eine veränderte Beweislage anerkannte und deshalb das Verfahren gegen den Hausmeister wieder aufnahm. Denn zur Zeit des ersten Verfahrens

gab es noch keine etablierte Methode, um einen lebenden Menschen digital realitätsnah abzubilden und zu simulieren.

„Wir erforschen autonome muskelgetriebene Bewegungen, die zum Teil auch das Nervensystem berücksichtigen“, berichtet Schmitt. So kommen auch unwillkürliche Rettungsaktionen und Reflexe zum Tragen, die bei Stürzen oft eine erhebliche Rolle spielen. Weitere Aspekte sind das Alter eines Menschen, die Elastizität der Knochen, die Kraftfähigkeit der Muskeln und die Eigenschaften der Gelenke, die nicht mehr ideal funktionieren. Wenn Daten aus CT-Aufnahmen verfügbar sind, füttern die Forscher ihre Simulationssoftware damit. Das ermöglicht es ihnen beispielsweise, die Wirbelsäule individuell zu modellieren.

Sie bildeten für das konkrete Mordverfahren außerdem das Badezimmer der Rentnerin digital exakt nach. Dafür nutzten sie nicht nur die Daten der polizeilichen Beweisaufnahme, die bei einer Mordermittlung schon sehr umfangreich sind. In den Ermittlungsakten fanden sie zusätzlich die Grundrisspläne der baugleichen Wohnung ein Stockwerk tiefer. Diese Pläne zeigen die Enge im Badezimmer, dessen Tür, wenn sie offen stand, zudem die Bewegungsfreiheit einschränkte.

## Ausgangsposition legt die Endlage fest

Die Wissenschaftler versuchten zu ermitteln, ob die Rentnerin ohne Fremdeinwirkung so in die Badewanne stürzen konnte, dass sie sich die beobachteten Verletzungen selbst zuzog und in der unnatürlichen Haltung liegen blieb. Trotz aller räumlichen Maße, der körperlichen Statur und der medizinischen Daten des Opfers konnten sie allerdings nicht wissen, wie dessen genaue Ausgangsposition vor dem Sturz war. „Wir mussten Anfangsannahmen treffen, die wir vollständig offengelegt haben“, berichtet Schmitt. Letztlich gingen die Beteiligten von einem Szenario aus, in dem die Frau zunächst vor ihrer Badewanne stand.

In etwa 30 Simulationsszenarien testeten die Wissenschaftler verschiedene Standpositionen als Ausgangslage: etwas näher an der Wanne, etwas weiter weg, weiter links oder rechts, leicht vorgebeugt oder noch etwas tiefer. Es zeigte sich, dass es für die Frau wahrscheinlich war, in die Wanne hineinzustürzen. Im Grunde stürzte das Opfer in der Simulation nur dann neben die Badewanne oder auf deren

## ct kompakt

- Neue Modelle der biomechanischen Simulation reagieren wie lebende Menschen bei Stürzen oder Unfällen – und realistischer als ein Dummy.
- Parallel entwickeln Forscher bio-inspirierte Roboter, die biologische Bewegungsweisen nachahmen.
- Individualisierbare Avatare entdecken das persönliche Komfortempfinden in künftigen Fahrzeuggenerationen.

Rand, wenn es zuvor einen großen Abstand zur Wanne oder sich nicht vorgebeugt hatte. In den anderen Simulationen, in denen es in die Wanne hineinstürzte, kam es zum Teil auch zu den zwei Hämatomen wie beobachtet. Selbst das endgültige Lagebild, das sich den Mordermittlern schließlich bot, tauchte in den Simulationsergebnissen auf.

Für Gerichtsverfahren spielt es eine bedeutende Rolle, dass die biomechanische Simulation ein streng deterministisches Verfahren ist. Die Ergebnisse entspringen nicht einer Blackbox. Das Zusammenspiel der Muskeln im Körper, das Auslösen von Schutzreaktionen und Reflexen lässt sich im zeitlichen Ablauf objektiv berechnen.

Im Ergebnis nahm das Oberlandesgericht München im August 2022 angesichts dieser Erkenntnisse sowie einer neuen Todeszeitbestimmung durch ein thermodynamisches Gutachten das Verfahren wieder auf und setzte eine neue Hauptverhandlung an. Das kann man für die biomechanische Simulation wohl als einen Präze-

denzfall ansehen. Für den ehemaligen Hausmeister, der stets seine Unschuld beteuert hatte, wirkte sich schon die Wiederaufnahme des Verfahrens befreiend aus: Er gilt seitdem nicht mehr als dringend tatverdächtig und wurde nach 13 Jahren aus der Haft entlassen, zumindest bis zum Urteil im wiederaufgenommenen Verfahren.

## Modelle im Download

Mittlerweile hat die Gruppe um Schmitt ihre Simulationssoftware Demoa quell-offen bereitgestellt (siehe ct.de/yrqe). Zur Grundsoftware bieten die Stuttgarter derzeit drei Module an, eines mit den Daten einer Wirbelsäule, eines für einen Arm mit sechs Muskeln und eines mit einem Ganzkörpermodell, das 36 Muskeln berücksichtigt. Dieses Softwareangebot richtet sich in erster Linie an Wissenschaftler und befreundete Forschungsgruppen, die bei ihren Arbeiten nicht immer wieder bei null anfangen sollen. Schmitts Team ist mittlerweile in der Lage, im Menschenmodell bis zu 500 Muskeln zu berücksichtigen und zu simulieren.

Bislang ist es eine komplexe Aufgabe, eine solche Software für einen individuellen Fall zu programmieren. Es sind noch Forschungsmodelle, ohne ausgearbeitete Bedienoberfläche, mit der man sie schnell an unterschiedliche Gegebenheiten anpassen könnte. Ein Mordverfahren wie das um die Rentnerin in der Badewanne ist zwar ein Achtungserfolg für das Forschungsgebiet, setzt die beteiligten Forscher aber auch unter starken Termindruck. „Ich will das Institut nicht zu einem Dienstleister für gerichtliche Gutachten entwickeln“, erklärt Schmitt. Er regt an, dafür besser staatlich zertifizierte Simulationslabors zu gründen.

Bereits in früheren Fällen haben Gerichte Formen der biomechanischen Si-

**In der biomechanischen Simulation stürzt ein Mensch. Der Knochenbau entspricht dem individuellen Vorbild. Sehnen, Nerven und Reflexe reagieren lebensnah, erläutert Syn Schmitt, Institutsleiter für Modellierung und Simulation biomechanischer Systeme.**

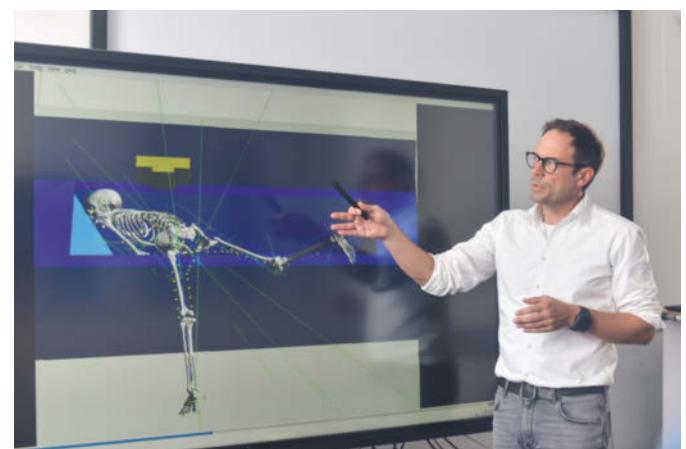


Bild: Uni Stuttgart, Max Kovalenko

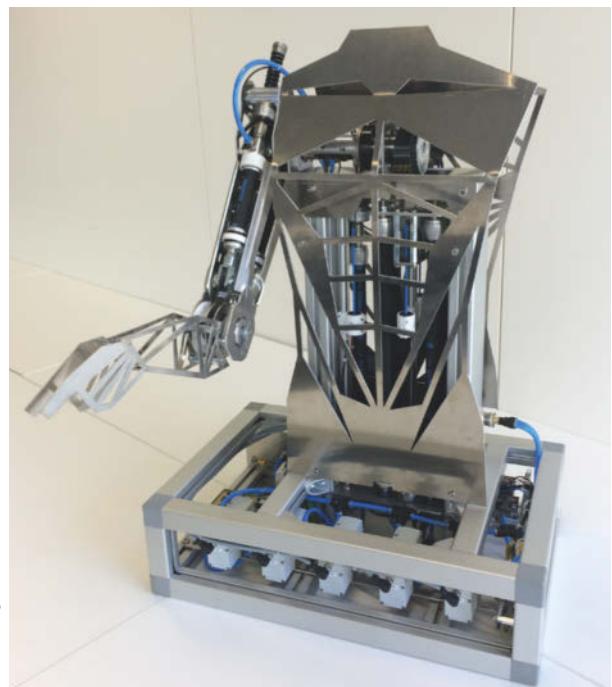


Bild: Uni Stuttgart

**Am Armroboter Ataro studierten Forscher, wie bei Zeigebewegungen sechs Muskeln zugleich interagieren. Ataro kann auch Nervenschäden und die äußere Stimulation einzelner Muskelgruppen simulieren.**

nicht erreichen. Die Stuttgarter Forschungen erlauben auch Rückschlüsse darauf, welche Funktionen besonders geschützt sind und somit in der Natur eine besonders hohe Bedeutung haben.

So entstand aus der Arbeit an Bewegungssimulationen der muskelgetriebene Armroboter Ataro. Mit ihm imitierten die Forscher zunächst Zeigebewegungen, bei denen sechs Muskeln involviert sind. In weiteren Schritten bildeten sie an dem Robotermodell eine Bewegungsstörung nach, wie sie aufgrund einer Erkrankung des Kleinhirns auftritt. Letztlich gelang es mit Ataro zu überprüfen, wie Patienten die Störung umgehen können, wenn man einzelne Muskeln durch äußere Reize stimuliert. In diesem Projekt ergänzten sich die Tests am Robotermodell und in biomechanischen Simulationen.

Allerdings haben die Simulationsmöglichkeiten mit der Einbeziehung von über 500 Muskeln im Menschen längst die Möglichkeiten der heutigen bioinspirierten Roboter überflügelt. Daher verwenden die Entwickler Roboter in der Regel nicht dazu, die Simulationssoftware mit den beobachteten Roboterbewegungen abzugleichen. Eher läuft es andersherum und die Simulationsergebnisse unterstützen die Entwicklung von Robotern oder Teilen davon.

Ein Beispiel ist der Beinroboter SH1, der aus zwölf pneumatischen Muskel-Feder-Einheiten besteht. Dieses Bein ist in seiner Geometrie einem linken menschlichen Bein nachempfunden. Es kann frei stehen und kleine Störungen ausregeln.

### Am Gang erkannt

Über die natürlichen Bewegungen hinaus existieren individuelle Bewegungsmuster, an denen man einen Menschen persönlich wiedererkennen kann, wenn dieser durch die Straßen geht oder läuft. „Wenn wir solche Bewegungsprofile in der Simulation analysieren, könnten wir im zweiten Schritt Roboter so ansteuern, dass sie sich menschlich bewegen beziehungsweise sogar die charakteristischen Bewegungsweisen eines bestimmten Menschen übernehmen“, sagt Schmitt.

Letztlich wäre eine Art kybernetischer Turing-Test denkbar: Kann man Roboter, die sich nach eigenem Steuerprogramm bewegen, noch von Robotern unterscheiden, die von einem Menschen ferngesteuert werden? Angesichts der harten Bewegungen, die selbstgesteuerte Roboter heute aufweisen, scheint eine Annäherung an menschliche Bewegungsabläufe noch

mulation bei Gutachten berücksichtigt. Dabei ging es aber nicht um das Verhalten lebender Menschen, sondern vielmehr um Kräfte, die auf passive Körper einwirken. Typische Fälle waren Verkehrsunfälle. Einfache Simulationen können helfen, anhand eines Kollisionspunkts und der späteren Lage eines Körpers die Anprallgeschwindigkeit zu ermitteln. Bei schweren Stürzen können Simulationen aufgrund der beobachteten Verletzungen einen Anhaltspunkt geben, aus welchem Stockwerk das Opfer heruntergefallen ist.

Einige kommerzielle Softwareprogramme erlauben derartige Analysen. Zudem gibt es auch bereits Tools, die wiederkehrende Bewegungsmuster simulieren, etwa das Hüpfen, Gehen oder Treppensteigen. Die muskelgetriebenen Aktionen eines kompletten Menschen mit unstrukturierten Bewegungen können diese Tools allerdings nicht nachbilden. Ebenso scheitern sie bei der Simulation von Unfällen, in denen sich Reflexe oder individuelle Bewegungseinschränkungen erheblich darauf auswirken, wie sehr sich ein Mensch verletzt.

### Anpassungsfähiger als Dummys

Einen großen Vorteil bietet die biomechanische Simulation eines vollständigen, lebenden Menschen für Automobilbauer, die Fahrgast- oder Fußgängerschutzsysteme entwickeln. Dummys sind nach wie vor sehr ungenaue und passive Menschenmodelle. Simulationen können leichter zu-

sätzlich zu Menschen mit Standardmaßen auch besonders kleine oder schwere Personen berücksichtigen. So lassen sich aufwendige Tests mit Dummys zumindest reduzieren.

Ein konkretes Simulationsprojekt, das sich Mitfahrern im Fahrzeuginneren widmet, soll helfen, die Arbeitsweise von Airbags im Kollisionsfall zu optimieren. Bei Reisen in größeren Wagen oder in künftigen autonomen Fahrzeugen kann es während der Fahrt vorkommen, dass sich die vorne Sitzenden zu den Mitreisenden hinten umwenden. Wie können Sicherheitssysteme sie im Fall eines Unfalls binnen 200 Millisekunden wieder nach vorne ausrichten, damit der Airbag sie schützen kann? „Unsere Simulationen zeigen, dass Reflexe sehr oft gerade schnellen Bewegungen entgegenwirken“, sagt Schmitt. Die Ingenieure stehen damit vor einem Dilemma.

### Bio-Roboter im Anmarsch

Parallel zur biomechanischen Simulation entstehen in Stuttgart bioinspirierte Roboter. Mit diesen funktionalen Maschinen versuchen die Forscher, die biologischen Funktionen im Körperinneren zu imitieren und so perspektivisch besonders natürlich wirkende Roboter zu entwickeln. Darüber hinaus gewinnen sie neue Erkenntnisse über die Biologie. Beispielsweise offenbart sich ihnen die sehr hohe funktionelle Integration im menschlichen Körper, die robotische Systeme derzeit bei Weitem

Jahrzehnte entfernt. Die Robotertechnik ist einfach noch nicht so weit.

Stattdessen könnten biomechanische Simulationen schon in naher Zukunft dazu verwendet werden, Rehabilitationsroboter zu steuern. Sogenannte Lokomotionsmaschinen trainieren heute mit Schlaganfall-patienten typische Bewegungsmuster ein. Aber oft erzeugen sie beim Patienten wenig geglättete oder sogar ungeliebte Bewegungen. Ein Simulationsprogramm, das den individuellen Patienten in der Loko-motionsmaschine und seine natürlichen Bewegungen realistisch abbildet, könnte die Maschine individuell ansteuern.

### Ausflug in virtuelle Welten

Zusätzlich zur Simulation individueller Menschen in der Realität ist auch deren Simulation in virtuellen Welten denkbar. So könnten Interessenten mit ihren persönlichen Avataren beispielsweise in Hausentwürfen von Architekten herumspazieren und ein Feedback erhalten, wie viel Anstrengung ihnen verschiedene Treppen-

formen bereiten werden. Soließe sich etwa beurteilen, welches Komfortempfinden die geplanten Türen oder die Deckenhöhen auf dem Dachboden und im Keller vermitteln.

Bereits heute gibt es Projekte in der Autoindustrie, die mit biomechanischer Simulation das Komfortempfinden in kommenden Fahrzeugmodellen bewerten. Dazu sollen unterschiedliche Personenmodelle beispielsweise den Einstieg in die virtuellen Fahrzeuge simulieren oder diverse typische Bewegungen durchführen, etwa den Anschnallgurt greifen und befestigen oder das Lenkrad verstauen.

Realistische Simulationsmodelle lebender Menschen mit ihren individuellen Einschränkungen und Bewegungen ermöglichen somit nicht nur, Unfall- und Tathergänge realistisch nachzuvollziehen. Sie können in Zukunft auch sehr individuelle Spielsituationen schaffen und die Entwicklung komfortabler Wohnungen und Fahrzeuge unterstützen. (agr@ct.de) **ct**

**Simulationssoftware Demoa:** [ct.de/yrqe](http://ct.de/yrqe)

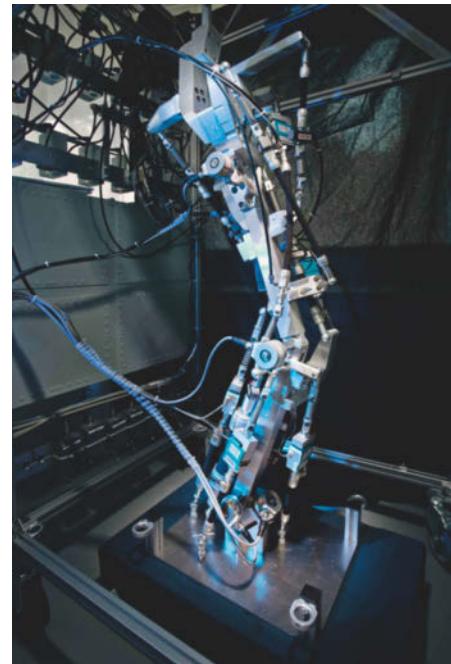


Bild: Uni Stuttgart

**Der Beinroboter SH1 setzt zwölf pneumatische Muskel-Feder-Einheiten ein, um frei zu stehen und dabei kleine Störungen auszugleichen.**

## ctFotografie

### Das Magazin von Fotografen für Fotografen



Drohnenfotografin und  
c't Fotografie-Autorin

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

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

Andrea Künstle



35%  
Rabatt



Jetzt bestellen:

[www.ct-foto.de/minabo](http://www.ct-foto.de/minabo)

### 2x c't Fotografie testen

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



[www.ct-foto.de/minabo](http://www.ct-foto.de/minabo)



+49 541/80 009 120



[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)

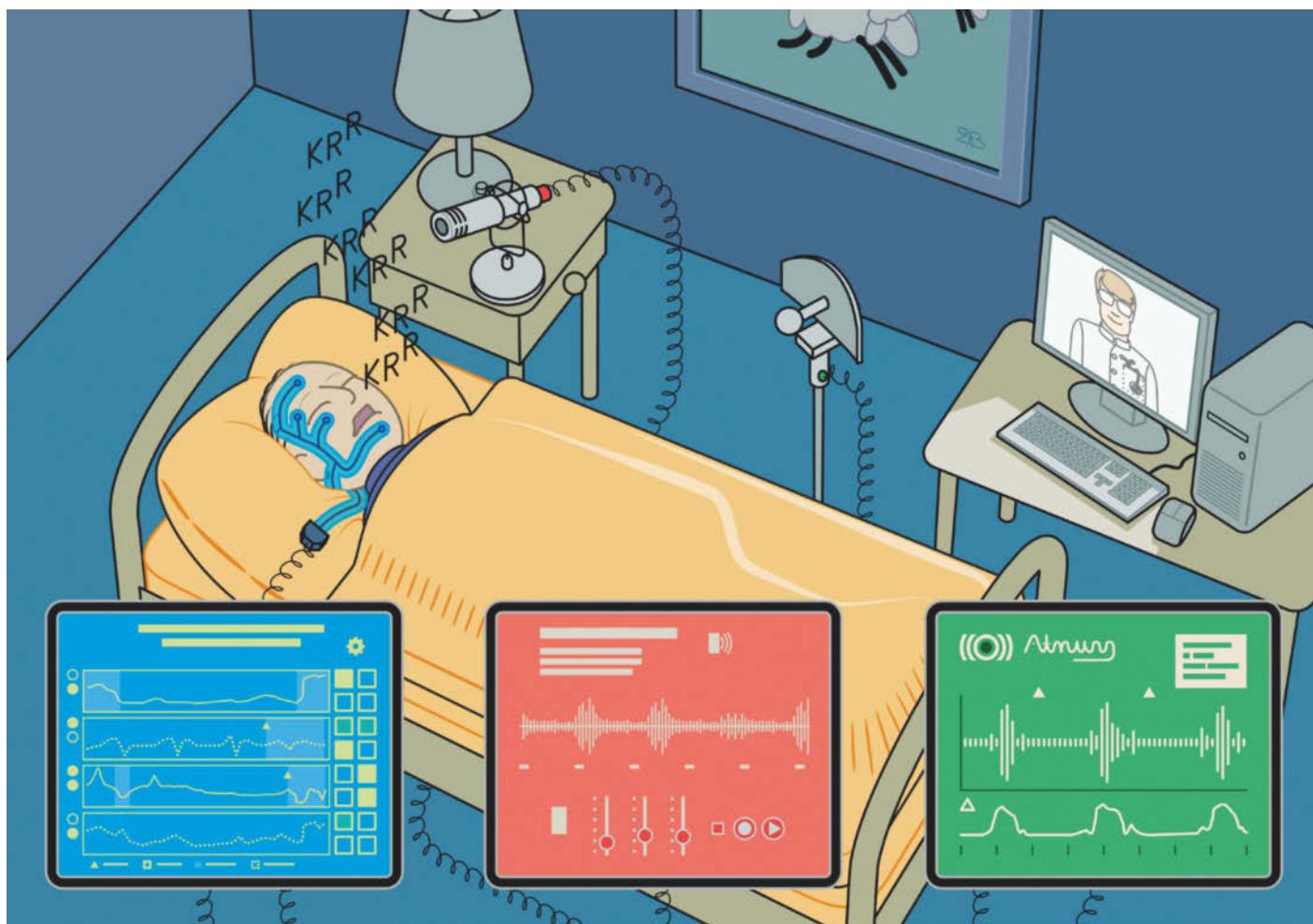


Bild: Rudolf A. Blaha

# Radarkontrolle am Bett

## EEG-Haftpatch und Radar bringen das Schlaflabor nach Hause

**Schlafprobleme sind verbreitet, Plätze im Schlaflabor hingegen rar. Mit möglichst wenig störender Sensorik wollen Forscher Biowerte während des Schlafs in gewohnter Umgebung messen – mit selbstklebenden Elektroden im Gesicht und Radargerät auf dem Nachttisch.**

Von Arne Grävemeyer

Wenn ein Mensch nachts nicht gut schläft oder sogar am Tag häufig kurz einnickt, dann können Mediziner das Schlafverhalten am gründlichsten nach ein oder zwei Nächten im Schlaflabor analysieren. Bei der sogenannten Polysomnografie kommt die ganze Palette verfügbarer Messmethoden zum Einsatz: Die Aufnahme der Hirnströme (Elektroenzephalografie, EEG) erkennt die Schlafphasen und den Traumschlaf, das Elektrokardiogramm (EKG) verfolgt Herzfrequenz und -rhythmus, Mikrofone belauschen die Schnarchgeräusche, ein Brustgurt misst die Atembewegungen, Elektroden messen die Muskelspannung des Kinns sowie

Beinmuskelbewegungen, ein Fingersensor die Sauerstoffsättigung des Blutes, ein anderer Sensor den Atemfluss und eine Infrarotkamera behält Körperlage und Schlafbewegungen im Blick. Weitere Messungen etwa des Blutdrucks oder von nächtlichen Erektionen können hinzukommen.

Ein Patient, der solchermaßen mit vielen Elektroden, Sensoren, Gurten und Schnallen ausstaffiert, von Kameras überwacht und von Pflegenden betreut wird, schläft im Labor möglicherweise in der ersten Nacht gar nicht ein – auf jeden Fall ist die Situation anders als daheim. Trotz der vielfältigen Messmethoden sind die

alltäglichen Schlafprobleme eines Patienten dann im Schlaflabor nicht zu beobachten. Abgesehen davon sind die Plätze in den gut ausgestatteten Schlaflaboren begrenzt, lange Wartelisten für Termine sind die Folge.

Ein Team um Insa Wolf am Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie (IDMT) in Oldenburg arbeitet an komfortableren Sensorsystemen, die man sich vor dem Einschlafen selbst anlegen kann und die den Schlaf in den eigenen vier Wänden möglichst wenig stören. Zentrale Komponenten sind ein selbsthaftendes Elektrodenpatch für das EEG und ein Radargerät auf dem Nachttisch.

### EEG zum Selbermessen

Bereits vor sieben Jahren ist an der Universität Oldenburg das sogenannte cEE-Grid entwickelt worden, eine biegsame, C-förmige Elektrodenschablone, die hinter das Ohr geklebt wird und mobile EEG-Aufnahmen außerhalb des Labors ermöglicht. Dieses System haben die Forscher am IDMT nun weiterentwickelt. Ihr heutiges flexibles und weiches Elektrodenpatch haftet auf einer Gesichtshälfte und hinter dem Ohr. Es umfasst inzwischen acht Elektroden, um Hirnaktivität als EEG und Augenbewegungen mittels einer Elektrookulografie (EOG) zu erfassen. Zwei weitere beobachten die Muskelbewegungen am Kinn. Ein leitfähiges Material an den Elektroden senkt den elektrischen Widerstand zur Haut. Durch eine Klebefläche bleibt das Patch auch ohne Kopfband und ohne permanenten Druck an Ort und Stelle. Allerdings ist es für einen ausreichenden Halt auf haarlose Hautstellen angewiesen.

Beim Anlegen kann sich der Patient an zwei markanten Punkten am Kopf orientieren. Das ist erstens der Tragus-Knorpel vor dem Ohr und zweitens die Erhebung des Jochbeins oberhalb der Wange. Geplant sind künftig drei Größenvarianten für das Elektrodenpatch. Kleinere Unterschiede zwischen individuellen Kopfformen gleicht der Träger aus, indem er das elastische, biegeschlaffe Material in der benötigten Form auflegt. In Labortests mit einem Prototypen gelang es zwölf Probanden beim ersten Versuch, das Patch anzulegen. Sechs von ihnen erzielten allerdings mit ein oder zwei Elektroden, meist denen hinterm Ohr, keine optimale Signalqualität, mit den übrigen Elektroden aber schon.

„Die Messungen im Schlaflabor sind sicherlich der Goldstandard. Das gilt auch

für das EEG dort mit zehn oder mehr Einzelelektroden über den Kopf verteilt und weiteren Elektroden, um Augen- und Muskelaktivitäten aufzunehmen. Aber die Daten aus unserem mobilen EEG sind inhaltlich und qualitativ sehr ähnlich“, berichtet Wolf gegenüber c't. Im Prinzip wird aus den Messungen der am Kopf verteilten Elektroden und den Differenzen zwischen ihnen eine Karte der Hirnaktivität erstellt. Das sei auch mit Elektroden möglich, die enger beieinander liegen, wenngleich das Signal-Rausch-Verhältnis dann ungünstiger ist, sagt Wolf.

Anders als im Schlaflabor, wo Mediziner die EEG-Messungen auswerten, setzen die Oldenburger auf autonome Auswertungen mittels Machine-Learning-Verfahren. Damit wird es im Hausgebrauch möglich, die verschiedenen Schlafphasen in den EEG-Daten zeitlich zuzuordnen. Die Ergebnisse zeigten in Vergleichstests eine Qualität, die der Einschätzung von Medizinern nahekommt.

### Jede Regung auf dem Schirm

Einen großen Schritt hin zu weniger Sensoren am Körper bedeutet der Einsatz eines Radargeräts auf dem Nachttisch, das vor allem die Atmung des Schlafenden beobachtet. Dafür ist am IDMT ein unscheinbarer schwarzer Prototyp entstanden, der  $15 \times 12 \times 6$  Zentimeter misst. Das Radar hat einen Wirkungsradius von etwa drei Metern in den Raum hinein und Beobachtungswinkel horizontal und vertikal von jeweils 120 Grad. „Außer Metall und Wasserflächen durchdringen die Funkwellen die meisten

## c't kompakt

- Ein EEG-Pflaster mit Klebeeletroden können Anwender zu Hause eigenständig anlegen.
- Kombiniert mit Radar und Mikro lassen sich damit schon viele für Schlaflabore typische Daten aufnehmen.
- Langzeitdaten aus dem gewohnten Schlafumfeld versprechen neue wissenschaftliche Erkenntnisse.

Materialien und machen die Bewegungen eines menschlichen Körpers sehr gut sichtbar“, sagt IDMT-Forscher Lars Hornig. Es gibt also keine Einschränkungen für das Bettzeug oder den Schlafanzug. Das Radargerät muss lediglich auf die schlafende Person ausgerichtet werden und in unmittelbarer Nähe zum Bett stehen.

Das Radar erkennt Abstandsänderungen im Submillimeterbereich und verfolgt die Bauchbewegungen beim Atmen. Dabei kommt es dem System zugute, dass sich der Bauch beim Einatmen in alle Richtungen ausdehnt. Auch wenn sich ein Schlafender etwa gedreht hat, lassen sich die Atembewegungen aus fast jeder Richtung erkennen. In Versuchen erzielte das Radar ähnlich gute Erkennungsergebnisse wie ein typischer Brustgurt im Schlaflabor.

Zusätzlich zur Atemfrequenz kann das Radar auch die schnellere Pulsfrequenz



Bilder: Fraunhofer IDMT/Anika Bödecker

**Das flexible Elektrodenpatch sollen Anwender selbst anlegen können, bevor sie schlafen gehen. Die Entwickler haben für ihre mobile EEG-Sensorik inzwischen auch modische Tattoo-Muster entworfen.**



**Berührungslos vom Nachttisch aus misst ein Radargerät die Atmung und registriert zudem unruhige Schlafbewegungen.**

erkennen und ebenso sporadische Bewegungen von Armen und Beinen. Es erkennt damit Bewegungen der Extremitäten besser als Schlaflabore, die oft nur Elektroden an einem Unterschenkel anbringen und damit unruhige Muskelaktivitäten an diesem einen Bein erfassen.

Die Identifikation der unterschiedlichen Signale in den Radarmessungen erfolgt über regelbasierte Algorithmen, die die gemessenen Frequenz-Peaks analysieren. Selbst wenn die schlafende Person sich bewegt und von einer Seite auf die andere wälzt, greifen diese Algorithmen im Anschluss die Erkennung von Atembewegungen und Puls wieder auf und registrieren auch weitere Bewegungen der Extremitäten.

Das Radar für die Schlafforschung arbeitet mit einer Funkfrequenz zwischen 60 und 64 Gigahertz. Geltenden EU-Richtlinien zufolge sind Frequenzen im Gigahertz-Bereich unverdächtig, in den menschlichen Körper einzudringen; sie könnten höchstens die Haut erwärmen. So haben die Forscher zusätzliche Studien zurate gezogen. Mithilfe dieser Vorarbeiten berechneten sie, dass ein 60-Gigahertz-Radar, wenn es in nur zehn Zentimeter Abstand zu einer nackten Handfläche aufgestellt ist und dauerhaft misst, eine Leistungsdichte von 0,063 Milliwatt auf einen Quadratzentimeter erzeugt. Der Temperaturanstieg auf der Haut betrüge in diesem konstruierten Fall dauerhaft weniger als 0,01 Grad.

### Mikrofon blendet Sprache aus

Ein zusätzliches Mikrofon unterstützt das mobile Schlaflabor durch akustische Aufnahmen. Mit ihnen lassen sich Schnarchen, Röcheln oder Hustenanfälle zusätzlich analysieren. Um diese Signale zu verarbeiten, haben die Forscher eigens eine

künstliche Intelligenz entwickelt, die die verschiedenen Atemgeräusche klassifiziert.

Ein Schutz der persönlichen Daten ist direkt mit eingebaut: Die KI erkennt Sprachäußerungen und unterdrückt deren Aufnahme. Ebenso wird die Aufnahme gestoppt, wenn Stimmen anderer Personen im Raum zu hören sind. Die Patienten sollen sich in ihren eigenen vier Wänden sicher fühlen können. Weder können Mithörer aus den aufgezeichneten Audiodaten Informationen gewinnen, die im Schlaf oder vor dem Einschlafen gesprochen worden sind, noch soll es möglich sein, Besucher über ihre aufgenommenen Stimmen zu identifizieren.

### Sensordaten ergänzen sich

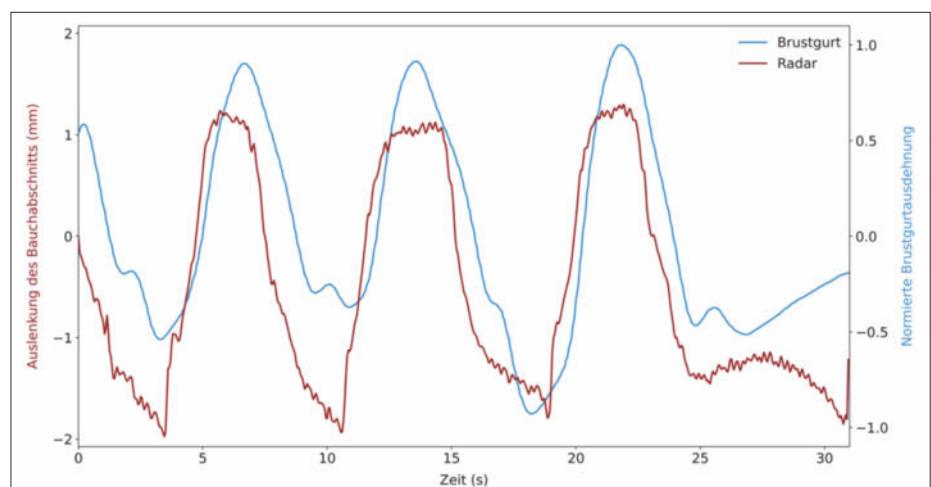
In vielen Situationen ergänzen sich die Messergebnisse der unterschiedlichen Sensoren. Beispielsweise erkennt das Radar eine Tiefschlafphase an einer besonders ruhigen und entspannten At-

mung. Aber erst durch die parallele EEG-Messung lassen sich die unterschiedlichen Schlafphasen sicher unterscheiden und auch zeitlich genau bestimmen.

Und auch wenn das Radargerät selbst die schnellen Pupillenbewegungen im REM-Schlaf registrieren könnte, erfassen die EOG-Elektroden am Auge dieses Phänomen zuverlässiger. Die EEG-Daten zeigen überdies, ob damit ein gesunder Traumschlaf einhergeht.

Ein heikler Punkt ist die Schlafapnoe, der zeitweilige Atemstillstand während des Schlafes. Derartige Atemaussetzer in der Nacht führen, wenn sie gehäuft auftreten, zu Tagesmüdigkeit und begünstigen Sekundenschlaf im Tagesablauf. Sie haben zudem langfristige Auswirkungen, die bis zum Herzinfarkt oder Schlaganfall reichen können. Auch die Atemaussetzer erkennt das Radar. Aber das Zusammenspiel aus einem Anstieg des Kohlendioxidgehalts im Blut, der darauf folgenden Alarmreaktion im Gehirn und der resultierenden Weckreaktionen offenbaren erst die Blutsauerstoffmessung und das EEG. Nur damit lässt sich auch nachweisen, ob der Schlafende in gesundem Schlaf alle Schlafphasen durchlaufen hat oder ob er die tiefe Schlafphase aufgrund häufiger Atemaussetzer nie erreichte.

Derzeit sieht das mobile Schlaflabor noch vor, die Sauerstoffsättigung im Schlaf durch einen Fingersensor zu messen. Die Hoffnung der Forscher ist es, diese Funktion in Zukunft in das EEG-Grid zu integrieren. Ebenso wollen sie dort noch eine Pulsmessung mit einbauen. Ein Wermutstropfen ist, dass das System derzeit um einen einfachen Brustgurt nicht herum-



**Im Vergleich zur Messung mit einem Brustgurt zeigt auch die Radarmessung zu denselben Zeitpunkten an, wie sich der Brustkorb beim Atmen hebt und senkt.**

kommt. Dieser trägt zwar keine Sensorik, ist aber erforderlich, um einen EEG-Verstärker festzuhalten.

Es gibt bereits andere mobile EEG-Messsysteme, die der Anwender selbst anlegen kann, beispielsweise ein Kopfband mit Trockenelektroden des französischen Anbieters Dreem. Ein Problem bei derartigen Systemen ist allerdings, dass das Kopfband die Elektroden mit einer gewissen Kraft andrücken muss, damit der Kontakt zur Haut sicher funktioniert. Das kann eine Person bei EEG-Messungen über die ganze Nacht belasten. Sollten die Elektroden sich doch während der Messung bewegen oder verrutschen, mindert das die Aussagefähigkeit des EEGs.

### Blick in viele Schlafzimmer

Das EEG-Grid für zu Hause planen die Oldenburger im Frühjahr 2023 einsatzbereit zu haben. Den zugehörigen EEG-Verstärker samt einfacherem Brustgurt wollen sie bis dahin mit Industriepartnern umsetzen. Offen ist allerdings noch die Zukunft des mobilen Schlaflabors für zu Hause. „Wir könnten uns vorstellen, dass das als ein Consumer-Produkt für Privatleute angeboten wird, es ist aber auch vorstellbar, dass es in Zukunft als ein Produkt der Gesundheitsversorgung auf Rezept erhältlich ist“, sagt Wolf. Denkbar wäre auch, dass Hausärzte das System im Rahmen turnusmäßiger Screenings anbieten und dabei zur korrekten Benutzung anleiten.

Die Forscher können sich auch eine therapeutische Funktion des mobilen Schlaflabors vorstellen. Ein System, das die unterschiedlichen Schlafphasen beobachtet, könnte in Zukunft diese Phasen unterstützen und den Schlaf durch gezielte akustische Stimulation verbessern. Voraussetzung dafür, ein solches System zu entwickeln, ist es allerdings, zunächst in breitem Umfang Schlafdaten zu erheben.

### Das EEG im Alltag

Weitere Forschungen in Oldenburg beziehen sich darauf, epileptische Anfälle automatisiert zu erkennen. Das mobile EEG ermöglicht ein Dauermonitoring, tags und nachts, und soll helfen, mehr über die Entstehung und den Ablauf epileptischer Anfälle zu lernen. Ohne mobiles EEG sind die Betroffenen darauf angewiesen, ihre Anfälle und Beobachtungen selbst zu dokumentieren, beispielsweise in einem Tagebuch. Dabei bleiben viele Anfälle zum Beispiel im Schlaf unentdeckt. Ein mobiles



Bilder: Fraunhofer IDMT/Anika Bodecker

**Der sogenannte Phantom Head (links)** ist ein Kunstkopf mit einer leitfähigen Schicht aus Gelatine und integrierten elektrischen Quellen. Damit simuliert er elektrische Gehirnaktivität und hilft, Alternativen zur EEG-Haube (rechts) zu entwickeln.

EEG verspricht dazu vollständigere und genauere Daten.

Auch bei Autofahrern könnten mobile EEG-Grids in Zukunft an Bedeutung gewinnen, nämlich wenn es darum geht, den mentalen Zustand des Fahrers zu beurteilen. Ein Beispiel wäre das autonome Fahren, wenn das Fahrzeug situationsbedingt die Kontrolle wieder an den Fahrer übergeben muss. Ist der aber nach langer autonomer Fahrt überhaupt für die Übergabe bereit? Ein EEG könnte darüber Aufschluss geben.

Um die Akzeptanz mobiler EEG-Grids zu steigern, versuchen die Entwickler nicht mehr, die Klebeeletroden zu verstecken oder in Hautfarben auf der Haut verschwinden zu lassen. Sie haben bereits Versionen als hübsche Klebe-Tattoos gestaltet, etwa in Form von Blumenornamenten oder für das mobile Schlaflabor mit Sternen- und Planetenmustern.

Auch für den Radar-Atemsensor sind noch weitere Anwendungsfelder vorstellbar. Der könnte in Zukunft berührungslos die Atmung von Säuglingen und Kleinkindern überwachen und damit zum Beispiel auch Bestandteil eines Schutzkonzepts sein, das den plötzlichen Kindstod verhindern soll. Im Krankenhaus gibt es überdies Probleme, Brandopfern einen Brustgurt anzulegen. Auch für diese Fälle bietet die Überwachung per Radar eine Unterstützung.

### Fazit

Die Technik des mobilen Schlaflabors kann das umfassende Schlaflabor nicht ersetzen, sie bietet aber eine besser handhabbare Lösung, die der Patient in seiner gewohnten Schlafsituation einsetzen kann. Dadurch, dass die überwachte Person nur sehr wenig Sensorik anlegen muss, ermöglicht das mobile Schlaflabor auch Messungen über längere Zeiträume und den Einsatz in weiten Bereichen der Bevölkerung. Das könnte der Forschung zahlreiche neue Daten liefern und beispielsweise helfen, Zusammenhänge zwischen Depressionen und Schlafstörungen aufzudecken. Heute rätseln einige Mediziner, ob Depressionen die Ursache für Schlafprobleme sind oder ob Schlafstörungen nicht ihrerseits Auslöser für Depressionen sein können.

Ebenso hoffen einige Wissenschaftler, mit umfangreichen Daten aus Reihenuntersuchungen und Langzeitdaten der Schlafbeobachtung die Entwicklung neurodegenerativer Erkrankungen wie der Alzheimer Krankheit zu beobachten. Das könnte dazu führen, dass Ärzte derartige langsam fortschreitende Krankheiten in Zukunft früher erkennen können.

(agr@ct.de) ct

### Literatur

- [1] Michael Link, *Schlafografie, Wie genau Schlaftacker messen*, c't 18/2022, S. 126

# Für Wissenshungrige...

## Ausgewählte Fachliteratur



Wolfram Gieseke

### Windows 11 – Das Praxisbuch

Der ideale Begleiter für den PC-Alltag mit Windows 11. Mit Schritt-für-Schritt-Lösungen, direkt umsetzbaren Praxisrezepten sowie zahlreichen Tipps und Tricks führt es Sie durch alle wichtigen Themen und erleichtert Ihnen so die Arbeit mit Windows.

19,95 €



Brian Svidergol, Bob Clements, Charles Pluta

### Microsoft 365 Mobilität und Sicherheit

Bereiten Sie sich auf die Microsoft-Prüfung MS-101 vor und zeigen Sie, dass Sie die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse für die Verwaltung von Mobilität und Sicherheit in Microsoft 365 sowie die damit verbundenen Verwaltungsaufgaben in der Praxis beherrschen. Dieses Prüfungstraining wurde für erfahrene IT-Profis entwickelt.

49,90 €

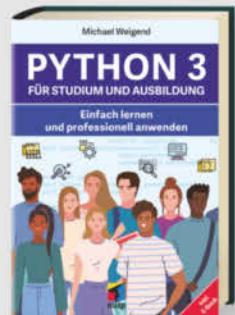


Eric Amberg, Daniel Schmid

### Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (2. Auflage)

Dies ist ein Leitfaden für angehende Hacker, Penetration Tester, IT-Systembeauftragte, Sicherheitsspezialisten und interessierte Poweruser. Mithilfe vieler Workshops sowie Tipps und Tricks lernen Sie die Vorgehensweise eines professionellen Hacking-Angriffs kennen.

49,99 €



Michael Weigend

### Python 3 für Studium und Ausbildung

Alle wichtigen Grundlagen der Python-Programmierung werden erklärt. Es sind keine Vorkenntnisse notwendig und die Themen werden fachunabhängig erläutert.

19,99 €



Christian Immler

### Haus und Wohnung smart vernetzt

Ob Sie Daten, Musik und Medien im ganzen Haus nutzen, Ihr WLAN optimieren oder per App aus der Ferne Ihre Heizung anstellen, diese und weitere relevante Themen rund um Ihr vernetztes Zuhause werden in diesem Buch ausführlich besprochen.

19,95 €

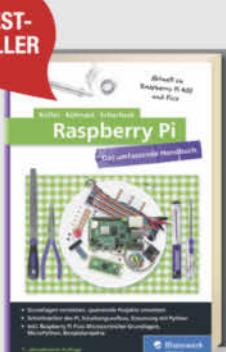


Thomas Kaffka

### 3D-Druck – Praxisbuch für Einsteiger (3. Auflage)

Entdecken Sie die nahezu unbegrenzten Möglichkeiten des 3D-Drucks in allen Varianten: vom Einsatz des eigenen 3D-Druckers zu Hause über die Verwendung von öffentlich zugänglichen Druckern bis hin zur Nutzung von 3D-Druckservices.

29,99 €



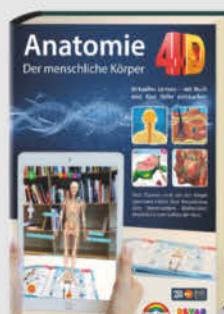
BEST-SELLER

Michael Kofler, Charly Kühnast,  
Christoph Scherbeck

### Raspberry Pi (7. Auflage)

Das Standardwerk in 7. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi Pico. Die RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten Ihnen auf über 1.000 Seiten das komplette Wissen, damit Sie mit dem Raspberry Pi richtig durchstarten.

44,90 €



### Anatomie 4D – Der menschliche Körper

Mithilfe einer kostenlosen App und bahnbrechender Augmented Reality kann der Aufbau der Knochen, die Muskeln in Aktion, das Nerven- und Kreislaufsystem sowie das größte menschliche Organ, die Haut, beobachtet werden.

14,95 €



[shop.heise.de/highlights2022](http://shop.heise.de/highlights2022)

© Copyright by Heise Medien

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS



## Zubehör und Gadgets



### ParkLite

ParkLite denkt mit. Die elektronische Park-scheibe stellt automatisch nach ca. 20 Sekunden die Parkzeit ein. Damit ist Schluss mit Bußgeldern! Hitze- und kältebeständig, inklusive Reinigungstuch und Klebefpads.

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.

23,90 €

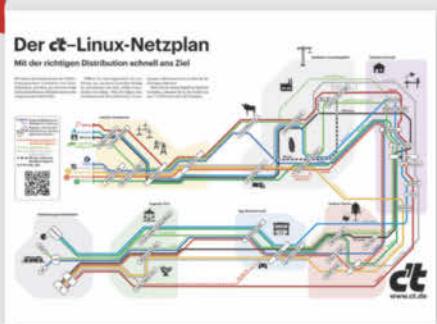


### musegear® finder Version 2

Finden Sie Schluessel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24,90 €

NEU



### c't-Linux-Netzplan

Entdecken Sie Linux auf eine ganz neue Art – als Netzfahrplan im A2-Format. Die verschiedenen Linux-Distributionen fahren wie U-Bahn-Linien durch die Landschaft und halten an Stationen, die für unterschiedliche Eigenschaften und Features stehen. Verfolgen Sie die Fahrt Ihrer Lieblings-Distribution durch das Hardware-Gewerbegebiet über das Fashion-Viertel bis zum Upgrade-Park.

9,90 €



### 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.

109,90 €



### Tasse „Kein Backup? Kein Mitleid!“

Wer kennt es nicht? Die lieben Kollegen haben wieder mal die Datensicherung vergessen und betteln bei Ihnen in der IT-Abteilung um Hilfe. Sie denken sich dabei nur: „Kein Backup? Kein Mitleid!“ Platzieren Sie die schicke Keramiktasse, außen matt-schwarz und innen rot, einfach demonstrativ auf Ihrem Schreibtisch. Der praktische Holzdeckel kann gleichzeitig als Untersetzer verwendet werden und verhindert somit nervige Kaffeeflecken auf dem Schreibtisch.

17,90 €



### Joy-IT OR750i: Freifunk- & OpenWrt-Dual-Band-Router

Der Einstieg in die Freifunk- und OpenWrt-Welt kann oft schwierig sein. Deshalb hat Joy-IT in Zusammenarbeit mit Freifunk Hannover und c't den OR750i entwickelt.

Dank Webinterface kann man beliebige Firmwares einfach hochladen – ohne komplizierte Kommandos oder inkompatible Hardware-Revisionen; ideal für OpenWrt-Einsteiger und solche, die Freifunk einfach nur nutzen wollen.

39,90 €



### REINER SCT Authenticator

Der REINER SCT Authenticator speichert die elektronischen Schlüssel für die Logins sicher in seiner Hardware und generiert die TOTP-Einmalpasswörter hochgenau alle 30 Sekunden. Er arbeitet ohne Internetverbindung und kann deshalb online nicht angegriffen werden. Zusätzlich kann seine Funktion noch mit einem PIN-Schutz abgesichert werden.

44,90 €



### „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 alle Signale.

39,90 €



Bild: KI-Bildgeneratoren Midjourney & Dall-E 2

# Sprudelnder Datenquell

## Schöner programmieren mit öffentlichen APIs

**Programmieren macht Spaß – am meisten, wenn man mit echten Daten arbeitet und daraus etwas Neues erschafft. Nicht immer muss man diese Daten selbst sammeln, es gibt zahlreiche Programmierschnittstellen, die wertvolle Datensätze anzapfen. Wir zeigen, wie die öffentlichen Schnittstellen funktionieren und stellen die Lieblings-APIs der Redaktion vor.**

Von Jan Mahn

Programmieranfänger, eingefleischte Profis und KI-Spezialisten suchen alle nur das Eine: Daten zum Verarbeiten, Auswerten und Kombinieren. Denn ausnahmslos jede Software, vom ersten Programmierübungsstück bis zur Milliarden-Dollar-Idee, funktioniert gleich: Sie nimmt Daten entgegen, verarbeitet sie und gibt sie in irgendeiner Form wieder aus.

In den ersten Lektionen der meisten Programmereinführungen behilft man sich mit trivialen Daten: Übungsprogramme nehmen zum Beispiel zwei Werte für Seitenlängen eines Dreiecks entgegen und berechnen den Flächeninhalt. Eltern und Lehrer, die mit solchen Beispielen versuchen, den Nachwuchs von der Faszination

der Programmierkunst zu überzeugen, machen schnell die Erfahrung: So richtig mitreißend sind solche Zahlenspiele nicht. Und auch Erwachsene, die eine Programmiersprache lernen, lassen solche Übungen nur dann über sich ergehen, wenn sie schon wissen, was sie am Ende des Lernpfads erwartet: Die Fähigkeit, Daten auf neue und kreative Art zu nutzen, zu kombinieren und auf nützliche oder unterhaltsame Weise auszugeben.

Frisch aus  
**ct Nerdistan**

### Spannendere Daten

Dabei gibt es nützliche und gut aufbereitete Datensätze im Internet an jeder Ecke. Behörden, öffentliche Einrichtungen und Unternehmen stellen sie in Form von Pro-

## c't kompakt

- Programmierschnittstellen, die nützliche Daten bereitstellen, gibt es viele – oft sind sie kostenlos.
- Mit APIs entstehen nützliche Automationen und anschauliche Visualisierungen.
- Staatliche API-Anbieter dokumentieren ihre APIs oft nicht. Dann müssen Freiwillige einspringen und diese Arbeit erledigen.

The screenshot shows the GovData portal interface. At the top, there's a navigation bar with links for 'Startseite', 'Anmelden / Registrieren', 'FAQ', and 'Kontakt'. Below the navigation is a search bar with placeholder text 'Nach Datensätzen suchen' and a 'Suchen' button. To the right of the search bar are buttons for 'Erweiterte Suche' and 'Kartensuche'. The main area displays search results for '4819 Treffer'. A filter sidebar on the left lists categories like 'Bevölkerung und Gesellschaft', 'Bildung, Kultur und Sport', 'Energie' (which is checked), 'Gesundheit', 'Internationale Themen', 'Justiz, Rechtssystem und öffentliche Sicherheit', 'Landwirtschaft, Fischerei, Forstwirtschaft und Nahrungsmittel', 'Regierung und öffentlicher Sektor', and 'Regionen und Städte'. The 'Energie' category has a count of 4819. The results page shows a list of datasets, with one entry for 'Online-Anliegen - extern' highlighted. This entry includes details like 'Dateiformate: XML, WFS, HTML', 'Letzte Änderung: 22.04.2016', and 'Zeitraum:'. There are also buttons for 'zurücksetzen' and 'zum Datensatz'.

grammierschnittstellen (APIs) und als Tabellen ins Netz. Sie abzurufen und in eigenen Programmen zu nutzen, gelingt in jeder Programmiersprache, die mit einem HTTP-Webserver kommunizieren kann. Die Grundlagen einer Programmiersprache wie `for`, `while`, `if` und die Funktionsweise von Variablen und Datenstrukturen kann man mit echten Daten anschaulich und alltagsnah erlernen.

Das Angebot an APIs ist so groß, dass man bei Streifzügen durchs Internet die Übersicht verlieren kann. Auf den folgenden Seiten haben wir gute und nützliche APIs zusammengetragen – versehen mit Projektideen und Anregungen, was Sie mit den Daten anrichten können. Denn ganz egal, ob Sie selbst Ihr Programmierwissen mit einem Projekt vertiefen, mit Kindern programmieren oder für Ihre Firma wertvolle Daten im Intranet einbinden wollen: APIs sind für alle da!

### Statische Daten

Zunächst sind da statische Datensätze. Solche stellen meist Behörden im Rahmen eines Open-Data-Programms als CSV- oder gar als XLSX-Datei ins Internet, verschiedene staatliche Stellen betreiben dafür Open-Data-Portale mit Suchfunktionen. Programmieren kann man mit solchen Daten vor allem Datenanalysen und Visualisierungen. Das größte Problem: Viele solcher Datensätze sind regional – und teilweise sehr speziell. So bekommt man etwa beim Straßenbahnbetreiber VAG Nürnberg eine CSV-Tabelle mit den Höhenunterschieden zwischen Tram und Bahnsteig. Außerhalb von Nürnberg sind diese Informationen aber ziemlich wertlos. Dass es einen genauso

**Die Geschäfts- und Koordinierungsstelle GovData betreibt ein Portal, das Open-Data-Initiativen von Bund, Ländern und Kommunen sammelt. Dort gibt es vor allem statische Datensätze.**

formatierten Datensatz in einer anderen Stadt gibt, ist äußerst unwahrscheinlich.

Ein anderes Problem: Um die Aktualität ist es nicht immer gut bestellt. Beim Stöbern durch die Open-Data-Portale gewinnt man teils den Eindruck, hier wurde eine Abteilung einer Behörde einmalig genötigt, etwas beizutragen. Dann liegt eine Excel-Datei aus dem Jahr 2017 in der Sammlung, nach Daten für die Folgejahre sucht man vergebens.

Wenn Sie trotz dieser Einschränkungen mit Open-Data-Datensätzen arbeiten und die Möglichkeiten erkunden wollen, ist in Deutschland das Portal [govdata.de](http://govdata.de) die erste Anlaufstelle. Dort findet man einen durchsuchbaren Katalog, in den Behörden auf Kommunal-, Länder- und Bun-

desebene Daten einstellen. An Stellen, die in Deutschland Open-Data-Initiativen koordinieren und Konzepte erarbeiten, mangelt es nicht. Leser aus Österreich finden eine vergleichbare staatliche Datenplattform unter [data.gv.at](http://data.gv.at). In der Schweiz betreiben Bund, Kantone und Gemeinden gemeinsam das Portal [opendata.swiss](http://opendata.swiss).

### Richtige APIs

Mehr Spaß macht das Programmieren mit echten Programmierschnittstellen. Damit sind nicht nur einmalige Auswertungen und Visualisierungen möglich, sondern auch dynamische Anwendungen, die täglich, stündlich oder alle fünf Minuten frische Daten beziehen und darauf reagieren. Eine Smart-Home-Automation könnte

### Tipp für Eltern und Lehrer: Abstrahieren

Der Code, der HTTP-Aufrufe absetzt, eventuelle Fehler abfängt und Parameter sowie Header definiert, ist – je nach Programmiersprache und Klasse – nicht gerade einsteigerfreundlich und schön zu lesen. Wer mit seinen Kindern programmieren will oder als Lehrer im Unterricht mit APIs arbeiten möchte, kann diesen Code am Anfang in einer Funktion verstecken und diese in eine andere Datei auslagern. Eine schlanke Funktion wie `getObjects()` erledigt alles, was zum Abrufen benötigt wird.

Darin versteckt man alle Parameter und gibt ein fertiges Datenobjekt zurück, mit dem dann gearbeitet wird.

Erst wenn die Schüler tiefer in der Materie stecken und verstehen, was es mit HTTP, Headern und JSON auf sich hat, muss man diese Black-Box öffnen. Dass es beim Programmieren Black-Boxen gibt, gehört zum Handwerk dazu – kaum ein Programmierer schaut sich jede Bibliothek und jeden Hardware-Treiber von innen an, bevor er damit arbeitet.



## Wörterbuch: Pons-API

Wie schreibt man das Wort noch mal im Spanischen? Sagt man das wirklich so in England? Antworten auf solche Fragen liefert in den meisten Haushalten schon lange kein gedrucktes Wörterbuch mehr. Schnell in den Suchschlitz einer Suchmaschine eingetippt und das Online-Angebot eines Wörterbuchverlags gibt Auskunft. Bei Pons bekommt man die Antwort auf Wörterbuchfragen nicht nur hübsch formatiert im Browser, sondern auch von einem JSON-API – und zwar ganz offiziell und vom Anbieter dokumentiert.

Die Voraussetzungen: Man braucht einen Account auf der Seite, muss einem Link auf eine (englische) Einstellungsseite folgen, dort den Nutzungsbedingungen zustimmen und ein API-Token abrufen. Dann darf man bis zu 1000 Anfragen im Monat stellen. Das reicht, um ein kleines Helperlein für die Kommandozeile zu bauen oder einen eigenen Vokabeltrainer, der sich Worte aus dem Wörterbuch beschafft. Wer das API kommerziell nutzen will und höhere Limits braucht, kann das Unternehmen kontaktieren. Das API beherrscht die wichtigsten europäischen Sprachen, darunter neben Deutsch auch Englisch, Griechisch, Spanisch, Französisch, Italienisch und Polnisch.

Die Links zur Pons-Dokumentation und zur Einstellungsseite, die einen Schlüssel erzeugt, finden Sie über [ct.de/yyp9](http://ct.de/yyp9).

- ⬆️ offizielles API mit Dokumentation
  - ⬇️ Antworten mit HTML-Anteilen
- Preis: 1000 Anfragen /Monat kostenlos



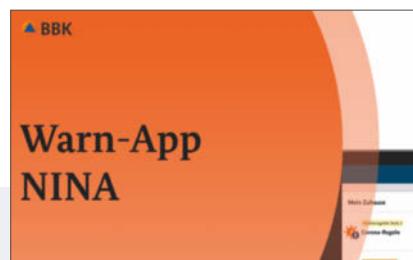
## Nachrichten: Tagesschau-API

Die Nachrichten der Tagesschau gibt es nicht nur auf den bekannten Wegen, also im linearen Fernsehen um 20 Uhr, im Browser unter [tagesschau.de](http://tagesschau.de) und in einer App: Die Inhalte erscheinen auch per API. Das wird von den Betreibern nicht für kreative Programmierprojekte beworben und ist auch nicht öffentlich dokumentiert. Diese Arbeit hat der Entwickler Andreas Fischer erledigt, seine Dokumentation ist im Katalog von [bund.dev](http://bund.dev) zu finden.

Das API gibt sehr brauchbare und gut filterbare JSON-Datensätze zurück, die eher zu viele als zu wenig Informationen enthalten. Alle eingebetteten Fotos und Videos sind mit Schlagwörtern und Beschreibungen versehen. Filtern kann man unter anderem nach Bundesland und nach Themengebiet (Inland, Ausland, Sport, ...) und Eilmeldungen tragen das Attribut breakingNews: true. Weil auch die Links zur Meldung auf [tagesschau.de](http://tagesschau.de) in den Daten enthalten sind, hat man schnell eine individuelle Nachrichten-Anwendung mit Links ins Internet gebaut. Über einen eigenen Endpunkt kann man Nachrichten auch nach Schlagwörtern durchsuchen.

Weil das API nicht direkt für eigene Projekte gedacht ist, sondern eigentlich die offizielle App beliefert, gibt es auch keine Benutzerverwaltung mit Token und harten Limits.

- ⬆️ gute Filtermöglichkeiten
  - ⬇️ keine offizielle Dokumentation
- Preis: kostenlos (unbeschränkt)



## Warnungen: NINA-API

Großbrände, Unwetter und Weltkriegsbombenfunde: Solche und viele weitere Warnungen zeigt die App NINA des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Zusätzlich zur App gibt es die Warnungen auch auf der Website [warnung.bund.de](http://warnung.bund.de) in einer Kartenansicht. Nicht offiziell dokumentiert ist das API, das im Hintergrund arbeitet und nützliche Integrationen möglich macht – Firmen könnten zum Beispiel automatisch ihre Mitarbeiter über Messenger wie Teams, Slack & Co informieren, wenn ein Skript eine Meldung vom NINA-API bekommt.

Dass dieses API gut dokumentiert ist, ist der ehrenamtlichen Arbeit des Projekts [bund.dev](http://bund.dev) zu verdanken. Unter der Adresse [nina.api.bund.dev](http://nina.api.bund.dev) liegt die OpenAPI-Dokumentation. Um mit dem API arbeiten zu können, muss man den amtlichen Gebietsschlüssel (AGS) für den Kreis herausfinden, dann liefert der Endpunkt /dashboard/<AGS>.json eine Liste mit aktuellen Meldungen. Bevor man damit etwas anfangen kann, muss man sich etwas in die Materie einarbeiten und sich sinnvolle Filter ausdenken. Die Meldungen haben zum Beispiel einen Schweregrad (severity). Damit man beim Entwickeln echte Meldungen zu sehen bekommt, ist es hilfreich, auf der Karte unter [warnung.bund.de](http://warnung.bund.de) eine Region mit aktiven Warnungen zu suchen und den zugehörigen AGS zu recherchieren.

Weil das API nicht dafür gebaut ist, außerhalb von App und Website zu laufen, gibt es auch keine Limits und Zugangsdaten.

- ⬆️ nützliche Daten
  - ⬇️ keine offizielle Dokumentation
- Preis: kostenlos (unbeschränkt)



## Kryptowährungen: CoinAPI.io

Wer Geld in Kryptowährungen gesteckt hat, will auch wissen, ob sich die Investition noch lohnt. Eine Lehre aus Kursstürzen der Vergangenheit: Ein täglicher Blick in eine Krypto-App ist zu wenig, wenn es richtig knallt. Da wäre eine rote Warnlampe bei rasant fallenen Kursen nicht verkehrt. Für solche – und viele andere Blockchainprojekte – gibt es CoinAPI.io. Der kommerzielle API-Anbieter verdient sein Geld damit, Daten über Kryptowährungen per API bereitzustellen. Neben aktuellen Wechselkursen sind das auch historische Kursdaten – interessant für Datenanalyseprojekte.

Die Liste an Währungen und Wechselkursen ist riesig, außer Bitcoin und Ethereum sind also auch Nischenwährungen kein Problem für das API. Obwohl CoinAPI mit dem Angebot sein Geld verdient, gibt es zum Einstieg einen kostenlosen Account, der 100 Anfragen am Tag durchführen darf. Das reicht aus, um im Viertelstundenabstand abzufragen. Größere Pakete werden dann schnell teuer, 1000 Anfragen am Tag kosten direkt 79 US-Dollar im Monat.

Die Dokumentation ist, wie man es von einem kommerziellen Anbieter erwarten darf, ausgezeichnet und zeigt in einer Spalte rechts Beispieldaten in verschiedenen Programmiersprachen sowie die Rückgaben. Mit diesen Informationen hat man die eigene Anwendung schnell angebunden. Für C#, Java und Python gibt es zusätzlich ein SDK im GitHub-Repository des Anbieters.

- ⬆️ umfangreiches Wechselkurs-API
  - ⬇️ teuer für häufige Anfragen
- Preis:** 100 Anfragen am Tag kostenlos



## Kraftstoffpreise: Tankerkönig

Im Jahr 2013 hat sich der Gesetzgeber eine Maßnahme ausgedacht, die Autofahrern bei der Suche nach dem günstigsten Kraftstoff helfen sollte. Die „Markttransparenzstelle für Kraftstoffe“ beim Bundeskartellamt sammelt seitdem die Spritpreise ein. Entgegen dem Open-Data-Zeitgeist hat man sich zum Abrufen dieser Daten aber ein maximal bürokratisches Verfahren ausgedacht. Anstatt eine API-Dokumentation und ein Anmeldesystem mit Rate-Limits zu veröffentlichen, muss man beantragen, dass man „zugelassener Anbieter von Verbraucher-Informationsdiensten“ wird.

Dankenswerterweise hat der Entwickler der App Tankerkönig diese Prozedur über sich ergehen lassen. Sein Server ruft die Daten bei der Markttransparenzstelle ab, speichert sie zwischen und stellt sie über ein JSON-API zur Verfügung. Unter creativecommons.tankerkoenig.de liegt die Dokumentation des API. Voraussetzung ist ein APIschlüssel, den man kostenlos bekommt. Rate-Limits gibt es aktuell nicht, der Entwickler bittet aber um Fair-Use: Abfragen maximal alle fünf Minuten und am besten nicht ausgegerechnet genau zur vollen Stunde.

Mit den Beispielen aus der Dokumentation bekommt man schnell eine Liste der Tankstellen und aktueller Preise rund um eine Geokoordinate. Möglichkeiten, diese Informationen zu nutzen, gibt es viele – von einem Preisalarm per Telegram-Bot bis zum Familien-Dashboard.

- ⬆️ gut dokumentiertes API
  - ⬆️ nützliche Daten und gute Filter
- Preis:** kostenlos (Fair-Use-Policy)



## Müllabfuhr: Flickwerk

Es ist zum Verzweifeln: Müllabfuhrn gibt es in ganz Deutschland und darüber hinaus, im Kern funktionieren sie alle gleich – und doch kocht seit Erfindung des Internets jedes kommunale Abfallwirtschaftsunternehmen sein eigenes Süppchen, wenn es darum geht, die Abfurthermine online bereitzustellen. Viele kleine Anbieter wurden bereits damit beauftragt, immer aufs Neue eine technische Lösung für ein technisches Problem zu erfinden, das andernorts schon gelöst wurde. Wenn Sie – weil es naheliegend ist – nach einem einheitlichen Abfall-API mit Terminen suchen sollten: Geben Sie es auf.

Am nächsten an diesen Wunsch kommt noch das Angebot des kommunalen IT-Dienstleisters „regio it“ aus Nordrhein-Westfalen heran. Der versorgt immerhin gleich mehrere Kommunen aus NRW, aber auch Nürnberg (Bayern), mit dem Abfallnavi-API, das inoffiziell dokumentiert wurde (abfallnavi.api.bund.dev). Wer seine eigene Kommune in der Liste in der Dokumentation nicht findet, muss selbst analysieren, bei welchem Anbieter die örtlichen Abfallwirtschaftsbetriebe einen Abfallkalender haben programmieren lassen. Mit den Entwicklerwerkzeugen der Browser kann man herausfinden, ob da brauchbare HTTP-Anfragen dabei sind, die man auch per Skript nutzen kann. Wenn man Glück hat, findet man statt einem API immerhin einen Kalender im ICS-Format. Passende Parser für ICS-Daten gibt es für viele Programmiersprachen.

- ⬇️ nur regionale Anbieter
  - ⬇️ kein einheitliches API
- Preis:** kostenlos (Abfallnavi-API, unbeschränkt)

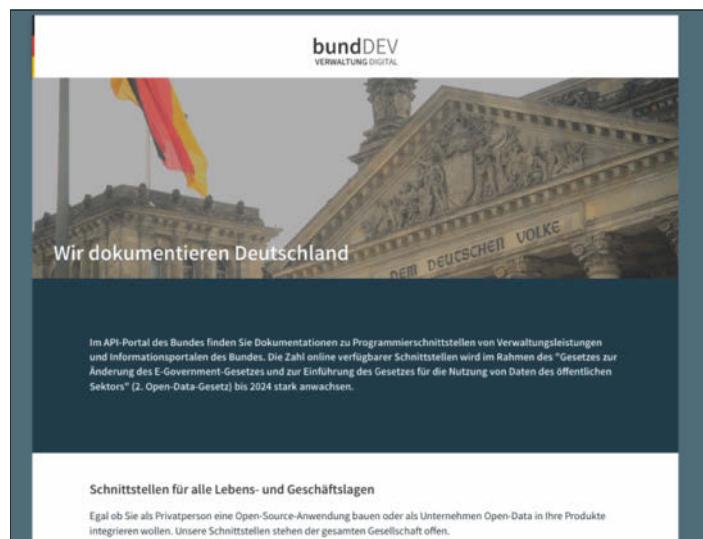
zum Beispiel regelmäßig prüfen, ob es neue Katastrophenwarnungen gibt und im Gefahrenfall mit allen zur Verfügung stehenden Lampen die Bewohner alarmieren.

APIs werden, wie Websites, fast ausschließlich über das Protokoll HTTP(S) bereitgestellt und jede URL – in der API-Welt Endpunkt genannt – gibt einen bestimmten Datensatz zurück. Einige Endpunkte kann man theoretisch mit einem handelsüblichen Browser abrufen. Um sinnvoll mit APIs zu arbeiten, empfehlen wir aber, von Anfang an einen grafischen API-Client zu nutzen – ein solcher ist Postman ([postman.com](https://postman.com)), den wir bereits ausführlich vorgestellt haben [1]. Mit Postman werden Programmierprojekte mit APIs wirklich leicht: Hat man eine API-Dokumentation, kopiert man eine URL heraus, fügt sie in Postman ein und optimiert die Parameter, bis die passenden Daten zurückkommen. Auf der rechten Seite des Postman-GUIs findet man Code-Schnipsel für verschiedene Programmiersprachen. Die kann man leicht in den eigenen Code kopieren, mit Variablen versehen und ins Programm integrieren. Ein kleines Beispiel, das zeigt, wie wenig Code nötig ist, um Daten abzurufen und zu visualisieren, finden Sie in [2] – dort erfahren Sie, wie Sie die Füllstände europäischer Erdgasspeicher mit der Python-Bibliothek Altair darstellen.

Beim Design von APIs hat es in den vergangenen Jahren ein paar Umbrüche gegeben. Während früher XML das häufigste Datenformat war, kommt heute beim Aufruf zumeist JSON zurück. Damit kann fast jede Programmiersprache mit Bordmitteln umgehen und JSON in Datenobjekte umwandeln. Der andere große Umbruch traf die Gestaltung der Endpunkte. Lange war SOAP (Simple Object Access Protocol) das Format der Wahl. Heute werden neue APIs fast nur noch nach dem REST-Paradigma (Representational State Transfer) gebaut. Gerade für Einsteiger ist das eine gute Nachricht: URLs und Parameter von REST-APIs sind wesentlich intuitiver.

Auch bei der Dokumentation gibt es gute Nachrichten, dort hat sich ebenfalls in den vergangenen Jahren viel getan: Früher tippte man die Informationen, wie ein API funktioniert, gern in Word und exportierte die Dokumentation als PDF. Heute gehört es zum guten Ton, ein API im Format OpenAPI zu dokumentieren. Das ist ein maschinenlesbares Datenformat, das verrät, welche Endpunkte es gibt, welche Parameter sie entgegennehmen und welche Daten man erwarten kann.

**Sieht aus wie ein staatliches Angebot, ist aber ein von Freiwilligen betriebenes Portal: bund.dev dokumentiert staatliche APIs, weil staatliche Betreiber leider oft keine Notwendigkeit dafür sehen.**



Doch obwohl ein Dokumentationsformat existiert, das man als Industriestandard bezeichnen kann, sind nicht alle APIs gleich gut dokumentiert. Das liegt daran, dass APIs unterschiedliche Zielgruppen haben können. Auf der einen Seite existieren APIs, die sich explizit an Entwickler richten und die ein eigenständiges Produkt darstellen. Oft stecken hinter solchen APIs kommerzielle Anbieter – denn mit APIs kann man durchaus Geld verdienen, wenn man einen Datensatz besitzt, der für viele Entwickler nützlich ist. Solche Anbieter haben eigene Mitarbeiter fürs API-Management, die sich darum kümmern, dass es API-Nutzer einfach haben. In diese Kategorie fallen die APIs von Pons und Coin-[API.io](#), die wir ab Seite 154 vorstellen.

Andere APIs sind eher Abfallprodukte, aber nicht weniger nützlich. Viele Apps und auch immer mehr Websites basieren auf APIs. Die Anwendungen beschaffen sich die Informationen im JSON-Format und bauen sie in HTML-Gerüste oder eine App-Ansicht ein. Solche APIs sind nicht zwangsläufig vom Anbieter dokumentiert – zumindest nicht öffentlich. Insbesondere bei staatlichen Einrichtungen ist das leider ein gängiges Muster: Eine Behörde lässt eine App oder eine Website bauen und verrät den Nutzern nicht, dass es die Daten auch maschinenlesbar via API gibt.

### Nachhilfe für den Staat

Abhilfe schafft das Portal [bund.dev](#), das viele staatliche APIs sorgfältig dokumentiert. Doch [bund.dev](#) ist kein staatliches Angebot und verantwortlich ist keiner der Open-Data-Beauftragten von Bund, Ländern oder Kommunen. Hinter der sehr offiziell anmutenden Seite steckt die Di-

gital-Aktivistin Lilith Wittmann, die sich selbst als „Schwarzer Block der Verwaltungsdigitalisierung“ bezeichnet [3]. Das Portal [bund.dev](#) ist eine Mischung aus Kunst, Protestaktion und nützlicher Dokumentationsarbeit. Ursprünglich ging es darum, auf den Missstand hinzuweisen, dass öffentliche Einrichtungen APIs bauen und diese nicht dokumentieren. Die kritisierten Organisationen reagierten größtenteils gar nicht, die Idee kam aber in der Entwickler-Community gut an und es entstand eine aktive Gruppe, die weitere APIs bei GitHub dokumentierte – über 30 APIs sind bereits zu finden, beschrieben im OpenAPI-Format, das man online durchstöbern kann. Und wem das noch nicht reicht, der findet über [bund.dev](#) eine Python-Bibliothek namens `deutschland`, die einige der API-Aufrufe abstrahiert und schnelle Erfolge garantiert. Einige unserer API-Empfehlungen in diesem Artikel sind von Freiwilligen dokumentiert – zum Beispiel das NINA-API, das Katastrophenmeldungen ausgibt.

### Token und Limits

Der Betrieb von APIs kostet Geld. Auch wenn APIs nur vergleichsweise kleine Datenpakete und keine Bilder oder Videos ausliefern, muss man als Betreiber dennoch ausreichend dimensionierte Server bereithalten. Ein Problem: Wenn man APIs anbietet, die sich explizit an Entwickler richten, muss man davon ausgehen, dass es Spitzenzeiten mit vielen gleichzeitigen Anfragen gibt. Das liegt schlicht daran, dass die Nutzer häufig Automationen bauen, die zu festgelegten Zeiten Daten abrufen. Exakt zur vollen Stunde kommen dann extrem viele Anfragen gleichzeitig.

Wenn Sie beim automatischen Abrufen von einem API mal Probleme mit zu langen Ladezeiten feststellen, probieren Sie es einfach mal ein paar Minuten und Sekunden vor oder nach einer vollen Stunde.

## Authentifizierung

Kommerzielle API-Anbieter arbeiten in der Regel mit einer Authentifizierung. Bei jedem API-Aufruf muss man ein Token mitschicken, um sich auszuweisen. Um an das Token zu kommen, brauchen Sie einen Account beim Anbieter. Im Kundenbereich können Sie dann ein Bezahlmodell auswählen und ein Token erzeugen. Je nach Tarif gibt es Limits für Abrufe pro Zeiteinheit, also pro Monat, Tag oder Stunde. Was beim Überschreiten passiert, hängt vom Anbieter ab. Standardisiert ist für diesen Fall der HTTP-Statuscode 429 mit der Bedeutung „Too Many Requests“. Im Header `Retry-After` kann der Server dann verraten, wann man es wieder versuchen soll (in Sekunden oder als Datum). Einige API-An-

bieter zählen bei jeder Anfrage mit und verraten, wann das Limit erreicht ist. Dafür kommen regelmäßig die nicht standardisierten Header `X-RateLimit-Limit` und `X-RateLimit-Remaining` zum Einsatz.

Das Token nehmen die Anwendungen entweder als Query-Parameter in der URL entgegen oder als Anfrage-Header. Dabei gibt es verschiedene Formate und die Details verrät die Dokumentation des jeweiligen APIs. Grundsätzlich gilt aber: Behandeln Sie das Token als Geheimnis. Wenn Sie eine öffentliche Webanwendung bauen, die Daten von einem API abrufen soll, darf eine per Token gesicherte Anfrage nicht auf Seite des Clients abgesetzt werden.

## Loslegen

Nicht immer muss man beim Konsumieren von APIs auf einem leeren Blatt anfangen. Bevor man sich ans Programmieren macht, lohnen ein Blick in einschlägige Paketmanager für die Programmier-

sprache der Wahl sowie eine Suche bei GitHub. Bei weit verbreiteten APIs stehen die Chancen gut, dass bereits jemand eine Klasse programmiert hat, die ein API abstrahiert.

Aber selbst ohne fertige Bibliothek ist der Einstieg ins Arbeiten mit APIs nicht allzu hart und die ersten Erfolgsergebnisse sind nicht fern. Die Daten liegen bereit, zusammen mit einer guten Idee wird daraus nützliche Software. ([jam@ct.de](mailto:jam@ct.de)) 

## Literatur

- [1] Manuel Ottlik, Schnittstellenkurier, APIs mit Postman erforschen und entwickeln, c't 22/2022, S. 158
- [2] Jan Mahn, Datenpipeline, Füllstände von Gaspeichern per API abrufen und auswerten, c't 17/2022, S. 160
- [3] Holger Bleich und Christian Wölbert, „Baut intern Kompetenz auf!“, „Krawall-Influencerin“ Lilith Wittmann über staatliche Digitalprojekte, c't 4/2022, S. 28

**APIs und Dokumentationen:** [ct.de/yyp9](http://ct.de/yyp9)

## Projektidee: Die Mülltonnenampel

Sie suchen ein kreatives Programmierprojekt, das nützlich und originell zugleich ist und Daten aus einem öffentlichen API nutzt? Da haben wir eine Idee, die auch als Familienbastelei für die Feiertage geeignet ist: Wie wäre es mit einer kleinen halbtransparenten Mülltonne aus dem 3D-Drucker, die am Vorabend einer Abfallabholung in der Farbe der passenden Tonne leuchtet oder blinkt und so ans Rausstellen des Abfalls erinnert. Die nötige Hardware ist schnell beschafft: Als Controller kommt zum Beispiel ein ESP32 infrage, weil er WLAN-Anbindung mitbringt und tief schlafen kann, wenn er nichts anzeigen muss. Etwas überqualifiziert für den Auftrag, dafür aber einfach in Python zu programmieren, ist ein Raspberry Pi – um den Stromverbrauch zu rechtfertigen, sollte man dem aber parallel noch andere Aufgaben zukommen lassen.

Ein Modell einer Mülltonne zum Ausdrucken findet man auf 3D-Teileplattformen wie Thingiverse – über [ct.de/yyp9](http://ct.de/yyp9) haben wir das Modell des Nutzers wuta verlinkt, das wir mit transparentem PLA ausgedruckt haben.

Um die 3D-gedruckte Tonne in der Farbe einer anstehenden Abholung leuchten zu lassen, muss eine RGB-LED im In-

neren versenkt werden. Die erste Wahl für solche Basteleien: Ein paar LEDs vom Typ WS2812, die man im Streifen zum Abschneiden bestellen kann. Bibliotheken, um WS2812 anzusteuern, gibt es für viele Programmiersprachen.

Die größte Herausforderung an diesem Projekt ist die Datenbeschaffung – denn ein deutschland- oder europaweites Abfuhr-API gibt es (noch) nicht. Mehr zu diesem Elend auf Seite 155. Bevor Sie sich ans Hardwarebasteln machen können, müssen Sie die Website Ihres lokalen Abfallwirtschaftsunternehmens vornehmen und herausfinden, wo die dort angezeigten Daten herkommen.

### Ideen gesucht

Sie wollen eine Abfuhr-Ampel bauen und haben schon eine Lösung, wie Sie an die nötigen Daten Ihrer Müllabfuhr kommen oder kennen noch andere gute Abfall-APIs? Vielleicht können von Ihrem Ansatz auch andere profitieren – schicken Sie Ihren Code oder einen Link zu Ihrem Projekt an [leserhelfenlesern@ct.de](mailto:leserhelfenlesern@ct.de). Unter den Einsendern verlosen wir Sets aus einer 3D-gedruckten Tonne und RGB-LEDs, mit denen Sie Ihr Projekt vollenden können.



**Eine 3D-gedruckte halbtransparente Mülltonne leuchtet dank einer RGB-LED am Vorabend einer Abholung. Eine nützliche und unterhaltsame Bastelei – leider sind Abfall-APIs kein Standard in jeder Kommune.**

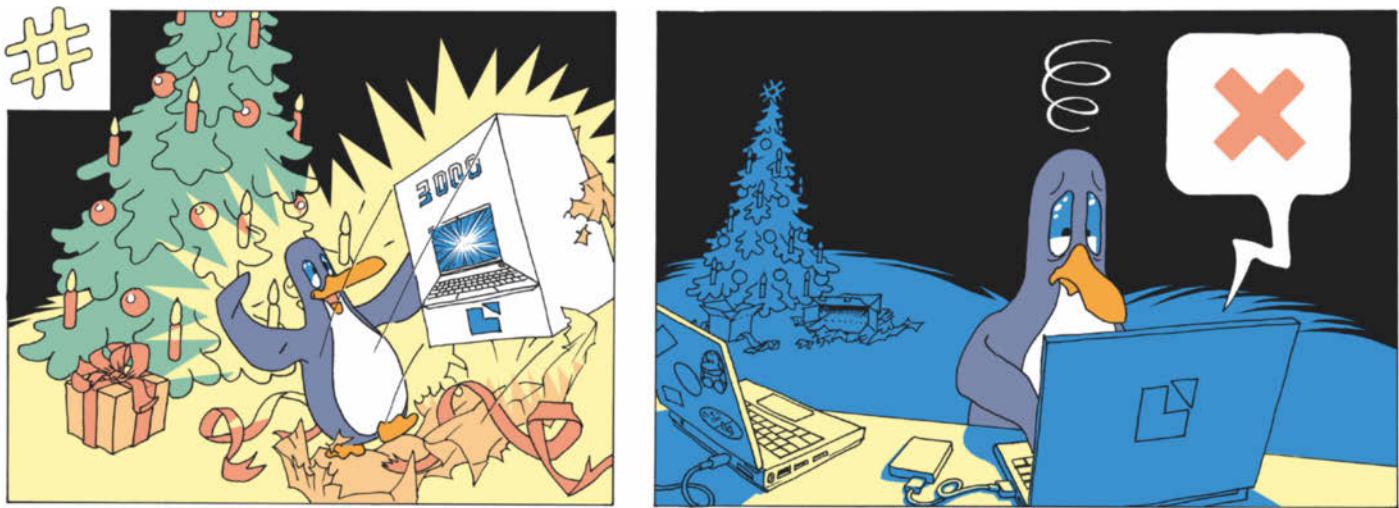


Bild: Rudolf A. Blaha

# Eingewechselt

## Bestehende Linux-Installationen auf neue Hardware verpflanzen

**Lag eine SSD fürs alternde Notebook unterm Tannenbaum? Oder gleich ein neuer Computer? Wir erklären, wie Sie bestehende Linux-Installationen nicht nur auf Weihnachtsgeschenke transplantieren.**

Von Mirko Dölle

**E**s muss nicht unbedingt ein neuer PC sein, mit einer SSD und etwas RAM verlängern Sie kostengünstig das Leben älterer Computer. Zwar lässt sich Linux mit wenigen Klicks neu installieren, doch dann müssen Sie sämtliche Einstellungen erneut

vornehmen und Zugangsdaten eingeben. Mit dem Wissen, an welchen Stellen sich Linux mit der Hardware verzahnt und seine Konfigurationsdaten speichert, gelingt es, nicht nur die Daten Ihres alten Systems zu übernehmen.

In welchem Umfang die Transplantation klappt, hängt davon ab, wie umfangreich Sie Hardware und Software verändern. Im einfachsten Fall, dem Austausch einer Festplatte gegen eine gleich große oder größere SSD, gelingt die vollständige Übernahme des bestehenden Systems. Wechseln Sie dabei auf eine andere Desktopumgebung oder gar eine andere Linux-Distribution, können Sie schlimmstenfalls nur die Ein-

stellungen einiger Anwendungen sowie Ihrer Anwendungsdaten übertragen. Wir beschreiben, welche Schritte Sie in den verschiedenen Szenarien unternehmen müssen.

Beim Austausch einer Festplatte gegen eine SSD genügt es, die Inhalte der Festplatte mit einem vom USB-Stick gestarteten Live-System auf die SSD zu übertragen. Der Befehl

Frisch aus  
**ct Nerdistan**

```
sudo dd if=/dev/sda of=/dev/sdb \
  bs=1024M status=progress
```

kopiert sämtliche Daten von der Festplatte sda auf die SSD sdb. Dabei ist es gleichgültig, ob Sie erst die SSD einbauen und

## c't kompakt

- Mit nur wenigen Anpassungen ziehen bestehende Linux-Installationen auf neue Hardware um.
- Wechselt man im Zuge eines Computer-Upgrades die Linux-Distribution, kann man trotzdem Teile des alten Systems übernehmen.
- Indem man die Konfiguration einzelner Anwendungen übernimmt, erspart man sich die Eingabe etwa der E-Mail-Zugangsdaten.

zum Kopieren die Festplatte über einen USB-Adapter anschließen oder erst die Daten auf die per USB angeschlossene SSD übertragen und sie dann einbauen. Wichtig ist nur, dass Sie vorab mit dem Kommando `1sb1k` sicherstellen, dass die alte Festplatte `sda` heißt und die neue SSD `sdb` – falls nicht, müssen Sie die Angaben von Quelle (`if=`, Input File) und Ziel (`of=`, Output File) entsprechend anpassen. Der Parameter `bs=` (Block Size) gibt an, wie viele Daten `dd` in den Speicher liest, bevor es sie auf die SSD schreibt; `status=progress` zeigt den Fortschritt an.

Eine Blockgröße von 1 GByte und mehr beschleunigt den Kopiervorgang – Festplatten und andere Blockgeräte liefern bei sequenziellen Zugriffen typischerweise die höchsten Datentransferraten. Außerdem sollten Sie bei der etwaigen Anschaffung eines USB-Festplattenadapters darauf achten, dass der Controller UAS (USB Attached SCSI) unterstützt: Dieser Übertragungsmodus ist mitunter um ein Vielfaches schneller als der althergebrachte USB-Storage-Mode.

Diese Form der Transplantation klappt natürlich nur, wenn die SSD größer als Ihre alte Festplatte ist. Ist die SSD kleiner, müssen Sie zuerst etwas auf Ihrer Festplatte aufräumen. Wie Sie Linux verkleinern und, um die Kapazität der SSD voll auszunutzen, zum Schluss wieder vergrößern, haben wir ausführlich in [1] beschrieben. Dabei bleibt die SSD bootfähig, Ihr altes Linux sollte nach dem Umzug also anstandslos booten.

### In Stein gemeißelt

Wenn Sie nicht nur die Festplatte, sondern gleich den ganzen Computer oder Ihren

alten USB-Ethernet-Adapter am Notebook gegen eine aktuelle Docking-Station ausgetauscht haben, findet Ihr altes Linux möglicherweise keinen Kontakt mehr zum Internet. Das liegt meist an den Persistent Net Rules, den statischen Netzwerkregeln von Udev, die manche Linux-Distributionen verwenden. Die sollen im Alltag sicherstellen, dass Ethernet-Anschluss und WLAN-Adapter stets den gleichen Namen bekommen und nicht aus `eth0` plötzlich `eth1` wird, wenn man zwei Ethernet-Schnittstellen hat.

Andersherum verhindern die Persistent Net Rules aber auch, dass der LAN-Anschluss der neuen Docking-Station zu `eth0` wird, dieser Name ist weiterhin für Ihren alten USB-LAN-Adapter reserviert – sie hängt an der weltweit eindeutigen MAC-Adresse des Netzwerkadapters. Indem Sie die Datei `/etc/udev/rules.d/70-persistent-net.rules` löschen und neu booten, löschen Sie die bisherige Zuordnung von MAC-Adresse und Namen, ohne die Netzwerkkonfiguration selbst zu verändern.

Was auf dem heimischen Computer mit wenigen Klicks erledigt ist, ist bei dedizierten Servern bei Hostern ein ernstes Problem: Geht dort etwas kaputt, werden üblicherweise die Festplatten des alten Servers in einen neuen gesteckt – das spart Zeit. Doch damit geht der Server nicht automatisch wieder online, denn auch hier verhindern die Persistent Net Rules, dass die bestehende Netzwerkkonfiguration auf die neuen Netzwerkschnittstellen angewendet werden, weil diese neuen Namen

bekommen. Das führt wiederum meist dazu, dass der Server aufgrund vorgelagerter Firewalls von außen nicht erreichbar ist – auch nicht per SSH, um den Fehler zu beheben.

Indem Sie die globale Udev-Regeldatei `/usr/lib/udev/rules.d/75-persistent-net-generator.rules` anpassen, können Sie generell verhindern, dass Udev die Namenszuordnung speichert. Dazu kommentieren Sie die Regel direkt unterhalb des Kommentars `write rule` aus, indem Sie eine Raute als Kommentarzeichen an den Anfang der Zeile stellen:

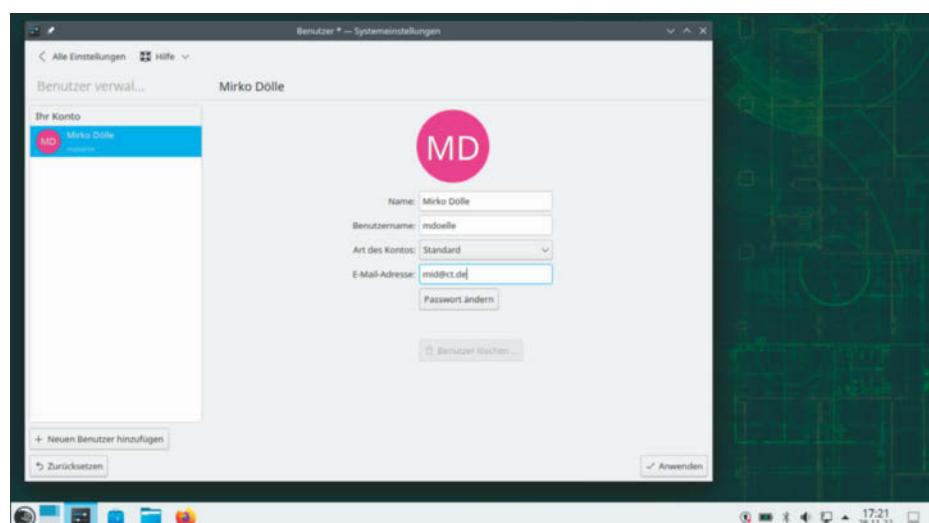
```
# write rule
# DRIVERS=="?*", ↴
IMPORT{program}="write_net_rules"
```

Anschließend löschen Sie noch die Datei `/etc/udev/rules.d/70-persistent-net.rules` mit den bestehenden Regeln.

Ohne die Persistent Net Rules besteht auf Rechnern mit mehreren Netzwerkanschlüssen allerdings immer die Gefahr, dass etwa `eth0` und `eth1` zufällig mal die Namen tauschen und schlimmstenfalls interne Dienste von außen erreichbar sind. Hat der Rechner nur einen Netzwerkanschluss, ist es ungefährlich und bewirkt, dass sowohl der heimische Rechner als auch der Server nach einem Hardweraustausch anstandslos ins Netz finden.

### Neue alte Heimat

Ein neuer Computer ist auch eine gute Gelegenheit, einmal die Linux-Distribution zu wechseln oder zumindest die neueste



Die grafische Benutzerverwaltung unter Linux eignet sich gut, um zunächst alle Benutzer anzulegen. Die Gruppenzugehörigkeiten müssen Sie allerdings im Terminal verwalten.

```

localhost: ~ id mdoelle
uid=1000(mdoelle) gid=100(users) groups=100(users)
localhost: ~

mdoelle@lore: ~ id mdoelle
uid=1000(mdoelle) gid=1000(mdoelle) Gruppen=1000(mdoelle),20(dialout),24(cdrom),
25(floppy),27(sudo),29(audio),30(dip),44(video),46(plugdev),109(netdev),112(blue
tooth),117(lpadmin),118(scanner)
mdoelle@lore: ~

```

**Wie viele Gruppen es gibt, ist von Distribution abhängig. Bei openSUSE (Hintergrund) gehören Benutzer nur der Gruppe users an, während Debian (Vordergrund) unterschiedliche Gruppen für Zugriffe auf Wechsellaufwerke, Audio, Bluetooth und Weiteres verwendet.**

Version der bisherigen Distro zu installieren. Deshalb müssen Sie nicht automatisch bei null beginnen. Sie können leicht Ihr altes Home-Verzeichnis mitnehmen und damit auch die meisten Einstellungen des Desktops und Ihrer Anwendungen. Sofern Sie bei der gleichen Desktopumgebung bleiben, also nicht beispielsweise von Gnome zu Plasma wechseln, klappt das sogar weitgehend bei unterschiedlichen Versionen des Desktops und sogar bei unterschiedlichen Linux-Distributionen.

Zur Vorbereitung sollten Sie allerdings auf Ihrem alten System die Benutzer- und Gruppen-IDs überprüfen, insbesondere, wenn es mehrere Benutzer gibt: Für Zugriffsrechte auf Dateien und Verzeichnisse sind die numerischen User- und Gruppen-IDs entscheidend und nicht die Benutzer- und Gruppennamen. Der Benutzer, den man im Zuge der Installation eines Linux-Systems anlegt, bekommt üblicherweise die User-ID (UID) 1000, außerdem wird meist eine Gruppe mit der gleichen Gruppen-ID (GID) von 1000 und dem Benutzernamen als Gruppennamen angelegt. Der nächste Benutzer bekommt dann die nächst höhere UID und GID – in der Reihenfolge, in der Sie sie anlegen.

Deshalb sollten Sie, bevor Sie eine Mehrbenutzer-Installation transplantieren, unbedingt die UID und GID der Benutzer sowie den jeweiligen Benutzernamen notieren. Diese Angaben finden Sie (neben diversen Systembenutzern respektive -gruppen) in den Dateien /etc/passwd und /etc/group. Anders als der Name sug-

geriert, sind die Passwörter nicht in /etc/passwd gespeichert, sondern in den Dateien /etc/shadow für Benutzer und /etc/gshadow für Gruppen. Eine Möglichkeit für die Transplantation ist, die Dateien passwd, shadow, group und gshadow aus /etc zu kopieren, die Systemkonten zu entfernen und den Rest im neu installierten Linux-System an die vorhandenen Dateien anzufügen. Anschließend können Sie den Inhalt von /home Ihres alten Systems übernehmen.

Dabei kann es allerdings passieren, dass trotzdem manche Rechte fehlen. So sind die Gruppen-IDs von Systemgruppen wie bluetooth, audio oder dialout nicht standardisiert. Schlimmstenfalls gehören die Benutzer zu einer Gruppe audio mit einer anderen Gruppen-ID als jene, die das System den Audiogeräten zuweist, und haben deshalb keinen Zugriff. Zu solchen Abweichungen kommt es vor allem, wenn Sie von einer Distribution zu einer anderen wechseln. Bei gleicher Distribution und idealerweise gleicher Version sind keine Probleme zu befürchten.

Der sicherere Weg ist, auf dem neuen System die benötigten Benutzerkonten und Gruppen von Hand hinzuzufügen. Dazu ermitteln Sie zuerst auf Ihrem alten System, welchen Gruppen welcher Benutzer angehörte, indem Sie im Terminal den Befehl id gefolgt vom Benutzernamen aufrufen. Auch wenn für die Zugriffsberechtigung nur die numerische ID entscheidend ist, notieren Sie unbedingt zusätzlich den Gruppennamen – denn möglicherwei-

se nutzt Ihr neues System den gleichen oder einen ähnlichen Gruppennamen etwa für Zugriffe auf den Bluetooth-Adapter, aber eine andere Gruppen-ID.

Im Verlauf der Installation des neuen Systems legen Sie zunächst nur jenen Benutzer an, der auf dem alten System die User-ID 1000 hatte. Dessen Gruppenzugehörigkeiten dienen Ihnen auch als Vorlage für alle weiteren Benutzer. Arbeiten Sie ruhig mit den grafischen Werkzeugen der Distribution, um diese Benutzer anzulegen, in der Reihenfolge der User-IDs auf dem alten System. Zwar bieten die Dialoge keine Möglichkeit, individuell Gruppen zuzuordnen, dafür erhalten die Benutzer automatisch alle Gruppenmitgliedschaften, die im Alltag erforderlich sind – etwa für Zugriffe auf Bluetooth oder Drucker. Wie viele das sind, hängt stark von der Linux-Distribution ab: Unter openSUSE Leap etwa gehört man üblicherweise nur der Gruppe users an, während es unter Debian oder Ubuntu fast ein Dutzend verschiedene sind, inklusive einer eigenen Gruppe für jeden Benutzer.

Im Nachgang kontrollieren Sie wiederum mit dem Kommando id im Terminal, welchen Gruppen die einzelnen Benutzer bereits angehören und welche Gruppenzuordnungen noch fehlen. Haben Sie sich für einen Distributionswechsel entschieden, lässt sich nur schwer beurteilen, welche der alten Gruppenmitgliedschaften die Benutzer weiterhin zusätzlich benötigen. Unsere Empfehlung: Belassen Sie es zunächst bei den Standardgruppen, aber heben Sie die Liste mit den früheren Gruppenzugehörigkeiten gut auf – dann haben Sie die Information parat, falls die Benutzer im Alltag über fehlende Berechtigungen stolpern.

## Umgruppiert

Sind Sie bei der gleichen Distribution geblieben, ist es leichter. Dann ergänzen Sie die fehlenden Gruppenmitgliedschaften im Terminal. Der wohl häufigste Fall ist, einem Benutzer der Gruppe sudo hinzuzufügen, damit er Kommandos als Administrator ausführen kann:

```
sudo usermod -a -G sudo mdoelle
```

Der betreffende Benutzername steht stets am Ende des usermod-Aufrufs; statt nur einer Gruppe dürfen Sie auch eine Reihe von Gruppen angeben, durch Kommas getrennt. Gibt es eine Gruppe nicht im System, erhalten Sie von usermod eine entspre-

chende Fehlermeldung. Doch Sie dürfen eine Gruppe wie `sudo` nicht einfach von Hand anlegen, hinter vielen Gruppen stehen Anwendungen, die diese nutzen – im Fall von `sudo` ist es das gleichnamige Programm `sudo`. Fehlt also die Gruppe `sudo`, müssen Sie das Paket `sudo` aus den Repositories Ihrer Distribution nachinstallieren – dabei wird die Gruppe angelegt. Doch nicht immer kann man Gruppen so einfach einem Programm zuordnen wie das bei `sudo` oder auch `samba` der Fall ist. Manchmal hilft nur Erfahrung, die Gruppen `wwwuser` und `www-data` etwa gehören zu den Webservern Apache oder nginx.

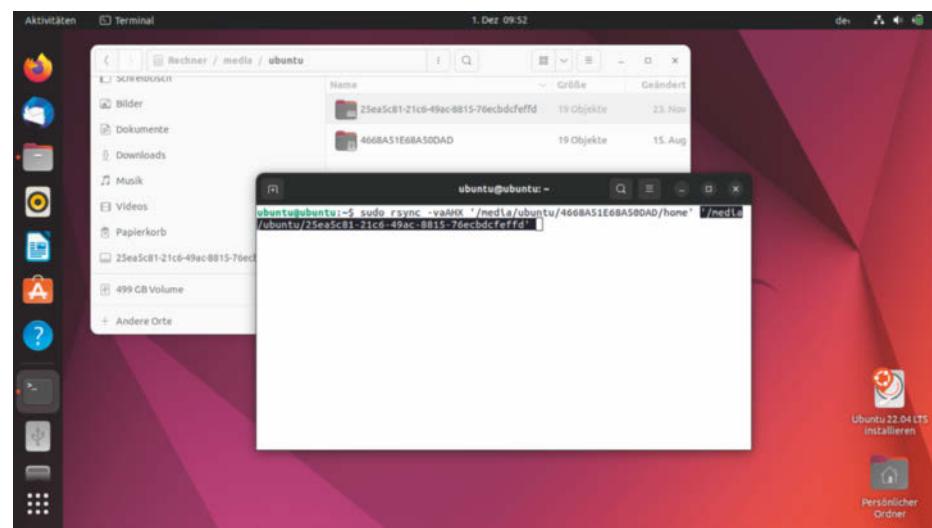
Manuell sollten Sie Gruppen nur dann anlegen, wenn es sich eindeutig um Anwendergruppen etwa für den gemeinsamen Zugriff eines Teams auf Dateien und Verzeichnisse handelt. Dabei hilft Ihnen die Gruppen-ID Ihres alten Systems: Die Faustregel besagt, dass Gruppen-IDs unter 100 immer zu Systemgruppen etwa von Geräten gehören. GIDs oberhalb von 100 nutzen ebenfalls Systemdienste, etwa die Druckerverwaltung. Wie weit dieser Bereich der Systemgruppen geht, ist in der Datei `/etc/login.defs` unter `SYS_GID_MAX` festgelegt, übliche Werte sind 499 oder 999, je nach Distribution. Von denen sollten Sie stets die Finger lassen. Wo die Gruppen-IDs herkömmlicher Anwender beginnen, finden Sie unter `GID_MAX` in der gleichen Datei.

Um eine Anwendergruppe `projekt1` anzulegen, verwenden Sie `groupadd` im Terminal. Als GID geben Sie hinter `-g` jene Gruppen-ID an, die die Gruppe auf Ihrem alten System hatte – denn nur so ist sicher gestellt, dass die Gruppenmitglieder später Zugriff auf die Dateien und Verzeichnisse haben, die Sie vom alten System übernehmen:

```
sudo groupadd -g 500 projekt1
```

Apropos alte Dateien: Um schließlich die Daten zu kopieren, sollten Sie unbedingt ein Live-Linux vom USB-Stick booten – sonst droht Ihnen spätestens dann Ärger, wenn die Konfigurationsdateien des gerade laufenden Desktops überschrieben werden. Der einfachste Weg ist, das komplette Home-Verzeichnis auszutauschen. Dazu löschen Sie mit dem Live-System zunächst das Home-Verzeichnis des neu installierten Systems, etwa mit dem grafischen Dateimanager.

Der Dateimanager würde allerdings beim Kopieren nicht alle Rechte und Be-



**Indem Sie erst das alte Home-Verzeichnis und dann den Einbindepunkt des neu installierten Linux-Systems per Drag & Drop aus dem grafischen Dateimanager ins Terminal ziehen, ersparen Sie sich jede Menge Tipparbeit.**

sitzverhältnisse bewahren. Deshalb können Sie ihn nur benutzen, um herauszufinden, in welchem Verzeichnis Ihr neu installiertes System und wo die Festplatte des alten eingebunden sind. Unter Ubuntu finden Sie sie standardmäßig unterhalb von `/media/ubuntu`, wobei die Einhängepunkte als Namen die ellenlange hexadezimale UUID des Dateisystems tragen. Zum Kopieren verwenden Sie `rsync` im Terminal, das anders als `cp` auch mit ACLs und erweiterten Dateisystemattributen umgehen kann:

```
sudo rsync -vaAHX Quelle Ziel
```

**Der Clou:** Indem Sie den Ordner Ihres alten Home-Verzeichnisses per Drag & Drop vom Dateimanager ins Terminalfenster ziehen, erscheint im Terminal der vollständige Pfad des Home-Verzeichnisses. Wenn Sie das Gleiche mit dem Einhängepunkt des neu installierten Linuxsystems tun, ersparen Sie sich die Arbeit, Quelle und Ziel von Hand eintippen zu müssen.

### Rosinen picken

Falls Sie nur einzelne Anwendungen transplantieren möchten, etwa weil Sie die Desktopumgebung gewechselt haben, dann können Sie die Daten im laufenden Betrieb und auch mit grafischen Dateimanagern kopieren. Idealerweise erledigen Sie das, bevor Sie die Anwendung, etwa Google Chrome, Firefox, Thunderbird oder LibreOffice, das erste Mal starten. Es gibt zwei prominente Stellen, an denen

Anwendungen ihre benutzerspezifischen Konfigurationsdaten speichern: Im Home-Verzeichnis des jeweiligen Benutzers oder im Unterverzeichnis `.config`, selten gibt es zusätzliche Daten unterhalb von `.local/share`.

Firefox benutzt hingegen althergebrach das Verzeichnis `.mozilla`, Thunderbird `.thunderbird`. Kopieren Sie die beiden Verzeichnisse ins neue System, haben Sie dort sofort sämtliche Bookmarks in Firefox und Mail-Einstellungen nebst E-Mails und Mail-Cache in Thunderbird. Google Chrome und LibreOffice speichern Ihre Daten in den Verzeichnissen `.config/google-chrome` und `.config/libreoffice`, beim Tor-Browser hingegen müssen Sie die Verzeichnisse `.config/torbrowser` und `.local/share/torbrowser` kopieren.

Indem Sie sich nur die Konfiguration einzelner Programme herauspicken, sind Sie nach dem Auspacken Ihrer Geschenke auch schnell wieder online, sei es zum Videochat mit der ganzen Familie oder um die unvermeidlichen Weihnachts-mails zeitnah zu beantworten. Und sollten Sie etwas vermissen, haben Sie über die Feiertage immer noch die Möglichkeit, nachträglich das gesamte Home-Verzeichnis zu ersetzen oder Ihre komplette alte Linux-Installation zu transplantieren.

(mid@ct.de) ct

### Literatur

- [1] Mirko Dölle, Rücksichtsloser Mitbewohner, Parallelinstallationen von Windows und Linux heilen, c't 24/2022, S. 172

# Netzwerk-Disponent

## Unter Linux mit NetworkManager bei Verbindungswechsel Aktionen automatisieren

**Bei vielen Linux-Desktops kümmert sich der NetworkManager-Daemon um das Netzwerk und bleibt dabei meist dezent im Hintergrund. Der Dienst führt auf Wunsch aber auch Skripte aus, sobald man das Netzwerk wechselt. Wir zeigen, wie Sie selbst so ein Skript erstellen.**

Von Keywan Tonekaboni

Der NetworkManager-Daemon kann mehr, als dessen grafischen Bedienoberflächen in Gnome, Cinnamon und anderen Linux-Desktops erahnen lassen. Im Hintergrund versucht er, automatisch eine funktionierende Netzwerksbindung

aufzubauen, ganz gleich, ob über LAN, WLAN oder VPN. NetworkManager hat mit dem Dispatcher zudem einen Dienst, der bei Veränderungen an der Netzwerkverbindung vom Benutzer hinterlegte Skripte ausführt. Damit können Sie zum Beispiel automatisch eine Netzwerkfreigabe mounten, sobald Sie Ihren Laptop mit dem heimischen Netz verbinden. Oder schonen Sie den Akku, indem Sie die WLAN-Schnittstelle ausschalten, sobald Sie ein Netzwerkkabel einstecken. Wir zeigen, was es dabei zu beachten gilt und wie Sie selbst ein Skript erstellen.

### Arbeitsweise

NetworkManager durchsucht die Verzeichnisse /etc/NetworkManager/dispatcher.d und /usr/lib/NetworkManager/dispatcher.d und führt die dort vorhandenen ausführbaren Skripte nacheinander in lexikografische Reihenfolge aus. Da /usr/lib für Dis-

tributionsskripte vorgesehen ist, speichern Sie Ihre eigenen Skripte unterhalb von /etc/NetworkManager/dispatcher.d, damit diese bei Updates nicht überschrieben oder gelöscht werden. Das Skript muss dem User root gehören und nur er darf dafür Schreibrechte haben, sonst ignoriert NetworkManager es.

Beim Aufruf über gibt NetworkManager zwei Argumente an die Skripte: den Namen der Netzwerkschnittstelle („enx...“, „tun1“ ...), gefolgt vom auslösenden Ereignis (up, down, dhcp4-change ...), auch Aktion genannt. Mögliche Werte sind in der Tabelle NetworkManager-Aktionen aufgeführt. Bei Verbindungen, die VPN-Plug-ins aufbauen, ist der Aktionsnamen ein „vpn-“ vorangestellt (vpn-up, vpn-pre-down ...). Das gilt aber nicht für WireGuard-Verbindungen.

Die Aktionen pre-up/pre-down werden nur ausgeführt, wenn NetworkManager selbst die Netzwerkschnittstelle aktiviert oder deaktiviert. Ziehen Sie beispielsweise das Netzwerkkabel ab, hat NetworkManager keine Gelegenheit mehr, pre-down aufzurufen. Zudem werden nur Skripte ausgeführt, die in den Unterordnern pre-up.d respektive pre-down.d vorhanden sind. Es reicht aber aus, ein in dispatcher.d vorhandenes Skript zu verlinken.

Einen Sonderfall bilden die Aktionen hostname und connectivity-change, die als Schnittstellennamen „none“ oder ein leeres Feld übergeben.

### Skript erstellen

Das Beispieldskript (siehe links) soll die WLAN-Schnittstelle bei Anschluss eines LAN-Kabels deaktivieren, um Strom zu sparen. Zeile 2 weist die übergebenen Argumente den Variablen \$IFACE und \$EVENT zu, um die Lesbarkeit zu erhöhen. Die Parameter \$1 und \$2 stehen in Anführungszeichen, damit ein leerer Feld wie bei connectivity-change keine Fehler verursacht. Um die Fehlersuche zu erleichtern,

```

01#!/bin/bash
02 IFACE="$1"; EVENT="$2"
03
04 # Liste der zu beobachtenden Netzwerknamen
05 DEVICES="eth0 enx1234567890AF"
06
07 # Debug-Informationen
08 logger "Netzwerk-Dispatcher: iface:$IFACE event:$EVENT" \
09     "id: $CONNECTION_ID uuid: $CONNECTION_UUID"
10
11 # Wenn $DEVICES die Zeichenkette aus $IFACE enthält, dann...
12 if [[ $DEVICES =~ $IFACE ]]; then
13
14 # Je nach Event, WLAN an- oder ausschalten.
15 case "$EVENT" in
16     up)
17         logger "Netzwerk-Dispatcher: Schalte WLAN aus."
18         nmcli radio wifi off ;;
19     down)
20         logger "Netzwerk-Dispatcher: Schalte WLAN an."
21         nmcli radio wifi on ;;
22 esac
23 fi

```

Mit einem Shellskript für den Dispatcher-Dienst des NetworkManager schalten Sie das WLAN ab oder an, abhängig davon, ob eine Ethernet-Schnittstelle verwendet wird.

schreibt logger Angaben zum Dispatcher-Aufruf in den Systemlog. Die sehen Sie, wenn Sie journalctl -f in einem Terminalfenster aufrufen.

Neben den übergebenen Parametern gibt es weitere Umgebungsvariablen, die Sie in Ihrem Skript abrufen können. So enthält etwa \$CONNECTION\_ID den Namen der Verbindung. Eine Liste der verfügbaren Variablen verrät die Manpage, die Sie mit man NetworkManager-dispatcher aufrufen. Manche Variablen sind nur bei bestimmten Aktionen verfügbar, zum Beispiel \$CONNECTIVITY\_STATE bei connectivity-change.

Das Skript definiert in \$DEVICES eine Liste der zu beobachtenen Netzwerkschnittstellen. Die Namen ermitteln Sie mit ip link. Wenn der vom Dispatcher übergebene Schnittstellename in der Liste vorhanden ist, verarbeitet das Skript die Aktion. Lautet die Aktion „up“, dann deaktiviert das Kommandozeilenscript nmcli die WLAN-Schnittstelle. Bei „down“, also deaktiverter LAN-Schnittstelle, schaltet nmcli das WLAN-Interface wieder an. Das Programm nmcli gehört zu NetworkManager.

Kopieren Sie mit Root-Rechten das fertige Skript nach /etc/NetworkManager/dispatcher.d. Wechseln Sie dann in dieses Verzeichnis und passen Sie die Dateirechte an.

```
sudo -i
cd /etc/NetworkManager/dispatcher.d/
sudo chmod 755 50-wifi-switch.sh
sudo chmod a+x 50-wifi-switch.sh
```

Damit NetworkManager das Skript künftig ausführt, starten Sie den Dienst über Systemd neu:

```
sudo systemctl restart NetworkManager
```

Beobachten Sie mit journalctl -f, ob NetworkManager korrekt startet und das Skript ausführt, wenn Sie das Netzwerkkabel verbinden oder trennen.

### Gebrauchshinweise

Achten Sie darauf, dass Ihre Skripte zügig arbeiten. Braucht ein Skript zu lange, schließt NetworkManager es wieder ab, wobei die Manpage kein genaues Limit nennt. Sollen Skripte parallel starten, hinterlegen oder verlinken Sie diese im Unterverzeichnis no-wait.d. NetworkManager wartet allerdings nicht auf Skripte und beendet diese auch nicht, wenn es eine neue Netzwerkaktion gibt. Wenn etwa ein Skript bei Verbindung mit dem Firmennetz eine Netzwerkfreigabe mounten soll und Sie in kurzer Folge das LAN-Kabel ein- und ausstecken, versucht das Skript weiter, den Mount-Vorgang durchzuführen.

Bedenkt man diese Rahmenbedingungen, kann man sehr leicht Aktionen automatisieren, die bei Änderungen an der Netzwerkverbindung ausgeführt werden. (ktn@ct.de) 

### NetworkManager-Aktionen

Aktion	Beschreibung
up/down	Netzwerkschnittstelle wurde aktiviert/deaktiviert.
pre-up	Aktivierung der Netzwerkschnittstelle wird vorbereitet.
pre-down	Deaktivierung der Netzwerkschnittstelle wird vorbereitet.
hostname	Hostname wurde geändert.
dhcp4-change/dhcp6-change	DHCP-Lease hat sich geändert (IPv4/IPv6).
connectivity-change	Verbindungsstatus hat sich geändert (online, limitiert, offline).

# Wir schreiben Zukunft.



2 Ausgaben MIT Technology Review  
als Heft oder digital  
inklusive Prämie nach Wahl

[mit-tr.de/testen](http://mit-tr.de/testen)



# Was für ein Jahr!

## Zeitleisten mit Keynote gestalten

**Apples kostenlose Software Keynote produziert Präsentationen ganz unkompliziert im Browser. Dank intuitiver Werkzeuge gestalten Sie auch ohne Vorkenntnisse raffinierte Animationen. Am Beispiel eines c't-Jahresrückblicks zeigen wir, wie das besonders effizient gelingt.**

Von Immo Junghärtchen

Die Zeit zwischen den Jahren ist eine Gelegenheit zum Innehalten und Zurückschauen. Warum nicht die Gelegenheit nutzen und die schönsten Momente des Vorjahrs in einer Präsentation festhal-

ten? Apples Software „Keynote“ eignet sich dafür besonders gut, denn sie bringt reichlich Effekte für eine spektakuläre Retrospektive, lässt sich leicht lernen und läuft systemunabhängig im Browser.

Als Beispiel erzeugten wir einen visuellen c't-Jahresrückblick, bei dem Zeitschriften- und Videotitel eine Zeitleiste füllen, die mehrere Folien überspannt. Von dort aus sortieren sich diese in thematische Schwerpunktgruppen, um sich anschließend wieder in der Zeitleiste einzurordnen. Keynote läuft im Browser und damit auf beliebigen Systemen: nicht nur unter macOS und iOS, sondern auch unter Windows und Linux. Sie müssen sich lediglich für einen kostenlosen iCloud-Account [1] registrieren. Wofür Sie Apple-Hardware benötigen, erfahren Sie im Kasten „Vorteile nativer Apps auf Mac und iPad“.

### Themenwahl

Entscheiden Sie zuerst, in welchem Seitenverhältnis Sie das fertige Werk abspielen wollen. Das dürfen Sie nachträglich nämlich nicht mehr im Browser ändern. Keynote nutzt standardmäßig das bei aktuellen Fernsehern und Monitoren übliche 16:9-Format in HD-Auflösung (1920 × 1080 Pixel). Klicken Sie in der Themenauswahl in der oberen rechten Ecke auf „Breitbild (16:9)“, um gegebenenfalls auf das 4:3-Format zu wechseln. Tun Sie das nur, wenn Sie das vollendete Werk hauptsächlich auf iPads oder älteren Beamern zeigen wollen; im Zweifel belassen Sie es beim voreingestellten Breitbildformat.

Nun wählen Sie aus den Themen eine Vorlage mit Hintergründen und Schriftstilen aus. In unserer Präsentation sollen die Inhalte gleichermaßen vor dem Hintergrund vorüberziehen. Dafür und für andere Randloseffekte müssen die Folienhintergründe nahtlos ineinander übergehen. Die Themen „Standard-Schwarz“ oder „-Weiß“ eignen sich dafür am besten. Wenn Ihnen eine andere Vorlage aufgrund der Schriftauswahl besser gefällt, wählen Sie ruhig eine andere und ändern den Hintergrund auf eine einheitliche Farbe.

Sodann öffnet sich die Keynote-Browseransicht: oben die Werkzeuleiste, rechts

## c't kompakt

- Keynote gestaltet beeindruckende Animationen. Dazu benötigen Sie nur einen Browser und einen iCloud-Account.
- Der Zauberei-Übergang ermöglicht simple Keyframe-Animationen.
- Für den Videoexport muss man ein Apple-Gerät nutzen.

die Formatpalette zum Gestalten. In der linken Leiste reihen sich die Folien untereinander; zu Beginn erscheint hier nur die Startfolie. In deren Textfelder schreiben Sie Titel und Untertitel Ihres Jahresrückblicks. Klicken Sie dann auf das Plus-Icon in der unteren linken Ecke, um eine Gestaltungsvorlage für eine neue Folie auszuwählen. Für unseren Jahresrückblick verwendeten wir die Vorlage „Leer.“

### Zeitstrahl aufstellen

Bevor Sie loslegen, sichten Sie unbedingt Ihr Material und entscheiden dann, wie viele Folien Sie dafür benötigen. Nichts ist ärgerlicher, als am Ende all die sorgsam arrangierten Bilder und Grafiken nachträglich auf mehrere Blätter verteilen zu müssen. Ideal für einen Jahresrückblick sind drei oder vier Einzelfolien: Hier finden die Highlights des Jahres in der Regel ausreichend Platz. Die Monate lassen sich gleichmäßig verteilen, ohne dass die Zuschauer den Überblick verlieren. Wir entschieden uns für drei Folien á vier Monate.

Ein Tipp: Platzieren Sie auf dieser Folie alle Elemente, die sich exakt so oder leicht abgewandelt auf allen Folien wiederholen sollen. Für unseren Jahresrückblick haben wir zunächst die Zeitachse konstruiert, und zwar mit dem Linienwerkzeug: Ein Klick auf das Formen-Icon in der Werkzeugeiste blendet eine schwebende Auswahl ein. Unter „Einfach“ finden Sie eine Linie, die Sie mit einem Klick auf der aktuellen Folie platzieren. Ziehen Sie ein Ende der Linie zum linken Folienrand und auf die Höhe, auf der Sie Ihre Zeitachse platzieren wollen. Danach halten Sie die Shift-Taste gedrückt und ziehen das andere Ende der Linie zum rechten Rand, sodass eine Horizontale entsteht.

Nun kommen die Unterteilungen der Monate hinzu. Den ersten Skalenstrich fügen Sie wiederum mit dem Formen-

Werkzeug ein – er soll vertikal verlaufen und etwa 40 Pixel lang werden. Bewegen Sie ihn an den linken Folienrand. Diesen Skalenstrich gilt es nun zu vervielfältigen. Kopieren Sie ihn per Kontextmenü oder mit dem je nach Betriebssystem üblichen Tastenkürzel (meistens Strg+C) und setzen ihn mit Strg+V mehrfach ein. Es genügt zunächst, die einzelnen Elemente grob zu positionieren. Jedem Monat auf dieser Folie spendieren Sie einen vertikalen Strich. Für den Übergang zur nächsten Folie platzieren sie einen weiteren Vertikalstrich am rechten Rand.

Mit der Anordnen-Palette erledigen Sie dann die Feinarbeit: Für jedes Element geben Sie dort pixelgenau die Position ein. Wählen Sie zunächst den vertikalen Strich ganz links aus. Der besitzt x- und y-Koordinaten für Anfang und Ende. Geben Sie in den mit X benannten Textfeldern für Start- und Endpunkt die Ziffer 1 ein, um ihn am linken Rand zu positionieren. Das wiederholen Sie für den Strich ganz rechts, geben stattdessen aber die Zahl 1920 in die beiden Felder ein. Da die Folienbreite 1920 Pixel beträgt, liegt dieser dann am rechten Rand. Wählen Sie nun alle Skalenstriche aus, klicken auf Verteilen in der Anordnen-Palette und dann auf die Option Horizontal im Aufklappmenü. Damit arrangieren Sie die inneren Striche gleichmäßig zwischen den beiden äußeren Skalenstrichen.

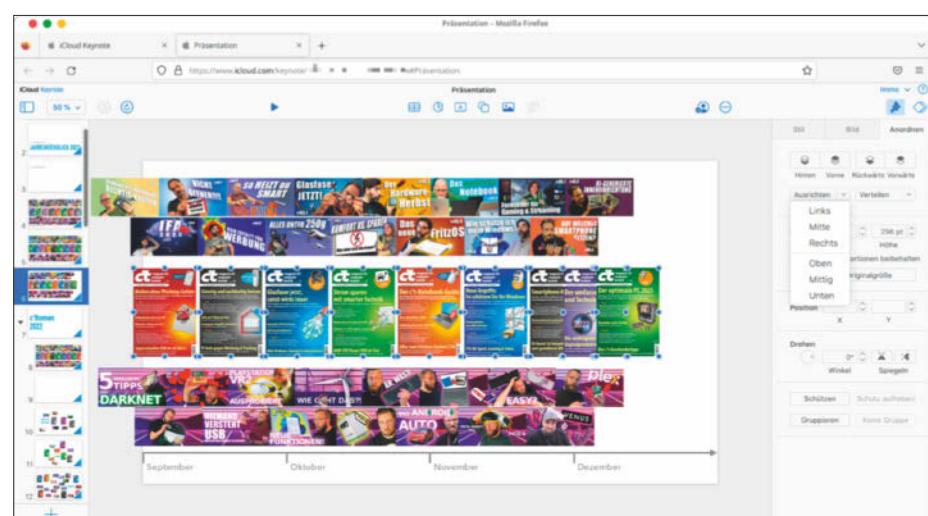
Bei gedrückter Shift-Taste tippen Sie nun die Zeitachse an, um sie der Auswahl hinzuzufügen. Im Ausrichten-Aufklappmenü der Anordnen-Palette wählen Sie jetzt den Eintrag oben und platzieren damit alle Linien bündig auf der Achse.

Über den Stil-Reiter in der Formatpalette verpassen Sie den Linien nun einen einheitlichen Look. Wir erhöhen die Breite auf 6 Pixel und wählten ein helles Grau als Farbe. Nun beschriften Sie die Skalenstriche: Bei Klick auf das Textfeld-Werkzeug erscheint ein frei positionierbarer Textrahmen mittig auf der Folie. Bewegen Sie ihn unter die Zeitachse in die Nähe des ersten Skalenstrichs und schreiben „Januar“ hinein. Passen Sie dann Schriftfarbe, -stil und -größe im Stilreiter an und setzen die Textorientierung auf linksbündig. Nun kopieren Sie das Januar-Textelement, fügen es hinter jedem Teilstrich ein und ändern die Monatsbezeichnungen in „Februar“, „März“ und so weiter.

Während Sie die Monatsnamen zum zugehörigen Skalenstrich ziehen, erscheinen gelbe Linien, an denen das Element auf der Präsentationsfolie einrastet. Daran erkennen Sie, ob der Monatsname gleichauf mit anderen Objekten auf derselben Folie ist. Bisweilen stört dieser Mechanismus, dann deaktivieren Sie ihn einfach, indem Sie beim Positionieren die Strg-Taste gedrückt halten. Um präziser zu arbeiten, vergrößern Sie die Ansicht per Lupe in der Werkzeugeiste auf 200 oder 400 Prozent. Widerstehen Sie der Verlockung, per Trackpad-Geste hineinzuzoomen – das unterstützt Keynote nicht (und bringt meist den Browser zum Straucheln). Stören die gelben Helfer dauerhaft, deaktivieren Sie diese in den Einstellungen, die Sie über das Drei-Punkte-Icon aufrufen.

### Fließender Übergang

Sobald die erste Folie komplett fertig ist, duplizieren Sie sie als Basis für die übrigen



**Im Anordnen-Reiter finden sich wertvolle Helfer: Ausrichten bringt mehrere Elemente auf Linie, Verteilen normiert die Abstände zwischen ihnen.**

Tertielle. Dazu klicken Sie mit der rechten Maustaste in der linken Spalte auf die Folienminiatur und wählen „Duplizieren“ im Kontextmenü. Danach passen Sie die Monatsnahmen auf den übrigen Folien an. Auf der letzten Folie verpassen Sie dem Zeitstrahl einen Pfeil als Endpunkt. Dazu wählen Sie die Zeitachse aus und klicken im Formen-Werkzeug auf die Pfeilspitze. Die vertikale Linie am rechten Folienrand löschen Sie.

Für den Übergang zwischen zwei Folien soll das erste Segment der Zeitleiste nach links hinaus- und das zweite von rechts hereingleiten. Dieser Effekt gelingt mit dem Verschieben-Übergang. Selektieren Sie in der linken Spalte die erste Folie des Zeitstrahls und klicken rechts oben auf das Icon aus zwei Rauten. Daraufhin füllt sich die rechte Spalte mit den Animationswerkzeugen. Sie sollte oben mit „Übergänge“ beschriftet sein. Erscheinen dort stattdessen zwei getrennte Reiter namens Auf- und Abbau, klicken Sie auf den leeren Folienhintergrund und versuchen es noch einmal. Anschließend klicken Sie auf „Kein Übergangseffekt“ und wählen „Verschieben“ als Übergang aus der Aufklappliste. Dieses Procedere wiederholen Sie mit allen außer der letzten Zeitstrahlfolie.

Springen Sie nun zurück zur ersten Folie und tippen auf den Wiedergabeknopf, um sich das Resultat anzusehen. Nach jedem Klick schiebt sich nun die ak-

tuelle Folie links aus dem Bild und macht Platz für die nächste, aber nicht nur das: Da wir einen homogenen Hintergrund gewählt und den Zeitstrahl durchweg auf derselben Höhe platziert haben, wirkt es, als ziehe lediglich der Zeitstrahl vorbei.

## Fotos, Formen, Farben

Die Skala steht, nun können Sie Ihre Inhalte platzieren. Über das Bild-Icon und den Eintrag „Medien auswählen...“ gelangen Bilder in die aktuelle Präsentation. Wählen Sie am besten gleich eine ganze Sammlung aus, dann importieren Sie mehrere Bilder auf einen Schlag. Sie landen dann gestaffelt auf der aktuellen Folie.

Falls Sie keine passenden Fotos parat haben, finden Sie in der Formen-Werkzeugpalette eine Menge Vektorgrafiken, von Nervenzellen über Laub- und Nadelbäume bis hin zur Erdkugel in vier Orientierungen. Die Kategorie „Einfach“ beherbergt Grundformen wie etwa Kreis, Dreieck, Rechteck und Stern, die Sie frei positionieren, skalieren und per Doppelklick mit Text befüllen können. Wir entschieden uns für ein Arrangement aus mehreren Zeilen oberhalb der Zeitleiste: In die Bildschirmmitte setzen wir die Cover der Magazine, darüber und darunter die Titelbilder der wöchentlich erscheinenden YouTube-Formate „c't uplink“ sowie „c't 3003“.

Damit sich die c't-Heft-Cover gleichmäßig und ohne Überlappung über die

gesamte Folienbreite verteilen, mussten wir sie skalieren: Als optimale Breite errechneten wir 218 Pixel pro Cover. Wenn Sie Objekte mit einem Auswahlrechteck gesammelt auswählen, können Sie deren Eigenschaften in der Anordnen-Palette auf einen Schlag anpassen: Geben Sie im Zahlenfeld „Breite“ einen Wert ein und drücken die Enter-Taste, verändern alle ausgewählten Bilder ihre Größe proportional.

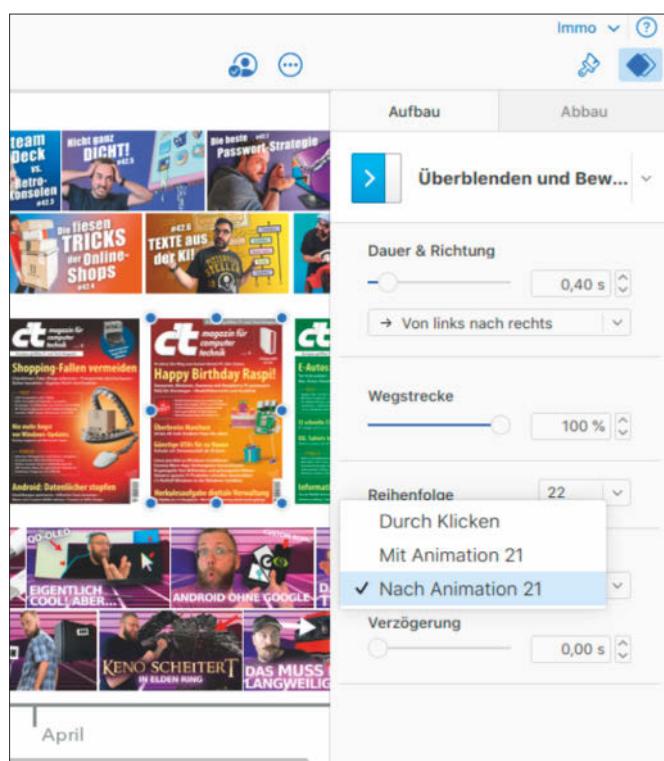
Nun bringen Sie die einzelnen Objekte auf der Zeitleiste in Stellung. Bei periodischen Ereignissen positionieren Sie nur das erste und das letzte Ereignis der Reihe exakt. Die übrigen bringen Sie ungefähr an die gewünschte Position und erzeugen wie bei den Skalen der Zeitleiste gleichmäßige Abstände: alle selektieren, dann Verteilen/Horizontal wählen.

Wenn Bilder über den Folienrand hinausragen, kopieren Sie die überlappenden Bilder und fügen sie auf der Folgefolie ein. Damit die Objekte beim Folienwechsel nahtlos ineinander übergehen, müssen Sie sie folgendermaßen platzieren: Lesen Sie auf der Anordnen-Palette den X-Wert des Bildes auf der ersten Folie ab und berechnen die Differenz zwischen rechtem Folienrand (1920) und diesem X-Wert. Auf der Folgefolie tragen Sie die Differenz als negativen X-Wert für das kopierte Bild ein. Den Vorgang wiederholen Sie mit jedem „abgeschnittenen“ Objekt auf der Folienkante, sodass beim Verschieben ein nahtloser Übergang entsteht.

## Chronologisch zu thematisch

Im Anschluss pflücken wir die Chronologie wieder auseinander, um die Einzelbilder thematisch zu sortieren: Wie von Zauberhand bewegen lösen sich einige c't-Cover und Video-Vorschauen von der Zeitleiste und präsentieren sich als Sammlungen zu den Themen Sicherheit, Energiesparen und Raspberry Pi. Als optisches Schmankerl fliegen alle Elemente danach wieder zurück auf den Zeitstrahl.

Für diese sogenannte Keyframe-Animation benötigen Sie eine Folie, die den gesamten Zeitstrahl enthält: Duplizieren Sie dafür die mittlere der drei Folien und bewegen diese ans Ende der Präsentation. In der Werkzeugleiste stellen Sie die Ansicht auf 50 Prozent, damit der Bereich um den Folieninhalt sicht- und nutzbar wird. Wechseln Sie nun zur ersten Zeitstrahlfolie, markieren und kopieren dort sämtliche Inhalte und fügen sie links im gerade angelegten mittleren Folienkopie ein.



Animationseffekte einzelner Elemente können Sie gleichzeitig oder hintereinander ablaufen lassen.

Genauso verfahren Sie mit dem letzten Foliendrittel, positionieren dessen Inhalte aber auf der rechten Seite. Diese Folie mit der gesamten Zeitleiste dient nun als Grundlage für die Keyframe-Animation. Duplizieren Sie diese Folie zweimal: Die erste Kopie wird zur Leinwand, die zweite bleibt unverändert, damit die Präsentation am Schluss zum ursprünglichen Bild zurückkehren kann.

Auf der mittleren der drei identischen Folien markieren Sie nun sämtliche Inhalte. Dann schieben Sie die Auswahl nach unten, bis der Zeitstrahl inklusive aller Bilder aus dem sichtbaren Folienbereich verschwindet und eine leere Leinwand übrig bleibt.

Für unseren c't-Jahresrückblick wählen wir einzelne Themenbereiche aus, unter anderem Security, Energiesparen und Raspberry Pi. Ein Textfeld mit der Bezeichnung des Schwerpunkts darf dabei nicht fehlen. In der Stil-Palette gestalten Sie den Text (etwa „Security“) und ziehen ihn dann an die gewünschte Position auf der Folie. Nun ziehen Sie alle zum Schwerpunkt passenden Medien aus der nach unten verschobenen Zeitleiste in den sichtbaren Bereich.

Wechseln Sie zur vorigen Folie und geben ihr in der Animationspalette den Übergang „Zauberei“. Er bewegt Inhalte, die auf beiden Folien an unterschiedlichen Orten liegen, mit einer sanften Animation an ihren neuen Ort. Ein Klick auf „Start“ zeigt das Resultat: Die Zeitleiste fährt nach unten, die zum Schwerpunkt gehörigen Medien bewegen sich ins Bild, der beschreibende Text blendet sich sanft ein. Mit der Escape-Taste beenden Sie die Vorschau. Weisen Sie der zum Thema „Security“ gestalteten Folie ebenfalls den Zauberei-Übergang zu, bevor Sie sie duplizieren und den nächsten Schwerpunkt gestalten.

Leeren Sie zunächst die Leinwand, indem Sie die Inhalte des vorigen Schwerpunkts in den grauen Randbereich ziehen, nach links, rechts oder oben. Der Zauberei-Übergang beschränkt sich nicht bloß auf die Position. Auch Größen- und Farbänderungen erhalten einen graduellen Übergang. Zu viele Veränderungen an einem Objekt überfordern die Funktion allerdings. Dann verschwindet die ursprüngliche Version eines Elements, bevor die neue erscheint. In diesem Fall revidieren Sie die letzte Änderung.

Dieses Procedere wiederholen Sie für jeden zusätzlichen Themenbereich, den Sie hervorheben wollen. Fürs abschließen- de Einreihen aller Elemente müssen Sie

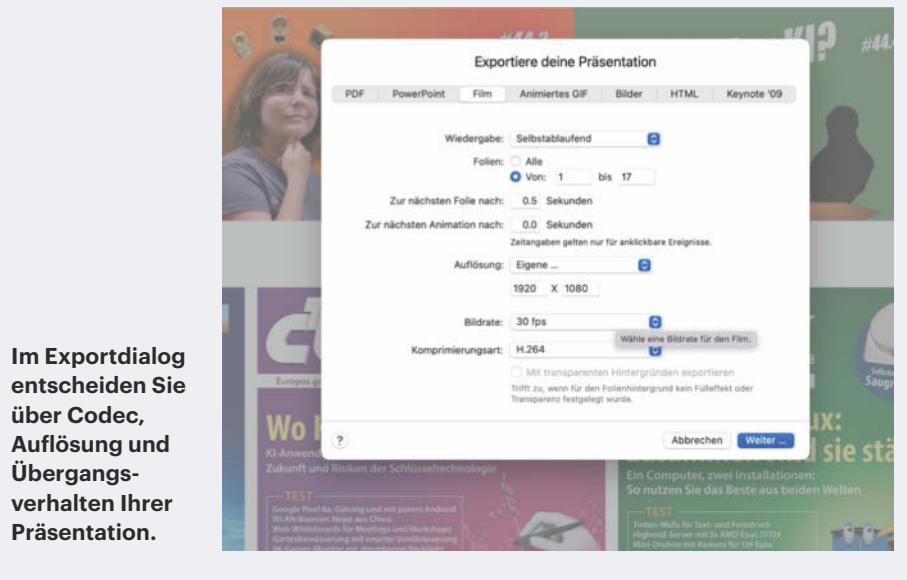
## Vorteile nativer Keynote-Apps auf Mac und iPad

Einige Aufgaben gelingen leichter auf dem Mac, iPhone oder iPad, andere sind in der Browserversion schlicht nicht möglich. Wenn Sie etwa ein selbstdefiniertes Seitenverhältnis einstellen, etwa Hochkantformate für Social Media, müssen Sie das Dokument am iPhone, iPad oder Mac erzeugen. In der Einstellungspalette „Dokument“ stellen Sie eine „eigene Foliengröße“ ein – und können dabei Ihre bevorzugten Pixelmaße eingeben. Eine so angelegte Datei kann wiederum das Browser-Keynote problemlos importieren und verwenden.

In nativen Keynote-Apps zeigt die Animationspalette eine Effektvorschau direkt am Objekt. Das gelingt im Browser nicht – hier müssen Sie stets die Präsentation wiedergeben. Zudem gibt es ein gutes Dutzend zusätzlicher Effekte, die nur in den Apps zur Auswahl stehen. Ei-

nige davon gibt der Browser wieder, andere – etwa „Linie zeichnen“ oder der Blaupauseneffekt „Trace“ – bleiben komplett den Apps vorbehalten.

Im Browser stehen die Ausgabeformate Keynote, PowerPoint und PDF (ohne Animationen) zur Auswahl. Wollen Sie Ihre Präsentation als Film inklusive eingesprochenem Kommentar exportieren, müssen Sie an ein Apple-Gerät. Dort können Sie die Präsentation aufzeichnen, während Sie dazu sprechen. Keynote speichert dann sowohl Ihr Timing beim Folienwechsel als auch die Audiospur in der Präsentation. Im Exportdialog steht diese Audiospur dann zur Auswahl. Wollen Sie keinen Kommentar einsprechen, geben Sie eine feste Anzeigedauer für alle Folien vor. Am Mac haben Sie beim Export die größte Auswahl an Einstellungen, was Bildrate und Codecs angeht.



**Im Exportdialog entscheiden Sie über Codec, Auflösung und Übergangsverhalten Ihrer Präsentation.**

dann nichts mehr unternehmen. Da eine Kopie der ursprünglichen Zeitleiste weiterhin als Abschlussfolie auf Ihren Einsatz wartet, weiß der Zauberei-Übergang, wo sich jedes Bild einzureihen hat.

Vom Browser aus geben Sie die Präsentation an Ihrem Rechner, über HDMI-Kabel oder AirPlay auch an externen Monitoren oder Beamer wieder. Für eine ortsungebundene Präsentation hat Apple die Funktion „Keynote Live“ eingebaut. Dafür verschicken Sie einen Link, beispielsweise über die Chatfunktion einer Videokonferenz, und die Empfänger verfolgen die (tonlose) Präsentation live.

Den vollständigen Rückblick über das c't-Jahr können Sie unter [ct.de/y6b2](http://ct.de/y6b2) betrachten. Dort steht zudem die zugrunde liegende Keynote-Präsentation zum Download, ebenso wie ein Video-Tutorial zur Animation der einzelnen Objekte auf dem Zeitstrahl. [\(imj@ct.de\) ct](mailto:(imj@ct.de) ct)

## Literatur

[1] Immo Junghärtchen: Apples kostenlose Office-Software nutzen, c't 26/2022, S. 138

**Präsentation & Vorlage zum Download:** [ct.de/y6b2](http://ct.de/y6b2)

# Findiger Vogel

## Wie Sie auf Twitter recherchieren und Tweets finden

**Auf Twitter können Sie Detektiv spielen: Wer die Tricks kennt, deckt versteckte Netzwerke auf und entlarvt Fake-Profile. Wir stellen Ihnen Werkzeuge vor, auf die selbst Miss Marple neidisch gewesen wäre.**

Von Greta Friedrich

Erst gal, ob Sie nach Personen recherchieren, Fakten überprüfen oder Hintergründe für ihre nächste Hausarbeit sammeln: Twitter ist ein wahres Füllhorn an Informationen. Daran ändert auch das Chaos nichts, das Elon Musk nach seinem Kauf der Plattform verursacht hat. Die Recherche in den Tweets ist oft mühsam, doch mit ein paar Tricks entlocken Sie dem Netzwerk seine Geheimnisse. Zudem zeigen wir Ihnen praktische Tools, mit denen Sie Informationen schneller finden.

Um Aussagen im Internet zu bewerten, lohnt es sich meist, deren Urheber und seine Motivationen zu prüfen. Doch in sozialen Netzwerken wie Twitter ist das schwierig: Hinter einem Account kann hier prinzipiell jeder stecken. So entlarvte beispielsweise im Sommer ein Recherche-Team von Spiegel Online den Fake-Twitter-Account von „Jasmin Touré“. Dort verbreitete scheinbar eine schwarze junge Frau rechte Ansichten.

Das Spiegel-Team fand heraus, dass die hübschen Profilfotos gar nicht „Jasmin“ zeigten, sondern ein kolumbianisches Webcam-Model, das mit dem Account nichts zu tun hat. „Jasmin Touré“ ist keine reale Person, die Bilder waren zusammengeklaut. Bald verschwand auch ihr Profil, doch die Spiegel-Journalisten wiesen anhand der Profil-ID nach, dass die Accountbetreiber einfach eine neue

Fake-Person erschaffen hatten, die nun als „@Jas\_m\_i\_n\_“ twittert.

### Formeln für die Suchmaske

In einem Twitter-Profil fallen unterhalb der Profilbeschreibung zunächst vier Reiter ins Auge: Unter „Tweets“ finden Sie die Tweets und Retweets, die dieses Profil abgesetzt hat. Der Reiter „Tweets & Antworten“ enthält zusätzlich die direkten Antworten dieses Profils an andere Profile beziehungsweise auf deren Tweets. Unter „Medien“ gibt es die Tweets, die zum Beispiel GIFs, Videos oder Bilder enthalten. Bei „Gefällt mir“ sehen Sie alle Tweets, die das Profil gelikt hat. Mithilfe der vier Reiter überblicken Sie also die vergangenen Aktivitäten eines Twitter-Profiles.

Doch bei konkreten Suchanfragen helfen die Reiter nicht weiter. Dafür gibt es bei Twitter oben rechts eine Suchmaske. Dort können Sie einfach Begriffe eintippen; ähnlich wie in vielen Suchmaschinen gibt es aber auch einige Formeln, um die Suche einzuschränken. Interessieren Sie sich beispielsweise für Antworten an ein bestimmtes Profil, tippen Sie „to:“ und ergänzen hinter dem Doppelpunkt den Nut-

zernamen des Profils (das, was nach dem @ kommt – auch Handle genannt).

Analog dazu spüren Sie Tweets auf, in denen ein Profil mit @ erwähnt wurde: Die Formel „Handle -from:Handle -filter:replies“ sucht nach dem Nutzernamen des Profils und schließt dabei Tweets aus, die von diesem Profil stammen oder ihm direkt antworten. So bleiben nur Nachrichten mit einer Erwähnung übrig. Die Formel „HeiseBotti -from:HeiseBotti -filter:replies“ liefert zum Beispiel alle Tweets, die das Profil des Nachrichtenbots „Botti“ von heise online erwähnten. Auch Nachrichten, die einen Tweet eines bestimmten Profils zitieren, können Sie herausfiltern: Dafür gibt es die Formel „quoted\_user\_id:“, hinter der Sie die jeweilige Nutzer-ID ergänzen. Wie Sie diese herausfinden, erklären wir weiter unten im Text.

Die Suchergebnisse sortiert Twitter in die Kategorien „Top“, „Neueste“, „Personen“, „Fotos“ und „Videos“. Rechts neben der Suchmaske können Sie über das Dreipunkt-Menü weitere „Sucheinstellungen“ vornehmen, nämlich sensible Inhalte ausblenden und Accounts aus den Ergebnissen ausschließen, die Sie blockiert oder stumm geschaltet haben. Außerdem können Sie hier Ihre Suche speichern; sie erscheint dann als Vorschlag, wenn Sie in die Maske klicken.

### Erweiterte Suche hilft

Auch Twitters erweiterte Suche erreichen Sie über das Drei-Punkt-Menü neben der Suchmaske. Ein anderer Weg führt über den Kasten, der rechts neben Ihren Suchergebnissen erscheint. Dieser enthält zwei Filtermöglichkeiten („Personen“ und

Jasmin

@Jas\_m\_i\_n\_

Falls ich mal Bundeskanzlerin werden sollte: Ich bin nicht „afrodeutsch“, sondern deutsch

Jean-Pierre Ziegler @jepziegler · 29. Juni  
Historisch: Aminata Touré wurde soeben in Kiel als erste afrodeutsche Ministerin vereidigt. @aminajxx @derspiegel

Spiegel-Journalisten enttarnten „Jasmin“ mithilfe der einzigartigen Profil-ID als rechten Fake-Account.

The screenshot shows a Twitter search interface with the query "HeiseBotti -from:HeiseBotti -filter:replies". The results are sorted by "Neueste". The first tweet is from Markus Bublitz (@markus\_bublitz) dated 12. Nov., asking to keep the account. The second tweet is from Elon Musk (@elonmusk) dated 12. Nov., with a "Soon" status update and two small icons.

**Mit Suchformeln finden Sie auf Twitter bestimmte Tweets und können dabei nach Antworten, Erwähnungen (siehe Bild) oder zitierten Tweets filtern.**

„Standort“) sowie den Link zur erweiterten Suche. Wer sich die Umwege sparen will, ruft die Funktion über [twitter.com/search-advanced](#) auf. In der mobilen Twitter-App fehlt die erweiterte Suche, dafür kann man hier direkt ein einzelnes Profil durchforsten, indem man auf die Lupe oben rechts tippt.

Die erweiterte Suche ist sehr detailliert. Das Suchformular ist unterteilt in die Abschnitte „Wörter“, „Accounts“, „Filter“, „Interaktion“ und „Daten“. Bei „Wörter“ können Sie nach dem Inhalt des gesuchten Tweets filtern. So suchen Sie beispielsweise nach Tweets, die bestimmte Hashtags, Wörter oder einen konkreten Satz enthalten oder in denen einzelne Wörter eben nicht vorkommen. Außerdem können Sie hier die Sprache wählen, in der der Tweet verfasst ist.

Unter „Accounts“ filtern Sie danach, von welchem oder an welchen Account ein Tweet gesendet wurde und welche Accounts darin mit @ erwähnt wurden. Im Abschnitt „Filter“ können Sie Antwort-Tweets und solche, die Links enthalten, von der Suche ausschließen oder exklusiv danach suchen lassen. Im Bereich „Interaktion“ schränken Sie ein, dass der Tweet mindestens x Antworten, Retweets oder „Gefällt mir“-Angaben haben soll. Schließlich lässt sich unter „Daten“ eine tagesgenaue Zeitspanne festlegen, in der nach Tweets gesucht werden soll.

So können Sie auch einen bestimmten, älteren Tweet finden. Zum Beispiel den, in dem Elon Musk im Herbst bekannt gab, Twitter doch gekauft zu haben. Der Wortlaut war „the bird is freed“, der Tweet kam natürlich vom Profil @elonmusk. Tippen Sie den Wortlaut bei „Wörter“ in das Feld „Genau dieser Satz“, wählen Englisch

als Sprache und geben Musks Handle bei „Accounts“ in das Feld „Von diesen Accounts“.

Abschließend klicken Sie oben rechts auf „suchen“ – das Ergebnis ist in diesem Beispiel genau der gewünschte Tweet. In der Suchmaske sehen Sie die fertige Suchanfrage. Dort und in der URL können Sie die Parameter direkt ändern.

### Neuer Name? Selbe ID!

Bei Twitter hat jedes Profil eine ID, die sich – Stand jetzt – niemals ändert. Das bedeutet, dass man zwar seinen Anzeigenamen oder sein Handle ändern kann, die ID aber stets dieselbe ist. Haben Sie die ID eines Profils dokumentiert, können Sie es darüber identifizieren – wie die Journalisten von Spiegel Online den umbenannten Account von „Jasmin Touré“. Momentan gelangen Sie an die ID eines Profils, indem Sie im Quelltext der Seite nach „user\_id=“ suchen. Außerdem gibt es dafür Tools wie Find Twitter ID vom Webentwickler und

Blogger codeofaninja. Sein Twitter-Tool finden Sie wie alle weiteren hier vorgestellten über [ct.de/yqh5](#).

### Änderungen überwachen, Profile analysieren

Reicht die erweiterte Suche nicht aus, helfen Ihnen weitere Tools bei der Twitter-Recherche. Doch Vorsicht: Einige der hier erwähnten Dienste brauchen Zugriff auf ein Twitter-Profil, von dem aus sie andere Profile auswerten. Nutzen Sie diese Dienste nicht mit Ihrem persönlichen Twitter-Profil! Sie geben ihnen sonst weitgehende Kontrolle über Ihren Account, die Dienste könnten theoretisch auch Tweets über Ihr Profil absetzen. Wir raten Ihnen, ein Dummy-Profil für solche Zwecke anzulegen.

Wenn Sie wissen wollen, was sich an einem bestimmten Twitter-Profil ändert, hilft Ihnen das Tool Spoonbill. Sie registrieren sich auf der Website [spoonbill.io](#) mit einem Twitter-Konto, der Dienst überwacht dann die Accounts, denen dieses Konto folgt. Spoonbill protokolliert alle Änderungen an diesen Profilen, wie etwa in deren Beschreibung, Standort, Handle oder Anzeigenamen, und benachrichtigt Sie regelmäßig per E-Mail darüber.

Andere Dienste analysieren Twitter-Profile. TruthNest und accountanalysis erstellen beispielsweise Statistiken zu Standort, Followern, genutzten Hashtags und dem Tweet-Volumen. Foller und Socialbearing sind ähnliche Analysedienste, die aber keinen Zugriff auf ein Twitter-Konto brauchen. Um mit ihnen ein öffentliches Twitter-Profil zu analysieren, hängen Sie dessen Handle an die URL an, also zum Beispiel [foller.me/HeiseBotti](#). Mit den Tools TweepDiff und followerwonk können Sie herausfinden, ob zwei Twitter-Profiles gemeinsame Follower haben oder den gleichen Personen folgen.

Das Tool BirdHunt zeigt Ihnen, was an einem bestimmten Ort getweetet wurde. Dazu wählen Sie den gewünschten Ort auf der BirdHunt-Karte aus, klicken dann auf „Confirm Location“, schränken anschließend den Suchradius ein und klicken auf „Search for Tweets“. Daraufhin werden Sie zu Twitter weitergeleitet, wo eine Suche nach dem gewählten Ort und Radius durchgeführt wird, sodass Sie nur die passenden Tweets sehen.

(gref@ct.de) [ct](#)

The screenshot shows the "Find Twitter ID" tool interface. It has a search bar with "tesla" and a button "Get Twitter ID". Below it, the results for "@HeiseBotti" are shown: "1461044778536161306" with a "Copy" button, the location "Botti >-(l)-<c", and the note "Member since Wed Nov 17 18:53:26 +0000 2021 UTC". There is also a "View on Twitter" link.

**Find Twitter ID wirft neben der ID auch den aktuellen Anzeigenamen und den Zeitpunkt aus, zu dem das Twitter-Profil erstellt wurde.**

**Recherchetools und Linkssammlungen zum Thema Twitter:** [ct.de/yqh5](#)



Bild: New Africa | stock.adobe.com | Bearbeitung: c't

# Buntschrift

## Farben in Windows-Textkonsolen

**Batch-Dateien und PowerShell-Skripte gewinnen durch sinnvoll eingesetzte farbige Textausgaben an Attraktivität und Übersichtlichkeit. Wir erklären, was dabei zu beachten ist und warum Blau nicht immer gleich Blau ist.**

Von Hajo Schulz

Rein textbasierte Shells bestehen unter grafischen Betriebssystemen wie Windows unter der Haube aus zwei Programmen: Da ist zum einen die eigentliche Eingabeaufforderung, die PowerShell oder eine Bash in der Linux-Umgebung WSL (Windows Subsystem for Linux). Diesen Programmen ist gemein, dass sie nur mit Ein- und Ausgaben in reiner Textform um-

gehen können. Von Konzepten wie Fenstern oder einer Maus verstehen sie nichts; sie kämen prinzipiell auch mit einem Fernschreiber als Frontend klar.

Den Weg zur grafischen Oberfläche und damit zum Benutzer vermittelt ein zweites Programm: eine Terminal-Emulation. Für diesen Job war unter Windows bis vor Kurzem der Konsolen-Host (`conhost.exe`) zuständig. Gerade wird er vom „Windows-Terminal“ abgelöst, das mehr Benutzerkomfort bringt, unter anderem mit der Möglichkeit, mehrere Konsolensitzungen mithilfe von Tabs in einem Fenster zu vereinigen.

Ist an der Bedienoberfläche einiges im Umbruch, so hat sich an der Art und Weise, wie die Terminal-Emulation mit dem Programm kommuniziert, dessen Oberfläche es abbildet, seit Ewigkeiten praktisch nichts geändert. Das verwendete Protokoll ist sogar älter als Windows und basiert auf „echten“ Terminals der Firma Digital Equipment Corporation (DEC) namens

VT100, die in den Jahren 1978 bis 1983 hergestellt wurden. Computer hatten zu der Zeit üblicherweise keine Anschlüsse für einen Bildschirm, eine Tastatur oder gar eine Maus, sondern nur eine oder mehrere serielle Schnittstellen, über die sie Daten in Textform senden und empfangen konnten. An deren anderem Ende hingen Terminals mit einem Monitor und einer Tastatur.

Neben reinem Text, den sie auf ihrem Monitor anzeigen, nahmen diese Terminals auch Steuerbefehle entgegen, etwa um den Bildschirm zu löschen oder den Cursor zu positionieren. Auch Textattribute ließen sich über das Protokoll steuern, zum Beispiel blinkender oder besonders heller Text. Mit dem Aufkommen farbiger Monitore kamen dann noch Befehle hinzu, um Textzeichen oder den Hintergrund zu färben.

Diese VT100-Steuercodes verstehen heutige Terminal-Emulatoren immer noch. Man nennt sie auch Escape-Sequenzen, weil sie aus Zeichenfolgen bestehen, die stets mit dem Sonderzeichen Nummer 27 (hex 1B) beginnen, das im ASCII-Code Escape heißt und das gängige Tastaturen bei einem Druck auf die Esc-Taste liefern. Gängig ist auch die Bezeichnung ANSI-Escape-Sequenzen, weil sie im Industriestandard ANSI X3.64, mittlerweile auch als ISO/IEC 6429 normiert sind.

Um Text einzufärben, stehen Konsolenanwendungen traditionell 16 Farben

zur Verfügung: Außer Schwarz und Weiß gibt es die Grundfarben Rot, Grün und Blau sowie die Mischfarben Türkis (Cyan), Violett (Magenta) und Gelb, alle jeweils in einer helleren und einer dunkleren Variante. Ursprünglich, also zu Zeiten einfacher Hardware-Terminals, waren die dunkleren Ausprägungen die Standardfarben und die helleren kamen durch ein extra gesetztes Intensitätsbit zustande. Heutzutage sind eher die helleren Varianten das Normalmaß und die dunklen abgedimmt; „dunkles Weiß“ ist ein helleres Grau als „helles Schwarz“.

Genau genommen ist das noch nicht die ganze Wahrheit: Zusätzlich zu den benannten Farben sieht das VT100-Protokoll nämlich noch je eine Standardfarbe für den Vordergrund und den Hintergrund vor. Sie kommen zum Einsatz, wenn keine andere Farbe explizit gewählt wurde. Im Regelfall entsprechen diese beiden Farben (dunklem) Schwarz und Weiß, aber verlassen kann man sich darauf nicht.

Was genau eine Anwendung bekommt, wenn sie etwa (hell)roten Text anfordert, ist nicht in Stein gemeißelt. Vielmehr enthalten gängige Terminal-Emulatoren eine Tabelle, die jeder Konsolenfarbe eine „echte“ RGB-Farbe zuordnet. RGB steht dabei für „Red, Green, Blue“ und meint, dass sich jede von modernen Displays darstellbare Farbe durch ihren Anteil an rotem, grünem und blauem Licht beschreiben lässt. Üblich ist, RGB-Farben mit drei Bytes darzustellen, die definieren, wie hell die jeweilige Komponente leuchtet; die Werte rangieren dabei von 0 (aus) bis 255 (volle Leuchtkraft). So steckt beispielsweise hinter der Kombination (255, 0, 128) ein leuchtendes Magenta. Vor allem im Webdesign ist eine Schreibweise üblich, bei der man die

## ct kompakt

- Konsolenprogramme nutzen unter Windows ein steinaltes Protokoll, um farbigen Text anzuzeigen.
- Welche Farben genau beispielsweise ein Skript anzeigt, bestimmt nicht dessen Autor, sondern eine Farbtabelle.
- Je nach Konsole gibt es unterschiedliche Mechanismen, um diese Palette zu ändern.



Mit dem Color Tool spendiert man dem Konsolen-Host vergleichsweise bequem eine neue Farbpalette.

Werte hexadezimal notiert, direkt aneinanderhängt und mit einem #-Zeichen versieht; die Beispieldarbe würde dann als #FF0080 notiert.

### Konsolen-Host

Setzt man die 16 traditionellen Konsolenfarben naiv in ihre RGB-Pendants um, bekommt man eine Tabelle, in der nur die Werte 0, 128 (hex 80) und 255 (hex FF) vorkommen: Dunkles Rot entspricht #800000, dunkles Gelb #808000 und so weiter, helles Grün ist #00FF00, helles Lila #FF00FF. Genau so hat der Konsolen-Host von Windows die Farben bis Windows 10 1703 per Voreinstellung dargestellt – einzige Ausnahme: Dunkles Weiß entsprach #C0C0C0 und nicht #808080.

Diese Umsetzung mag zu Zeiten, als Röhrenmonitore Stand der Technik waren, ihren Sinn gehabt haben. Moderne LCD-Displays stellen diese Farben aber nicht besonders augenfreundlich dar. So lässt sich auch „helles“ Blau auf schwarzem Grund kaum lesen. Deshalb hat Microsoft mit Windows 10 1709 dem Konsolen-Host eine neue, „Campbell“ getaufte Standard-Farbpalette spendiert. Sie stellt unter anderem helles Blau ein bisschen heller und helles Weiß nicht mehr ganz so knallig dar, außerdem tönt sie das Schwarz für den Hintergrund leicht ab.

Um mögliche Änderungen, die der Benutzer durchgeführt hat, nicht zu überschreiben, hat Windows Update die Palet-

te nie aktualisiert, sie steckt nur in Neuinstallationen. Sollte Ihr aktuelles Windows also über Upgrades aus einem alten Windows 10 oder einer noch älteren Version entstanden sein, zeigt Ihre Eingabeaufforderung möglicherweise noch die alten Vollfarben an. Dann können Sie die Palette mit dem Programm „Color Tool“ auf den aktuellen Stand bringen. Das stammt aus der Zeit, als die Campbell-Pa-

### ANSI-Escape-Sequenzen zur Farbsteuerung

Farbe	„Natürlicher“ RGB-Wert	Vordergrund	Hintergrund
Schwarz	#000000	ESC[30m	ESC[40m
Rot	#800000	ESC[31m	ESC[41m
Grün	#008000	ESC[32m	ESC[42m
Gelb	#808000	ESC[33m	ESC[43m
Blau	#000080	ESC[34m	ESC[44m
Violett	#800080	ESC[35m	ESC[45m
Türkis	#008080	ESC[36m	ESC[46m
Hellgrau (Dunkelweiß)	#C0C0C0	ESC[37m	ESC[47m
Dunkelgrau (Hellschwarz)	#808080	ESC[90m	ESC[100m
Hellrot	#FF0000	ESC[91m	ESC[101m
Hellgrün	#00FF00	ESC[92m	ESC[102m
Helligelb	#FFFF00	ESC[93m	ESC[103m
Hellblau	#0000FF	ESC[94m	ESC[104m
Hellviolett	#FF00FF	ESC[95m	ESC[105m
Helltürkis	#00FFFF	ESC[96m	ESC[106m
Weiß	#FFFFFF	ESC[97m	ESC[107m
Zurücksetzen	–	ESC[39m	ESC[49m

Mit ESC sind hier nicht die Buchstaben E, S, und C gemeint, sondern das Sonderzeichen Escape mit dem ASCII-Code 27 (0x1b).

lette eingeführt wurde, und wird nicht mehr offiziell als Download angeboten. Da es aber Open Source ist und im Rahmen der Entwicklung des neuen Windows Terminal entstand, steckt es immer noch etwas versteckt in dessen GitHub-Repositorium (siehe ct.de/yhm4).

Die Zip-Datei enthält neben dem Programm im Unterordner schemes auch einige Paletten. In Ihre Eingabeaufforderung können Sie sie mit einem Aufruf nach dem Muster colortool campbell.ini laden; außer .ini-Dateien verdaut das Programm auch Farbschemata im .itermcolors-Format. Der Aufruf übernimmt die neue Palette zunächst nur für die aktuelle Sitzung. Um sie dauerhaft zu speichern, müssen Sie einmal die Eigenschaften des Fensters aufrufen (Klick auf das Systemmenü hinter dem Symbol in der oberen linken Festecke) und mit OK bestätigen. Eine Standardpalette für neue Konsolenfenster importieren Sie, indem Sie ihrem Dateinamen noch die Option -d voranstellen.

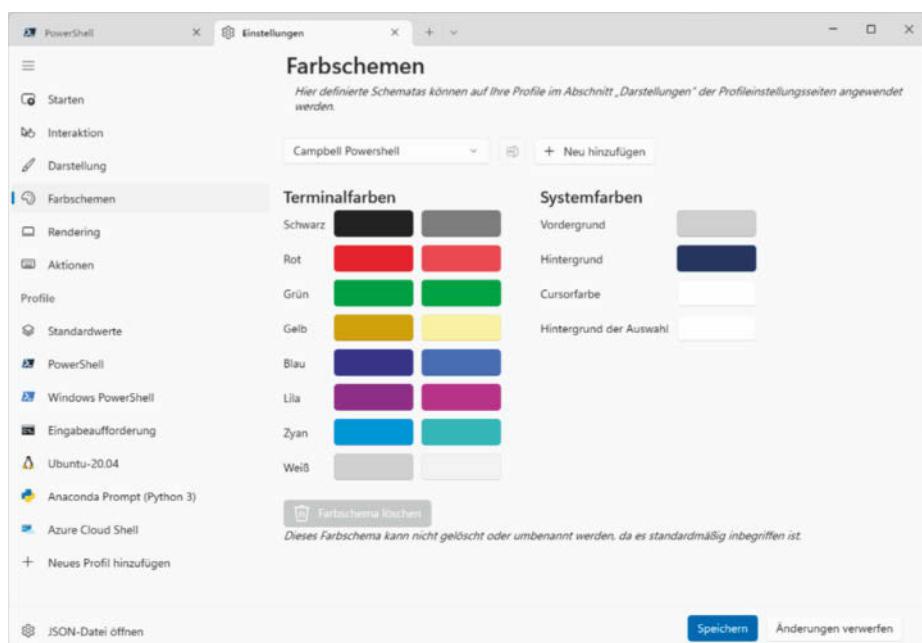
Das Color Tool bringt unter anderem auch das alte Farbschema unter dem Namen cmd-legacy mit. Das könnte vor allem für Gamer interessant sein, die auf einen Röhrenbildschirm schwören und die Farben der Eingabeaufforderung als zu matschig empfinden. Falls Sie sich beim Ausprobieren der anderen Paletten fragen, wer sich wohl die seltsamen Farben in der Datei deuteranopia.itermcolors ausgedacht hat: Das Farbschema wurde speziell für Menschen mit Rot-Grün-Sehschwäche entwickelt.

## Windows-Terminal

Anders als der Konsolen-Host besitzt das Windows-Terminal eine brauchbare eingebaute Verwaltung für Farbschemata. Wenn Sie also bereits die neue Konsole benutzen, brauchen Sie das Color Tool nicht mehr.

Die Farbverwaltung im Windows-Terminal ist zweigeteilt: Es gibt in den Einstellungen eine Seite, auf der Sie Farbschemata verwalten und bearbeiten können. Anschließend weisen Sie jedem Anwendungsprofil, also beispielsweise der Eingabeaufforderung, der PowerShell und so weiter, bei ihren Darstellungsoptionen eine der definierten Paletten zu.

In die Verwaltung der Farbpaletten gelangen Sie, indem Sie die Einstellungen öffnen und in der linken Liste „Farbschemen“ auswählen. Die Bedienelemente zum Ändern einzelner Farben und zum Anlegen neuer Paletten sollten selbsterklärend sein. Zudem mitgelieferten Paletten gehört unter



## Das Windows-Terminal bringt einen eigenen Editor für Farbschemata mit.

anderem das oben schon erwähnte „Campbell“. Die alte Vollfarbenpalette verbirgt sich hinter dem Eintrag „Vintage“.

Was dem Terminal fehlt, ist eine Möglichkeit zum direkten Importieren von Farbschemata. Designer von Farbzusammenstellungen, die ihre Werke etwa auf der Seite terminalsplash.com veröffentlichen, haben sich aber darauf eingestellt: Sie liefern ihre Entwürfe in Form von JSON-Schnipseln aus, die sich auf der Webseite hinter „code“-Knöpfen verbergen. Aus dem daraufhin angezeigten Pop-up kopieren Sie alles zwischen den geschweiften Klammern. Den angebotenen „COPY“-Button benutzen Sie besser nicht, denn er zerstört die Formatierung.

Im Terminal wechseln Sie auf die Einstellungen-Seite und klicken ganz unten links auf den Link „JSON-Datei öffnen“. Der startet den in Ihrem System für JSON-Dateien zuständigen Editor. Wenn Sie noch keinen definiert haben, tut's zur Not Notepad, besser eignen sich aber Programme, die sich direkt auf das Dateiformat verstehen. Besonders empfehlenswert ist Visual Studio Code: Das kann JSON-Dateien nicht nur ansprechend formatieren, sondern erkennt auch Farbdefinitionen und bietet direkt eine Vorschau und einen Farbwähler an.

Die Farbschemadefinitionen stehen in der JSON-Datei normalerweise ganz am Ende, auf jeden Fall aber in einem Abschnitt, der mit "schemes": beginnt. Wer sich nicht näher mit dem JSON-Format beschäftigen möchte, springt in die dritt-

letzte Zeile der Datei – sie sollte nur aus ein paar Leerzeichen und einer schließenden geschweiften Klammer bestehen. Fügen Sie dahinter ein Komma und einen Zeilenumbruch ein und anschließend mit Strg+V die von der TerminalSplash-Seite kopierte Schemadefinition. Wenn Sie die Datei nun speichern und zum Terminal wechseln, erkennt das die Änderung automatisch und sollte die neue Palette in der Liste auf der „Farbschemen“-Seite anbieten.

## Bunt schreiben

Beim Verwenden von Escape-Sequenzen zur Farbsteuerung (siehe Tabelle auf S. 171) besteht das größte Problem darin, das ESC-Zeichen einzugeben. Sowohl der Konsolen-Host als auch das Terminal weigern sich beharrlich, es entgegenzunehmen, egal, ob in der Eingabeaufforderung oder in der PowerShell. Bei direkter Befehlseingabe wird man bunte Schrift aber ohnehin eher selten verwenden, sie ist eher etwas für Batch-Dateien beziehungsweise Skripte.

Aber auch in eine Batch-Datei bekommt man das ESC-Zeichen nicht ohne Weiteres. Der einfachste Weg dürfte darin bestehen, wenigstens einmal die PowerShell zu starten und darin den Befehl

**Set-Clipboard ([char]27)**

auszuführen. Der schreibt das Zeichen mit der Nummer 27, also das ESC-Zeichen in die Zwischenablage. Von dort aus können Sie es in den meisten Editoren per Strg+V

einfügen. Wie ein Editor damit umgeht, unterscheidet sich von Exemplar zu Exemplar. Im besten Fall zeigt er ein Symbol an, das „unbekanntes Sonderzeichen“ signalisiert – so machen es beispielsweise das Windows-eigene Notepad und Visual Studio Code.

Damit können Sie sich dann eine Batch-Datei mit bunter Textausgabe zusammenstoppeln. Wenn Sie das ESC-Zeichen direkt verwenden wollen, können Sie so etwas wie

```
echo [91mRoter[39m Text
```

schreiben. Das Wort „Roter“ wird rot eingefärbt, ESC[39m setzt allen folgenden Text zurück auf die Standardfarbe. Alternativ fügen Sie vor der ersten Textausgabe die Zeile

```
set ESC=[
```

ein und können im Folgenden beispielsweise

```
echo %ESC%[92mAlles grün!%ESC%[39m
```

schreiben. Ihr Editor mag dabei statt des hier verwendeten [ einen anderen Platzhalter für das eingefügte ESC-Zeichen anzeigen.

In PowerShell-Skripten braucht man für farbigen Text nicht ganz so viele Klimmzüge: Zum einen kennt der Befehl Write-Host die Optionen -ForegroundColor und -BackgroundColor; alle gültigen Farbnamen liefert [ConsoleColor]. GetEnumNames(). Zum anderen kann man das ESC-Zeichen als \$([char]27) in Zeichenketten einbauen, sofern sie in doppelte Anführungszeichen eingeschlossen sind, also:

```
Write-Host "$([char]27)[93mGelber" + $([char]27)[39m Text"
```

Auch da können Sie sich ein bisschen Tipparbeit sparen, indem Sie vorne in Ihrem Skript \$Esc = [char]27 definieren und dann nur noch \$Esc verwenden. Wenn Sie Ihre

Skripte nicht für die Windows PowerShell, sondern für die PowerShell 7 schreiben, können Sie sogar `e als Escape-Sequenz für das ESC-Zeichen verwenden, zum Beispiel:

```
Write-Host "`e[44mBlauer Grund`e[49m"
```

Eine kleine Besonderheit gibt es bei der PowerShell noch zu beachten: Wenn Sie sichergehen wollen, dass Ihr Text auf schwarzem Hintergrund erscheint, sollten Sie den auf jeden Fall mit ESC[40m anfordern und sich nicht auf die Option -BackgroundColor Black des Write-Host-Befehls verlassen. Der wählt nämlich immer die vom Benutzer eingestellte Standard-Hintergrundfarbe aus, auch wenn die nicht schwarz ist.

(hos@ct.de) ct

## Literatur

- [1] Hajo Schulz, Wie damals, ANSI-Escape-Sequenzen in der Windows-Eingabeaufforderung, c't 19/2016, S. 150

**Color Tool:** [ct.de/yhm4](http://ct.de/yhm4)

# Hier kommt Verstärkung



Das **Make-Sonderheft** bietet einen praxisorientierten Einstieg in Schaltungen mit Operationsverstärkern inkl. Experimenterset. Will man Sensorsignale verarbeiten oder verstärken, Spannungen überwachen oder Audiosignale filtern: Mit geringem Aufwand und ohne komplizierte Berechnungen setzt man Operationsverstärker ein. Das Heft erklärt, wie alle Schaltungen funktionieren.

- ▶ Operationsverstärker verstehen
- ▶ Komparatoren und Schmitt-Trigger erklärt
- ▶ Spannungsversorgungen und virtuelle Masse
- ▶ Schaltungen selbst entwerfen und berechnen
- ▶ Viele praktische Anwendungen
- ▶ Inkl. Experimenterset Operationsverstärker

**Heft + Experimenterset für nur 49,95 €**



[shop.heise.de/make-opv](http://shop.heise.de/make-opv)

# Tipps & Tricks

# Sie fragen – wir antworten!

## Backups sicher vor Ransomware aufbewahren

❓ Sind meine Backups vor Ransomware geschützt, wenn ich sie von meinem Backup-Programm mit AES256 verschlüsseln lasse? Und wie sicher sind 7z- oder Zip-Dateien mit Kennwort?

❗ Das kommt darauf an, wo Sie die Backups aufbewahren: Wenn sie auf einem Datenträger lagern, der dauerhaft im Zugriff ist, kommt auch eine Ransomware dran. Aus deren Sicht handelt es sich dann ja um Dateien wie alle anderen. Es gibt sogar Ransomware, die nicht nur nach Dokumenten & Co. sucht, sondern auch gezielt nach Dateien mit Endungen typischer Backupformate. Wenn ein Backup verschlüsselt ist, kommen Angreifer nicht an seinen Inhalt heran, können also nicht damit drohen, ihn im Darknet zu veröffentlichen. Mit einer Ransomware können Kriminelle das Backup aber selbst noch einmal verschlüsseln und für die Entschlüsselung ein Lösegeld fordern.

Um Backups so aufzubewahren, dass sie sicher vor Ransomware sind, sollten Sie sie also auf einen externen Datenträger speichern, etwa auf eine USB-Festplatte, die Sie nur dann anschließen, wenn Sie Daten sichern oder wiederherstellen wollen. Ähnlich sicher ist eine Freigabe auf einem NAS-Gerät, für die Sie dann aber ein eigenes Benutzerkonto mit speziellem Passwort einrichten müssen. Auch diese Freigabe binden Sie nur zum Sichern und Wiederherstellen von Daten ein und hängen sie danach wieder aus.

Grundsätzlich gibt es ein gewisses Risiko, dass der Schädling genau dann zuschlägt, wenn man den Datenträger gerade angeschlossen hat. Dagegen helfen Systeme, die sich selbstständig um eine Versionierung der gesicherten Daten kümmern, etwa spezielle Backupserver auf dem NAS, Sync-Lösungen wie Syncthing oder Cloudspeicher. Oder Sie sichern

kurzerhand abwechselnd auf zwei USB-Platten.  
(hos@ct.de)

## HDR10+ oder Dolby Vision?

❓ Wenn mein Smart-TV sowohl Dolby Vision als auch HDR10+ beherrscht, was bekomme ich dann zu sehen, wenn mein Streamingdienst einen Film in beiden Formaten anbietet?

❗ Wir haben diesen Fall mit Amazon – dem einzigen Dienst, der in Deutschland bislang überhaupt HDR10+-Filme im Angebot hat – und einem Philips-TV geprüft. Der erhielt von Amazon bei einem Film, der in beiden HDR-Formaten vorliegt, die Dolby-Vision-Variante. Der Fernseher signalisierte das auch mit einem kurzzeitig eingeblendeten Logo.

Auf HDR10+ hingegen weist Amazon in der Filmbeschreibung nicht hin. Man kann deshalb nicht vorab erkennen, ob ein Film dieses Format besitzt. Samsung-TVs blenden bei der Wiedergabe solcher Filme kurz einen Hinweis auf HDR10+ ein.

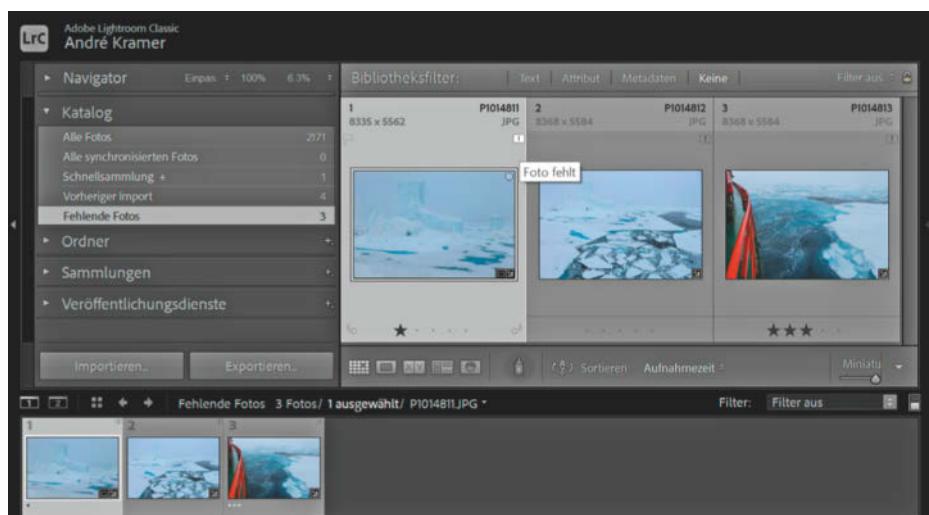
(uk@ct.de)

## Fehlende Fotos in Lightroom

❓ Ich wollte ein älteres Foto in Lightroom Classic bearbeiten, bekam aber eine Meldung, dass das Foto fehlt. Offenbar habe ich es versehentlich gelöscht. Wie kann ich solche Datenbank-Inkonsistenzen aufspüren und beheben?

❗ Lightroom öffnet Fotos nicht direkt von der Festplatte, sondern importiert zunächst nur deren Metadaten in seine Bibliothek. Erst beim Aufruf im Entwickeln-Modul greift Lightroom auf die Originaldaten zu oder meckert, dass es das betreffende Foto in Abwesenheit nicht bearbeiten kann.

Beim Import erstellt der Raw-Entwickler auch ein Vorschaubild. Die Standardvorschaugröße beträgt bei Lightroom Classic 2048 Pixel an der langen Kante. Der Datenbankeintrag besteht weiter, auch wenn das Originalfoto, auf das er verweist, außerhalb von Lightroom gelöscht oder verschoben wurde. Aufgrund der relativ hohen Vorschauauflösung ist also nicht unbedingt ersichtlich, welche Fotos fehlen.



**Der Menübefehl „Nach allen fehlenden Fotos suchen“ listet in Lightroom Classic alle Datenbankeinträge auf, die ins Leere führen.**

Fragen richten Sie bitte an

**ct 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).

Im Bibliotheksmodul erscheint ein kleines Ausrufezeichen in der rechten oberen Ecke des Vorschaubilds, wenn das Originalfoto fehlt. Allen ins Leere führenden Verweisen kommt man in der Bibliothek über den Menübefehl „Bibliothek/Nach allen fehlenden Fotos suchen“ auf die Spur. Lightroom durchforstet dann die gesamte Bibliothek inklusive Unterordner und präsentiert sämtliche Karteileichen in einer Übersicht. Im Kontextmenü kann man den Eintrag über „Im Explorer anzeigen“ neu verknüpfen. Die Option „Nach zugehörigen fehlenden Fotos suchen“ verknüpft andere Fotos im betreffenden Ordner gleich mit. Lassen sich die Fotos aber nirgends finden, bleibt nur, den Datenbankeintrag über „Foto entfernen“ zu löschen. Exportieren kann man die von Lightroom erstellten Vorschaubilder nicht. (akr@ct.de)

## Normen ausleihen

?) In Ihren Artikeln geben Sie ab und zu einschlägige Normen an. Manchmal würde ich einzelne Aspekte gern vertiefen und die Normentexte im Original lesen. Kaufen möchte ich sie aber nicht immer direkt, so weit geht meine Neugier dann doch nicht. Gibt es eine Möglichkeit, diese Dokumente kostengünstig auszuleihen?

!) Ausleihen kann man sie nicht direkt, wohl aber kostenlos einsehen. Dafür gibt es in ganz Deutschland verteilt die Normen-Infopoints, in denen man DIN-Normen und VDI-Richtlinien durchsuchen und vor Ort lesen kann. Diese Stellen befinden sich meist in Universitäts- und Fachhochschulbibliotheken. Man muss aber nicht studieren, um Zugang zu bekommen. Eine Übersicht über die Standorte finden Sie über ct.de/y8zx. (jam@ct.de)

**Normen-Infopoints: ct.de/y8zx**

## USB-Maus soll PC schlafen lassen

?) Damit mein Rechner nicht immer anspringt, wenn ich versehentlich an meine Funkmaus stoße, habe ich im Windows-Gerätemanager das entsprechende Häkchen entfernt. Doch der PC wacht trotzdem aus dem Suspend auf. Liegt das am USB-Funkempfänger?

!) Um das versehentliche Hochfahren des PCs bei Maus- oder Tastaturberührungen zu verhindern, öffnet man üblicherweise den Windows-Gerätemanager (beispielsweise per Rechtsklick aufs Startmenü), sucht dort den Eintrag für die Maus oder Tastatur, öffnet dann per Rechtsklick deren Eigenschaften-Menü, geht in den Reiter „Energieverwaltung“ und schaltet „Gerät kann den Computer aus dem Ruhezustand aktivieren“ aus.

Kommunizieren Maus oder Tastatur allerdings über einen USB-Dongle per Funk mit dem Rechner, müssen Sie zwei Fällen beachten: Als wir die Aufwecksperrre mit einem Microsoft-Dongle für Maus plus Tastatur eingerichtet haben, funktionierte sie erst, nachdem wir den Haken bei beiden Geräten entfernten. Somit dürfen weder Maus noch Tastatur den PC aufwecken – bei Dongles anderer Hersteller könnte das ähnlich sein. Im Gerätemanager haben wir dazu unter „USB-Controller“ den „Microsoft Mouse and Keyboard Detection Driver“ angewählt, im Ansicht-

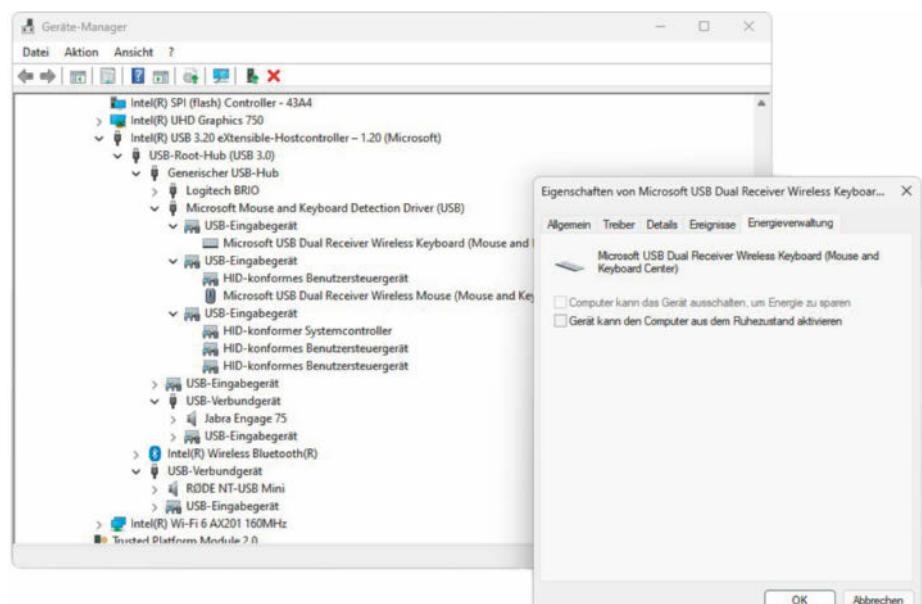
Menü „Geräte nach Verbindung“ gewählt und dann bei allen darunter eingehängten Einträgen (Wireless Mouse, Wireless Keyboard, einige HID-Geräte) den „Ruhezustand“-Haken entfernt. Wir haben keine Möglichkeit gefunden, wie die Tastatur den Rechner aufwecken darf, die Maus aber nicht – oder anders herum.

Zweitens merkt sich Windows diese Einstellung nicht allgemein für den USB-Dongle, sondern spezifisch pro USB-Buchse. Wer den Dongle also umsteckt, muss obige Prozedur wiederholen. Das Gleiche gilt fürs Aufwecken: Sollen Maus und Tastatur den PC aufwecken dürfen, sollten Sie nach jedem Umstecken des Dongles überprüfen, ob die Optionen für diese Buchse korrekt gesetzt sind. (jow@ct.de)

## Eigene Domain und Mastodon

?) Beim Microblogging-Dienst Mastodon bin ich nur unter <mein-name>@<mastodon-server> zu finden. Ich habe aber eine eigene Domain und möchte auch unter <mein-name>@<meine-domain> zu finden sein. Geht das irgendwie?

!) Mastodon nutzt das Protokoll WebFinger (siehe ct.de/y8zx), um die bei einer Suche hinter dem @-Zeichen angegebene Domain zu erkunden. Wenn Sie auf Ihrem Webserver die passende Antwort bereitstellen, wird Mastodon sie anzeigen.



Damit eine per USB-Funk-Dongle angeschlossene Maus-Tastatur-Kombi den Rechner nicht versehentlich aufweckt, muss man das zuständige Häkchen bei sämtlichen Komponenten ausschalten.

Eine einfache Möglichkeit, die Antwort zu erzeugen, ohne dass Sie sich in WebFinger einarbeiten müssen, hat der Entwickler Maarten Balliauw (@maartenballiauw@mastodon.online) gefunden: Speichern Sie einfach den WebFinger-Eintrag Ihres Mastodon-Kontos an der richtigen Stelle auf Ihrem Server ab. Dazu rufen Sie die URL <https://<mastodon-server>/.well-known/webfinger?resource=acct:<mein-name>@<mastodon-server>> auf (Ihren Benutzernamen geben Sie dabei ohne führendes „@“ an) und speichern die Antwort ab: eine Textdatei, die mit `{"subject": "acct:<mein-name>..."}` beginnt. Erzeugen Sie im Hauptverzeichnis Ihres eigenen Webservers das Unterverzeichnis `.well-known` und legen Sie dort die Datei unter dem Namen `webfinger` ab.

Nun müsste jede Suche bei Mastodon nach `<kürzel>@<meine-domain>` als Treffer Ihren Mastodon-Account `<mein-name>@<mastodon-server>` anzeigen. Ein weiterer Vorteil: Wenn Sie auf einen anderen Mastodon-Server umziehen, speichern Sie einfach dessen WebFinger-Antwort auf Ihrem Server, damit `<kürzel>@<meine-domain>` auf Ihren neuen Mastodon-Account verlinkt. In dieser Einfachheit liefert Ihr Server allerdings für jedes angefragte Kürzel dieselbe Datei. Sie können also nicht je nach Kürzel auf verschiedene Mastodon-Konten verweisen oder bei bestimmten Kürzeln eine Fehlermeldung liefern.

Wenn Sie mehrere Domains haben, die Sie per 301-Weiterleitung in `.htaccess` auf Ihre Hauptdomain umleiten, funktioniert das Verfahren möglicherweise nicht, weil die WebFinger-Anfrage nicht korrekt umgeleitet wird. Legen Sie dann einfach im Hauptverzeichnis der verweisenden Domain ebenfalls das Verzeichnis `.well-known` mit der Datei `webfinger` an. Allerdings hilft auch das in der Regel nur dann, wenn Sie der verweisenden Domain ein SSL-Zertifikat spendiert haben (und nicht nur Ihrer Hauptdomain). (jow@ct.de)

**Informationen zum WebFinger-Protokoll:**  
[ct.de/y8zx](http://ct.de/y8zx)

## Procmon lädt keine gespeicherten Filter

Um Windows-Problemen auf die Schliche zu kommen, benutze ich gerne den Process Monitor von Microsoft Sysinternals. Seit einiger Zeit will es mir aber ums Verrecken nicht mehr gelingen,

die angezeigten Ereignisse mit gespeicherten Filtern zu dezimieren. Ich stelle mir die Filteroptionen so ein, wie ich sie brauche, wähle den Befehl „Filter/Save Filter“ und gebe einen Namen ein – zum Beispiel „Policies“. Er erscheint anschließend auch im Menü „Filter/Load Filter“, aber wenn ich den Filter zwischenzeitlich geändert habe und den gespeicherten Eintrag auswähle, passiert einfach nichts. Ich bin mir ziemlich sicher, dass das schon mal funktioniert hat. Was mache ich falsch?

! Nichts. Es handelt sich um einen Bug, den der Process Monitor mindestens seit Version 3.82 mit sich herumschleppt und der auch in der zum Redaktionsschluss aktuellen Version 3.92 noch nicht behoben ist.

Für einen Workaround müssen Sie ein bisschen mit der Registry und deren Export-Dateien jonglieren: Zunächst beenden Sie den Process Monitor und exportieren mithilfe des Registrierungs-Editors regedit den Schlüssel „`HKEY_CURRENT_USER\Software\Sysinternals\Process Monitor`“, zum Beispiel in die Datei `procmon_complett.reg`. In dem genannten Schlüssel speichert der Process Monitor alle seine Einstellungen, darunter auch die Filter.

Die exportierte Datei öffnen Sie nun in einem Texteditor und löschen alles Unnötige. Stehen bleiben nur die ersten paar Zeilen bis einschließlich `[HKEY_CURRENT_USER\Software\Sysinternals\Process Monitor]` sowie die Zeilen ab derjenigen, die – in Ihrem Beispiel – mit `"Filter#Policies"=hex:` beginnt, plus alle folgenden, durch eine Einrückung erkennbar dazugehörigen Zeilen. Zum Schluss ändern Sie noch `"Filter#Policies"` in `"FilterRules"` und speichern das Ergebnis unter neuem Namen, beispielsweise als `procmon_policyfilter.reg`.

Analog basteln Sie sich auch `.reg`-Dateien für weitere gespeicherte Filter.

Wenn Sie nun diesen Filter verwenden wollen, stellen Sie zunächst sicher, dass der Process Monitor beendet wurde. Dann importieren Sie die gewünschte Filterregel per Doppelklick über den Registrierungs-Editor oder mit einem Aufruf des Kommandozeilenbefehls `reg import`. Wenn Sie anschließend den Process Monitor starten, sollten die gewünschten Filterregeln voreingestellt sein. (hos@ct.de)

## „Blackscreen“ bei Nvidia RTX 4000

? Ich habe mir eine Grafikkarte mit Nvidia RTX 4080 gegönnt. Seit ich die eingebaut habe, bleibt mein Bildschirm beim Einschalten sehr lange dunkel. Ich sehe weder das Boot-Logo noch die Hinweise auf die Tastenkürzel für BIOS-Setup und Bootmenü. Erst wenn Windows die Kontrolle übernimmt, gibt es ein Bild, ab dann funktioniert auch alles perfekt. Wie bekomme ich das Boot-Bild zurück?

! Das ist ein bekanntes Problem, das RTX-4000-Karten im Zusammenispiel mit der UEFI-Firmware mancher Mainboards haben. Für Betroffene hat Nvidia ein Update für die Firmware des Grafikchips herausgegeben. Auf der Download-Seite (siehe [ct.de/y8zx](http://ct.de/y8zx)) weist der Hersteller aber ausdrücklich darauf hin, dass Anwender das „Nvidia GPU UEFI Firmware Update Tool v1.2“ wirklich nur dann installieren sollten, wenn bei ihrem System das beschriebene Problem auftaucht. (csp@ct.de)

**Nvidia-Update-Tool:** [ct.de/y8zx](http://ct.de/y8zx)



Bild: Nvidia



# Web-Performance Day

Tipps, Tricks und Tools für schnellere Webanwendungen

15. Februar 2023  
Online

[enterjs.de/web-performance.php](http://enterjs.de/web-performance.php)

Jetzt  
Frühbucher-  
rabatt  
sichern!

Plus 2-Tages-Highspeed-Workshops: JavaScript (6./7.2.2023), Angular (13./14.2.2023)

betterCode()

## API 2023

Die Heise-Konferenz zu Design, Entwicklung  
und Management von HTTP-APIs

30.3. und 27.4.2023 · Online-Konferenz



Jetzt  
Vorträge  
einreichen!

### APIs – die Basis für moderne IT-Systeme

Die betterCode() API bietet Ihnen konzeptuelles Wissen, newest Entwicklungen der Web-API-Entwicklung sowie umsetzbares Praxis-Know-how und Entscheidungshilfen für **Softwareentwickler:innen**, **Softwarearchitekt:innen** sowie **API- und Integrationsbeauftragte**.

- Können Sie Konzepte und fortgeschrittene Aspekte von APIs gut erklären?
- Haben Sie Erfahrungen mit APIs, die Sie mit anderen Fachleuten teilen möchten?

Dann freuen wir uns über Ihre Vorschläge für unser Vortrags- und Workshop-Programm. Reichen Sie Ihre Ideen jetzt über unseren Call for Proposals ein.

[api.bettercode.eu](http://api.bettercode.eu)

Veranstalter



heise Developer

© Copyright by Heise Medien.

dpunkt.verlag

# FAQ

# Steam Deck

Mit dem Steam Deck kann man nicht nur PC-Spiele unterwegs zocken, sondern auch Retro-Videospielkonsolen emulieren und sogar damit arbeiten. Dabei tauchen aber immer wieder Fragen auf.

Von Dennis Schirrmacher

## Was ist ein Steam Deck?

❓ Ein Kumpel hat mir jüngst zwischen Tür und Angel erzählt, dass er sich ein Steam Deck für Videospiele auf langen Zugfahrten kaufen möchte. Ist das eine mobile Spielkonsole wie Nintendos Switch?

❗ Das Steam Deck ist ein Mini-PC im Format einer tragbaren Spielkonsole und hat uns im Test sehr gut gefallen [1]. Es fällt deutlich größer und schwerer als Nintendos Switch aus und hat für ein mobiles System erstaunlich leistungsfähige Komponenten. Als Prozessor kommt eine Zen-2-CPU (4 Kerne, 8 Threads, maximal 3,5 GHz) und als Grafikeinheit eine RDNA-2-GPU (8 Computer Units und 512 Shader-Kerne, maximal 1,6 GHz) von AMD zum Einsatz. Damit laufen sogar anspruchsvolle Titel wie „Cyberpunk 2077“ bei angepassten Grafikeinstellungen (niedrige bis mittlere Details) mit 30 bis 60 Bildern pro Sekunde. Dass Spiele so gut darauf

laufen, liegt auch an der vergleichsweise niedrigen Auflösung des Touchscreens (1280 × 800 Pixel). So muss die GPU „nur“ rund 1 Million Bildpunkte pro Frame rendern, statt 2 Millionen Pixel bei Full HD. Standardmäßig läuft ein modifiziertes Arch Linux namens SteamOS auf dem Steam Deck. Spiele landen im internen Speicher oder auf einer SD-Karte. Windows-Titel kann man dank der Kompatibilitätsschicht Proton spielen.

## Welche Spiele sind kompatibel?

❓ Ich überlege, mir ein Steam Deck zu kaufen. Wie finde ich heraus, welche Spiele aus meiner Sammlung darauf laufen?

❗ Valves Steam Deck bezieht seine Spiele direkt aus dem Steam-Videospielstore. Nach internen Prüfungen kennzeichnet Valve für das Steam Deck geeig-

nete Spiele im Store als „verifiziert“ oder „optimiert“. Das signalisiert interessierten Käufern, dass sich der Titel unter anderem problemlos steuern lässt und dass Texte auf dem 7-Zoll-Bildschirm lesbar sind. Zu den verifizierten Titeln zählen beispielsweise Titel wie „Spider-Man Remastered“, „Doom Eternal“ und „Lego Star Wars: The Skywalker Saga“. Einige Titel sind als „spielbar“ gekennzeichnet. In so einem Fall muss man etwa für bestimmte Eingaben die Bildschirmtastatur aufrufen. Beim Status „unbekannt“ gilt: selbst ausprobieren. Bei „Nicht unterstützt“ funktioniert das Spiel gar nicht. Oft betrifft das Multiplayer-Spiele, die Anti-Cheat-Systeme nutzen. Über ct.de/ynvu können Sie dann prüfen, welche Titel Ihrer Steam-Bibliothek auf dem Steam Deck problemlos laufen. Die Zahl der als kompatibel gekennzeichneten Titel steigt kontinuierlich und Valve gab Ende Sommer 2022 an, dass zu dem Zeitpunkt mehr als 5000 Spiele mit „verifiziert“ gekennzeichnet gewesen seien. Über Umwege kann man auch die Spielelauncher von beispielsweise Epic und Origin nutzen. Wer möchte, kann sogar Windows als zweites Betriebssystem neben SteamOS installieren, um die Spielekompatibilität noch weiter zu erhöhen. Anleitungen dafür gibts im Internet (siehe ct.de/ynvu).

The screenshot shows a dark-themed interface for the Steam Deck. At the top, there's a search bar, battery level (78%), and time (13:48). Below the search bar, it says "FÜR DAS STEAM DECK OPTIMIERTE SPIELE". There are navigation links for "SHOP-STARTSEITE", "KATEGORIEN", "SUCHE", and "WUNSCHLISTE 32". A prominent message in the center reads: "Diese Spiele bestehen alle Kompatibilitätsprüfungen und jedes ist optimiert für das Steam Deck." Below this, there's a large image of the game "God of War" with its title and a price of 49,99€. The game is categorized under Action, Einzelspieler, Abenteuer, and Komplexe Handlung. It's also listed under Mythologie and released on 14. Jan. 2022. At the bottom, there are genre filters: ANGESAGT, ACTION, ABENTEUER, GELEGENHEITSSPIELE, ROLLENSPIEL, and SIMULATIONEN. Buttons for "STEAM" and "MENU" are at the very bottom.

Sind Spiele im Steam Store mit einem grünen Kreis inklusive schwarzem Haken markiert, sind sie Valve zufolge für das Steam Deck optimiert und sollten problemlos laufen.

## Am Fernseher spielen

❓ Ich würde gerne im Wohnzimmer vom Sofa aus spielen. Kann ich das Steam Deck dafür an einen Fernseher oder Monitor anschließen? Und wie sieht es mit Gamepads aus?

❗ Das Steam Deck hat einen USB-C-Anschluss. In der Redaktion konnten wir das Videosignal problemlos mit einem USB-C-Kabel an einen Monitor mit USB-C-Eingang ausgeben. Alternativ klappt das auch mit HDMI- und DisplayPort-Adap-



## Wer möchte, kann das Steam Deck auch mit Maus und Tastatur an einem Monitor als Arbeits-PC nutzen.

tern. Valve bietet außerdem eine Dockingstation (99 Euro) an, über die man die Konsole mit einem Fernseher oder Monitor verbinden kann. Es sind auch andere Dockingstationen von Herstellern wie ivolver und JSAXX für rund 40 Euro erhältlich. Viele Docks laden das Deck und stellen gleichzeitig zusätzliche Anschlüsse wie USB- und Ethernet-Ports bereit. Anders als bei Nintendos Switch taktet die Konsole nicht höher, wenn Sie im Dock steckt, sodass es keinen Performancezuwachs gibt. Gamepads wie etwa einen PlayStation-5-Controller verbindet man via Bluetooth.

## Wie lange hält der Akku?

Ich pendle unter der Woche mehrere Stunden mit der Bahn zur Arbeit. Wie lange hält der Akku des Steam Decks?

Das kann man nicht pauschal beantworten. In unseren Tests ging beispielsweise mit dem anspruchsvollen 3D-Titel „Cyberpunk 2077“ bereits nach rund 90 Minuten der Bildschirm aus. Beim 2D-Titel „Owlboy“ konnten wir wiederum über acht Stunden lang spielen. Mit einer geeigneten Powerbank hält man das Steam Deck unterwegs länger am Laufen. Da der Akku der mobilen Konsole eine Kapazität von 5313 mAh aufweist, sollte eine Powerbank eine vergleichsweise hohe Kapazität von 10.000 mAh haben. Erst dann ist sichergestellt, dass man das Steam Deck im besten Fall mehrmals komplett aufladen kann. Damit der Akku auch

während des Spielens lädt, sollte man zu einer leistungsfähigen Powerbank mit USB-C und USB Power Delivery (USB-PD) greifen. Das Original-Ladegerät liefert 45 Watt, also sollte sich auch die Ladeleistung der Powerbank in dieser Region bewegen. Bei Spielen, in denen es nicht auf schnelle Reaktionszeit ankommt, können Sie in SteamOS auch die Bildwiederholrate auf 30 oder 40 Bilder pro Sekunde beschränken, um durch weniger Bildberechnungen pro Sekunde mehr Spielstunden aus dem Akku zu holen.

## Arbeits-PC

Kann ich das Steam Deck eigentlich auch als normalen PC für Büroarbeiten oder zum Filmen gucken nutzen?

Ja, das funktioniert sogar richtig gut [2]. Auf dem Steam Deck läuft SteamOS, das wiederum auf Arch Linux aufsetzt. Daher bringt das System unter anderem Treiber für Mäuse, Tastaturen und Monitore mit. Außerdem kann man beispielsweise Büro- und Multimedia-Anwendungen installieren. Um den Desktopmodus zu aktivieren, halten Sie den Powerknopf gedrückt und wählen „zum Desktop wechseln“ aus. Am besten arbeiten Sie mit einem USB-C-Hub, um mehrere Peripheriegeräte anschließen zu können. Praktisch ist zudem ein USB-C-Power-Eingang, sodass man das Deck über das am Dock angeschlossene Netzteil laden kann. In unseren Tests funktionierte sogar problemlos eine Webcam für Videomeetings.

Natürlich können Sie mit dem portablen Mini-PC auch im Internet surfen und Videos schauen.

## Steam Deck aufrüsten

Ich überlege, mir das Steam Deck in der günstigsten Version mit nur 64 GByte Speicherplatz zu kaufen. Kann ich den Speicher erweitern?

Ja, das geht, und zwar am einfachsten mit einer MicroSD-Karte. Bei uns hat das beispielsweise problemlos mit einer 2-TByte-Karte funktioniert. Wenn Sie sich schnellere Ladezeiten wünschen, können Sie auch eine SSD einbauen. Aber Vorsicht, dafür müssen Sie das Steam Deck öffnen und an der offenen Hardware operieren. Dafür gibt es aber gute Tutorials im Netz – etwa bei iFixit (siehe ct.de/ynvu). Obacht: Damit erlischt mit hoher Wahrscheinlichkeit der Garantieanspruch. Kompatibel sind ausschließlich NVME-SSDs mit dem Format M.2 2230. Passende SSDs mit 1 TByte gibt es derzeit ab rund 150 Euro.

## Retrospiele

Kann ich eigentlich auch Retrospiele auf dem Steam Deck spielen?

Ja, das Steam Deck eignet sich sehr gut dazu, ältere Spielkonsolen zu emulieren. Neben 2D-Titeln von SNES & Co. konnten wir sogar einige 3D-Titel der PlayStation 3 wie „Dark Souls“ größtenteils ruckelfrei darauf spielen. Die Einrichtung ist dank des EmuDeck-Projekts gar nicht schwer [3]. Dabei handelt es sich um eine Skriptsammlung, die verschiedene Emulatoren automatisch installiert und die Einstellungen optimiert.  
(des@ct.de)

## Literatur

- [1] Liane M. Dubowy, Taschenspielerei, Mobile Steam-Bibliothek: Spielkonsole Valve Steam Deck im Test, c't 9/2022, S. 112
- [2] Liane M. Dubowy, Nicht nur zum Spielen, Gaming-Handheld & mehr: Valves Steam Deck als Linux-PC, c't 14/2022, S. 162
- [3] Dennis Schirrmacher, Retrogaming to go, Videospielkonsolen auf dem Steam Deck emulieren, c't 25/2022, S. 158

**Kompatibilität Steam-Bibliothek prüfen, Anleitungen:** [ct.de/ynvu](http://ct.de/ynvu)



Daniel Braun

**Java Schnelleinstieg**

Programmieren lernen in 14 Tagen

mitp, Frechen 2022

ISBN 978-3747503928

296 Seiten, 17 €

(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: gleicher Preis; zudem enthält das gedruckte Buch einen Code für den kostenlosen E-Book-Download)

## Java-Express

**Trotz junger und attraktiver Konkurrenz ist Java noch immer eine der am weitesten verbreiteten Programmiersprachen. Daniel Braun veranstaltet mithilfe von Codebeispielen eine Art Schnelldurchgang.**

Java zu lernen lohnt sich weiterhin – schon wegen der schieren Masse bestehender Projekte dürfte die objektorientierte Sprache von Oracle noch lange relevant bleiben. Daniel Brauns Buch verlangt Lesern keine Vorkenntnisse ab. Einsteiger sollen damit innerhalb von 14 Tagen sowohl die Sprache als auch das allgemeine Programmierhandwerk erlernen.

Zunächst beschreibt Braun grob den Einsatz von Java auf der Kommandozeile sowie die gängigen Entwicklungsumgebungen Eclipse und IntelliJ. Dabei beschränkt er sich auf das absolut Notwendige, also das Editieren, Kompilieren und Starten von Programmen. Behutsam führt er anschließend die wesentlichen Teile der Java-Syntax und die Datentypen ein. Er startet mit Textaus- und -eingaben und erläutert dabei das Prinzip der Typumwandlung. Nach und nach reichert er seine Programme mit bedingten Verzweigungen, Schleifen und Funktionen an. Als durchgehendes Beispielprojekt dient eine Adressverwaltung.

Auf den ersten knapp 200 Seiten kommt einiges an Syntax zusammen. Der Autor streift auch fortgeschrittene Themen wie Ausnahmen, Klassen, Arrays und Listen. Insgesamt geht er aber nie wirklich in die Tiefe; Konzepte wie Interfaces (Schnittstellen) oder Generics (generische Elemente) kratzt er nur an. Wichtige Techniken wie Lambda-Ausdrücke fehlen – sie verschmelzen die klassische objektorientierte mit der modernen funktionalen Programmierung.

Im letzten Drittel des Buchs behandelt er eine Reihe von Themen, die in modernen Softwareprojekten immer wieder eine Rolle spielen, darunter das Datenaustauschformat JSON, die UI-Bibliothek Swing, Multithreading, REST-Services und relationale Datenbanken. Als Beispiel für letztere nutzt er Apache Derby und verwendet dabei auch SQL. All das hechelt er auf nur 90 Seiten durch und kann dabei lediglich einen groben Überblick vermitteln.

Mit dem Buch gelingt es Novizen tatsächlich, in die Java-Programmierung hineinzuschnuppern. Nachdem sie die vielen kleinen Übungen absolviert haben, können Leser Java-Code zumindest verstehen, sofern dieser nicht allzu komplex ist. Um selbst halbwegs anspruchsvollen Code zu schreiben, bedarf es aber noch einiger Erfahrung und vertiefender Literatur.

(Maik Schmidt/psz@ct.de)

## Unvollständiges Genie

**Es gibt Menschen, deren Denkvermögen so weit über dem Durchschnitt liegt, dass viele Zeitgenossen kaum imstande sind, ihnen zu folgen. Kurt Gödel war ein solcher Mensch, wie die von Budiansky verfasste Biografie zeigt. Sein Unvollständigkeitssatz hat die Mathematik nachhaltig erschüttert.**

Mit nur 23 Jahren bewies Gödel den Vollständigkeitssatz und damit die Vollständigkeit der Prädikatenlogik erster Stufe. Das war ganz im Sinne des „Hilbertprogramms“: Der 1929 bereits hoch angesehene Mathematiker David Hilbert versuchte damit, ein System widerspruchsfreier Axiome zu etablieren. Gödel versetzte ihm jedoch anschließend mit seinem Unvollständigkeitssatz einen erheblichen Dämpfer. Der bewies nämlich, dass es in hinreichend starken formalen Systemen Sätze gibt, die sich weder beweisen noch widerlegen lassen. Das wirkt sich unter anderem auf die Informatik aus.

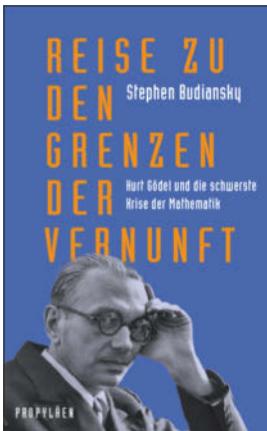
Stephen Budiansky beleuchtet Gödel in seiner Biografie nicht primär als Logiker. Vielmehr legt er nach und nach dessen zutiefst menschliche Seite frei und beschreibt detailliert, unter welchen Umständen der stets von Existenzängsten geplagte Mann aufwuchs. Budiansky holt bisweilen weit aus, aber seine Exkurse über die politischen Verhältnisse in Böhmen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts helfen sehr, Gödels Werdegang zu verstehen.

Einen Großteil seines Lebens verbrachte der vielfältig Gelehrte in Princeton und wurde dort ein guter Freund Albert Einsteins. Auch John von Neumann und andere berühmte Wissenschaftler schätzten ihn sehr. Der Autor versteht es gut, Gödels Persönlichkeit über diese Beziehungen indirekt herauszuarbeiten. Dabei wird immer deutlicher, wie groß die psychischen Probleme waren, die letzten Endes zum Tod des Denkers führten.

Trotz seiner inneren Kämpfe leistete Gödel Beachtliches. Er beschäftigte sich mit Cantors Kontinuumshypothese, dem Auswahlaxiom und der allgemeinen Relativitätstheorie. Auch das P-NP-Problem postulierte er beinahe nebenher. Viele seiner Arbeiten brachte Gödel nicht zu Ende.

Seine Witwe vernichtete einen Großteil seiner Korrespondenz; so musste Budiansky vieles aus Berichten von Wegbegleitern erschließen. Dieser indirekte Blick wiederum führte dazu, dass diese Biografie sich ihrem fragilen Protagonisten auf wohltuend behutsame Weise nähert. Ein Plus für deutsche Leser: Die Übersetzung des im Original englischsprachigen Buches ist vorzüglich gelungen.

(Maik Schmidt/psz@ct.de)



Stephen Budiansky

**Reise zu den Grenzen der Vernunft**

Kurt Gödel und die schwerste Krise der Mathematik

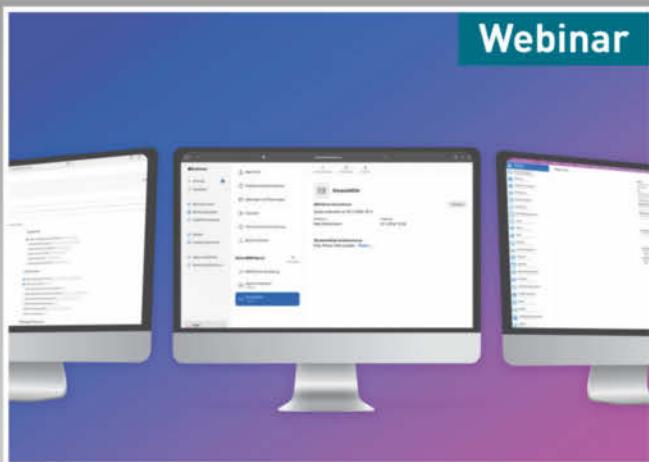
Propyläen, Berlin 2022

ISBN 978-3549100394

464 Seiten, 28 €

(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 24 €)

# Mac & i Wissen erfahren



## MDM und ABM: Neues in der Apple-Geräteverwaltung

Praktisches Wissen zum Verwalten von iOS-/macOS-Geräten in Unternehmen und zum Apple Business Manager – bringen Sie auch Ihr Wissen zu MDM auf den neuesten Stand.

17.01.2023



## Die neuen APIs in macOS, iOS, iPadOS, watchOS und tvOS in der Praxis

iOS 16 und macOS 13 Ventura bieten ungewöhnlich viele neue Features für Ihre Apps. Lernen Sie anhand praktischer Beispiele, wie Sie diese als Entwickler umsetzen.

25.01.2023



Workshop

## Apple-Geräte professionell verwalten

Sie lernen im Workshop die Gerätemanagement-Optionen für firmeneigene iOS-Geräte kennen und die Anwendung des Apple Business Managers.

24. - 25.01.2023



## Barrierefreie Apps auf allen Apple-Plattformen

Apple unterstützt Menschen mit Einschränkungen geradezu vorbildlich. Das Webinar vermittelt Entwicklern Einsatz und Wirkung von Apples Accessibility-Framework in eigenen Apps.

08.02.2023

Jetzt Frühbucher-Rabatt sichern:  
[www.heise-events.de](http://www.heise-events.de)



# SANTA'S SHOPPING SUPERSTAR

VON CHRISTIAN ENDRES

**R**iesige bunte Kampfroboter, von Kamerasdrohnen umschwirrt, gehen mit allem aufeinander los, was sie haben: mit langen Kettensägen und runden Twinsaws, mit Schwertern und Äxten. Zudem setzen sie ihre stählernen Fäuste am Ende der gepanzerten Skelettarme ein. Metall kreischt, Funken sprühen, Kabel reißen, Schmier- und Kühlflüssigkeiten spritzen durch die raue Winterluft in den aufgewühlten Schnee.

Es ist mal wieder diese Zeit des Jahres.  
Ihr wisst schon ...  
Weihnachten.

\* \* \*

Weihnachten ist nur für die Reichen ein rauschendes Fest. Das soll jetzt nicht zynisch klingen. Aber wenn man oft genug in die enttäuschten Gesichter der eigenen Familie blicken musste, weil es nicht für die ganz, ganz tollen Geschenke gereicht hat, bleibt eine gewisse Bitterkeit hängen. Wir alle wollen unsere Lieben strahlen sehen, erst recht an Weihnachten.

Entsprechend überschwänglich war die Freude bei mir, meiner Frau Sasha sowie unseren Töchtern Carmella und Britt, als unser Los zu den 24 gehörte, die Anfang Dezember gezogen wurden.

Haltet mich nicht für naiv. Ich weiß, dass die Lose nur von solchen Läden ausgegeben werden, in denen Menschen einkaufen, die auch wirklich an der Show teilnehmen würden. Und mir ist auch bewusst, dass *Santa's Shopping Superstar* unsere Klassengesellschaft feiert statt kritisiert. Im alten Rom waren es Gladiatoren, im Hier und Jetzt sind es ein paar arme Schlucker und zwei Dutzend Kampfroboter.

Diese Show ist *das* Event vor den Feiertagen. Die Zugriffszahlen des Live-Streams am 23. Dezember stellen alles in den Schatten. Vor zwei Jahren waren die Server so überlastet, dass nicht nur der Stream von *Santa's Shopping Superstar* vorübergehend aussetzte, sondern das ganze Internet ächzte.

**Glaubt etwa jemand, Reality-TV habe bereits die Grenzen seiner Möglichkeiten erreicht? Kybernetik, Virtual-Reality-Technik und die verzweifelte Konkurrenzsituation der Streaming-Anbieter treiben das voyeuristische Spektakel zu neuen brutalen Höhepunkten. Dabei dürfen natürlich gerade zu Weihnachten lieb gewonnene Rituale und die entscheidende Prise Besinnlichkeit nicht fehlen.**

Als Austragungsort der Show dient ein alter Truppenübungsplatz, zu dem eine Kaserne und ein Verwaltungsgebäude gehören. Das unebene, weitläufige Gelände setzt sich aus einem großen Hügel, Senken, Wiesen und viel Wald zusammen; Kunstschnee und Matsch ringen um die Vorherrschaft. Gehört man zu den Glücklichen, deren Los gezogen wird, steuert man aus einem Einzelzimmer in der Kaserne heraus mittels VR-Ganzkörperanzug und Visor einen Kampfroboter durch dieses Areal.

Ich habe mal irgendwo gelesen, dass die Bots ursprünglich fürs Militär entwickelt wurden und bereits vor Jahren angeblich über dubiose Umwege auf einer Weihnachtsbaumplantage landeten. Dort konnte man per Fernsteuerung seine Tanne fällen und mit einer Virtual-Reality-Brille alles hautnah miterleben. Wie die Metallriesen dann zur ersten Ausgabe von *Santa's Shopping Superstar* kamen, blieb ungeklärt. Jedenfalls hatten die Veranstalter die mächtigen Metalskelette und Panzerungen für ihren Zweck in den Farben grellbunter Weihnachtsbaumkugeln angemalt. Seit das Streaming-Format ein Erfolg ist, bauen die Showmacher allerdings eigene Roboter, statt die erste Generation immer wieder zusammenzuflicken.

Jeder der ausgelosten Showteilnehmer steuert einen dieser Maschinenkrieger. Das Ziel besteht darin, im Battle-Royal-Modus die anderen Avatare auszuschalten. Dazu kann man die rohe Kraft des eigenen Bots nutzen, aber auch Ketten- und Zwillingsägen, Schwerter, Metallrohre sowie weitere Waffen, die überall auf dem Gelände versteckt sind. Hat ein Stahlstreiter die Konkurrenz eliminiert, wird auf dem Hügel ein beeindruckendes Feuerwerk abgebrannt. Der riesige Hangar aus transparentem Panzer-Plex, der ganz oben steht, öffnet sich, sobald nur noch ein Roboter übrig ist. In diesem Hangar befinden sich die Luxusgeschenke vom Traumwunschzettel aller Mitspieler – wer gewinnt, kriegt die Weihnachtsgeschenke von allen, während der Rest leer ausgeht. Man behält die Autos, Sportdrohnen, Schmuck-

stücke, Spielkonsolen und was man sonst noch will. Den Rest verschenkt oder verscherbelt man.

\* \* \*

Das große Plus dabei: Ein, zwei Jahre lang genießt man C-Promi-Status und während dieser Zeit hagelt es Werbeverträge, bevor man wieder in der Bedeutungslosigkeit verschwindet.

Daher legt jeder Teilnehmer es mit aller Kraft darauf an, den Sieg zu erringen. So kommt es zu brutalen Schlachten der leistungsstarken Kampfmaschinen – buchstäblich bis Funken und Fetzen fliegen.

Schwebende Drohnenkameras zeichnen das Ganze aus allen möglichen Winkeln auf. Im Verwaltungsgebäude sorgt die Regie dafür, dass die Haupt-Feeds stets die krassesten Fights zeigen, obwohl alle Zuschauer individuell entscheiden können, welche Roboter und wie viele Splitscreens sie gleichzeitig verfolgen wollen. Wer möchte, kann sogar Point-of-View-Feeds zuschalten und das Geschehen so aus der Perspektive eines Kämpfers verfolgen.

Sehr beliebt ist auch der Blick auf diejenigen Teilnehmer, deren Bot just aus der Show gekickt und geschrattet wurde. Denn das ist der Haken an der Chance auf den Geschenkeberg – und daraus gewinnt das Streaming-Format seinen so wichtigen sadistischen Faktor: Wer ausscheidet, bleibt bis nach den Feiertagen in seiner Kammer in der Kaserne eingesperrt. Die Verlierer werden gut verpflegt und alles, doch sie sehen ihre Familien an Weihnachten nicht, es gibt auch keinen Videoanruf und keine Textnachrichten. Hand aufs Herz: Die meisten von uns wollen doch an Heiligabend zu Hause sein, Sprüche hin oder her. Aber so sind die Regeln von *Santa's Shopping Superstar*. Wer der Teilnahme zustimmt, akzeptiert dieses Risiko und muss, wenn er verliert, als Konsequenz ein einsames, trauriges Fest verbringen.

\* \* \*

Wenn sich Geist und Körper mit dem Interface des Roboters verbinden, fühlt es sich kurz an, als würde man nach oben fallen. Dann jedoch werden die Empfindungen, Bewegungen und Wahrnehmungen des Maschinenkriegers zu den eigenen.

Ich sehe stählerne Gelenke, Kolben und Kabel sowie die tannengrünen Panzerelemente meiner Arme und segmentierten Finger. Über mir kreist ein Schwarm kleiner Drohnen. Das, was die Bot-Kameras von der Wirklichkeit draußen aufnehmen, wird durch einen Layer mit Statusanzeigen für Power, Rüstung und so weiter ergänzt. Überdies geben leuchtende Mini-Roboter-Grafiken darüber Auskunft, wie viele andere Mitspieler noch aktiv sind.

Wir hatten eine Woche Training, damit die Fights nicht dadurch enden, dass wir reihenweise umfallen und nicht mehr ohne Hilfe aufstehen können. Es geht schließlich um den „Last Bot Standing“.

Die Startpunkte der Teilnehmer sind gleichmäßig übers Gelände verteilt. Für mich beginnt der Kampf um die Megabescherung in einem der dichten Wäldchen. Zögerlich setze ich meinen Bot zwischen den Tannen, Eichen, Kiefern und Buchen in Bewegung. Schnee, Matsch, Steine und gefrorene Pfützen bilden einen töckischen Untergrund. Ein blöder Sturz

könnte etwas beschädigen und meinen Metallkoloss vor allem für einen folgenschweren Angriff verwundbar machen. Allerdings hat mein Vorgehen ebenso viel mit Taktik zu tun: Ich habe nicht vor, mich blindwütig in Duelle zu stürzen oder in einen Hinterhalt zu rennen. Sollen die anderen einander erst mal weichklopfen und das Feld ausdünnen. Mir geht es nicht darum, ein tolles Spektakel abzuliefern. Ich bin vielmehr hier, damit meine Familie das beste Weihnachten aller Zeiten erlebt. Mit mir zusammen und einem Haufen Wahnsinns geschenken.

## LEUCHTENDE MINI-ROBOTERGRAFIKEN GEBEN DARÜBER AUSKUNFT, WIE VIELE ANDERE MITSPIELER NOCH AKTIV SIND.

Dieser Plan hält genau so lange, bis neben mir der Wald zu explodieren scheint. Zwei ineinander verkeilte Kampfroboter reißen eine Schneise der Verwüstung ins Gehölz und den Schnee – beides wird eine dabei gefällte Eiche zum Verhängnis, die sie unter ihrem Stamm begräbt. Zwei Bot-Lichter erlöschen. Ich kann meinen mechanischen Krieger knapp in Sicherheit bringen und kriege nur einen Ast ab. Danach verziehe ich mich schleunigst, der Lärm ist garantiert nicht unbemerkt geblieben.

Am Waldrand verharre ich. Von rechts höre ich das Kreischen einer Kreissäge, die sich durch Metall frisst. Ich warte ab. Das schrille Geräusch verstummt und das Licht eines weiteren Teilnehmers auf dem Display erlischt.

Und schon droht es mich als Nächsten zu erwischen.

Dass mein Gegner eine große Show abziehen will, hält mich im Spiel. Denn anstatt mich leise mit dem riesigen Schwert zu erledigen, das er gefunden hat, stößt er über seine Speaker einen Kampfschrei aus, derweil sein Bot auf meinen zustürmt.

„Für Santa!“, ruft eine Männerstimme.

Mein Roboter wirft sich flach in Schnee und Schlamm.

Die Enthauptung fällt vorerst aus – übrigens wäre das dabei fällige gewaltsame Entkoppeln des VR-Links kein Zuckerschlecken, wie ich bereits im Training feststellen durfte. Mein Avatar rollt herum und tritt dem sterngelben Angreifer die Beine unter dem Körper weg. Er fällt und lässt das Schwert los, das sich mein Bot beim Aufstehen schnappt und von oben beidhändig im Brustpanzer des anderen versenkt, bis Tech-Eingeweide und Rauch aus ihm quellen.

Ich bin nicht besonders gut mit diesen Waffen, die meine Balance versauen. Daher lasse ich das Schwert neben dem gefallenen Metallkämpfer zurück.

Immer mehr Player-Lichter verlöschen.

Nach einer Weile verrät mir mein Display, dass außer meinem bloß noch zwei weitere Roboter übrig sind.

Zeit für die Bescherung, Kinder.

Mein inzwischen reichlich dreckiger Maschinenkrieger stupft leicht hinkend durch den Schnee. Auf dem Weg zur

Schatzkammer zähle ich allein auf dieser Seite des Hügels fünf ausgeschaltete, teilweise übel zugerichtete Roboter. Einer wurde glatt geköpft, sein Schädel liegt zehn Meter entfernt. Einem anderen, der auf dem Bauch liegt, steckt eine Kettensäge im zerfetzten Torso.

Ich frage mich, was meine Töchter denken, die meinen Feeds folgen. Nicht zum ersten Mal hege ich Zweifel daran, ob dies das Bild von Weihnachten ist, das ich ihnen vermitteln will.

Ich schiebe den Gedanken beiseite.

Bloß noch zwei weitere Roboter.

Crunch Time.

Als ich oben auf dem Hügel ankomme, sind die beiden anderen bereits da. Die Plex-Schatzkammer mit den Autos und was nicht noch allem leuchtet effektvoll.

Es ist aber zunächst allein der Kampf, der meine Aufmerksamkeit fesselt. Ein rentiernasenroter Bot reißt einem schlammverschmierten eisblauen Stahlfighter den Arm aus, wodurch Kabel, Hydraulikleitungen und Metallverstrebungen brutal durchtrennt werden. Aus den Speakern des beschädigten Roboters erklingt das Schreien und Fluchen einer jungen Frau; aus den Lautsprechern des Roten das Gelächter eines mittelalten Mannes. Der einarmige Roboter, sichtlich angeschlagen, kommt aus dem Gleichgewicht und schwankt. Der Rote versetzt ihm einen Tritt, der Blaue torkelt über die Kante des Hügels und verschwindet aus meinem Sichtfeld. Sein Widersacher wirft ihm in einer verächtlich wirkenden Geste den abgetrennten Arm hinterher.

## „DU ODER ICH, EINER VON UNS GEHT MIT DEM JACKPOT NACH HAUSE.“

Dann bemerkt er mich und fährt kampfbereit herum.

„Warte kurz!“, sage ich hastig und lasse meinen Roboter die leeren, geöffneten Hände heben. „Ich will was sagen!“

„Warum?“, fragt der Mann, der den Fighter in Rudolph-Rot lenkt. „Was gibt's jetzt noch zu reden? Du oder ich, einer von uns geht mit dem Jackpot nach Hause. Also beenden wir's. Ich will zurück zu meinen Leuten. Ich sehe, du hast auch keine Waffe. Wird ein Oldschool-Showdown.“

„Warte! Ob oldschool oder nicht: Das hier ist total bescheuert. Irgendwie wusste ich schon immer, dass diese Show Weihnachten in den Dreck zieht. Aber wir lassen uns zu Hightech-Barbaren machen. Zu Botschaftern von Kommerz, Gier und Krieg!“

„Och. Und trotzdem bist du hier.“

Der Treffer sitzt. „Ja. Stimmt. Ich war auch gierig. Heiß auf die Geschenke. Das gebe ich zu. Aber jetzt sehe ich klarer.“ Ich denke an Sasha, Carmella, Britt und die Abermillionen Leute, die mir in diesem Moment zusehen und zu hören. Meine Stimme bebt, als ich fortfahre. „Ich schäme mich inzwischen dafür, dass ich hier mitmache. Dass ich andere dazu verdamme, Weihnachten ohne ihre Lieben verbringen zu müssen. Sie demütige, vielleicht sogar in Depressionen stürze. Was soll daran weihnachtlich sein?“

Aus den Speakern des Roten erklingt ein belustigtes Schnauben. „Bisschen spät für Scheinheiligkeit, oder? Und sag mir jetzt nicht, dass der Geist der Weihnacht in dich gefahren ist.“ Der Roboter macht einen drohenden Schritt auf meinen zu. „Obwohl. Ist egal. Ich prügle ihn einfach wieder aus dir raus. Ho-ho-ho!“

„Nicht! Wir sollten die, die ausgeschieden sind, aus ihren Zellen befreien. Dann die Schatzkammer aufbrechen und die Geschenke verteilen. Das wäre eine weihnachtliche Message.“

„Viel Glück damit“, sagt der Rote, stürzt sich auf meinen Bot und deckt ihn mit harten Doppelhand-Schlägen ein.

Ehe ich mich versehe, liegt meine Kampfmaschine auf dem Rücken und ein rotes Bein tritt auf die grüne Brustplatte ein.

Die Anzeigen für Panzerung und Power fallen rapide.

Da trifft etwas meinen Angreifer von hinten und schleudert ihn über mich hinweg. Keiner von uns hat darauf geachtet, dass das Licht des blauen Bots trotz des ausgerupften Arms und des Sturzes nie erloschen ist. Jetzt ist der rampanierte Robokrieger auf dem Hügel zurück und schwingt seinen ausgerissenen Arm wie eine Keule. Seine Servos heulen bei jeder Bewegung, aus der Schulter spritzt stoßweise Flüssigkeit – und doch drischt der Blaue auf den Roten ein.

„Gute Ansprache.“ Man hört, dass die Frau irgendwo in einer der Kammern neben mir vor Erschöpfung und Feedback keucht und zittert. „Hat mir gefallen. Scheiß auf das hier. Es ist Weihnachten. Befrei du die anderen, ich schaff's vermutlich nicht mehr bis da unten. Aber ich kümmere mich um unseren roten Freund hier. Nun geh schon!“

Kurz frage ich mich, ob ich ihr trauen kann, aber darauf muss ich es jetzt ankommen lassen. Ich drehe meinen Bot um – und als ihn kein Roboterarm trifft, geht es den verschneiten Hügel hinab. Bunte Robo-Gladiatoren, die wie kaputtes, achtlos weggeworfenes Riesenspielzeug daliegen, säumen meinen Rückweg zur Kaserne.

Auf einmal ertönt die Stimme von Marcus, dem verantwortlichen Produzenten der Show, in meinen Ohren.

„Geh zurück zum Hügel und bring es zu Ende, du Idiot.“

„Nein.“

„Du hast einen Vertrag unterschrieben.“

„Dass ich mitspiele. Nicht, wie ich spiele. Hey, Sasha, Carmella, Britt ... ich hoffe, ihr seid stolz auf mich!“

„Du Vollpfosten. Nachdem klar war, dass deine große Rede da oben nicht bloß Taktik ist, um deine Gegner einzulullen, haben wir dich stumm geschaltet.“

Panik überkommt mich. „Und wieso habt ihr meine Verbindung oder meinen Roboter nicht ganz lahmgelegt?“

Marcus knurrt. „Softwareproblem. Wir könnten im Moment nur alle kollektiv offline nehmen. Aber die beiden auf dem Hügel kämpfen ja noch. Das Hauptevent wollen wir nicht verlieren. Unsere IT ist dran und ich bin mir sicher, dass wir dich rausschmeißen, bevor du die Kaserne erreichst. Aber hör mal, lass uns das vernünftig regeln. Du versautest allen die Show.“

„Eure Zugriffszahlen gehen sicher durch die Decke.“

„Das meine ich nicht. Der letzte Kill, das Feuerwerk, die Geschenke – das gehört zur Show und ist für viele ein Ritual. Ein Signal dafür, dass Weihnachten losgeht. Der Startschuss für die Feiertage.“

## Über den Autor

Das Weihnachtsfest hat es **Christian Endres** angetan: Mit seiner inzwischen elften c't-Story setzt er zugleich seine eigene weihnachtliche Serie fort, die mit dem „Tannenbaum-Terminator“ in c't 26/2019 begann und über den „Scrooge-Test“ in c't 26/2020 bis zum „Stress im Santaplex“ in c't 1/2022 führte. Die aktuelle Story greift ausdrücklich auf die robotischen Terminatoren von 2019 zurück. Endres zeigt eine ausgeprägte Vorliebe für Action-reiche Erzählungen mit deutlichem Augenzwinkern. Der 1986 geborene Würzburger arbeitet als freier Redakteur unter anderem für den Tagesspiegel, den Tip Berlin und Panini Comics. Sein Fantasy-Roman „Die Prinzessinnen – Fünf gegen die Finsternis“ über eine Truppe von Söldnerinnen, die ebenfalls Äxte und Schwerter schwingen, wird im April 2023 bei Cross Cult erscheinen.



Bild: Christian Endres

„Netter Versuch. Aber ich schätze, es läuft auf ein Wettrennen zwischen mir und eurer IT hinaus.“

„Du bist *wirklich* ein Idiot.“

Kaum dass Marcus das gesagt hat, trifft etwas meinen Roboter am Hinterkopf, und im ersten Moment denke ich, dass auf dem Hügel der Falsche gewonnen hat oder der Verrat mich doch noch einholt.

Allerdings ist es eine der Kameradrohnen, die an der Panzerung zerschellt und explodiert ist.

Jetzt versuchen sie mit allen Mitteln, mich zu stoppen.

Ich hebe eine Rettungssäge auf, die neben einem reglosen Bot liegt. Sie sieht aus wie eine Monster-Kreissäge. Als ein ganzer Schwarm surrender Drohnen anrauscht, bin ich bereit und mein Kämpfer schwenkt die kreischende Säge in der Luft. Drohnen regnen vom Himmel. Ein paar kommen durch und treffen.

Der Power-Level meines Avatars sinkt weiter.

Nichtsdestotrotz erreiche ich den geteerten Platz vor den Gebäuden. Der Santa-Bot, der nur für Promos benutzt wird, stellt sich mir in den Weg. Keine Ahnung, wer ihn lenkt.

## DER POWER-LEVEL MEINES AVATARS SINKT WEITER.

Mein Roboter ist angeschlagen, aber er wird nicht langsamer. Er trennt Robo-Santa mit der Säge in zwei Hälften und rennt weiter. Scheppernd rammt mein Krieger mit der Schulter das Haupttor der Kaserne auf. Drinnen tritt mein lädiertes Robo nach und nach die elektronisch verriegelten Zellentüren ein. Niemand versucht, mich aufzuhalten: Die Security-Leute sind am Eingang des Geländes, wo eine Demo

für die Rechte von künstlichen Persönlichkeiten und Lebensformen seit gestern zu eskalieren droht. Und keiner der übrigen Mitarbeiter will es für das Gehalt einer Regieassistentin oder eines Caterers mit einem Kampfroboter aufnehmen. Sie gaffen nur.

Die anderen Teilnehmer in den Kabinen haben die Übertragung gesehen und jubeln bei ihrer Befreiung.

Eine Tür fehlt noch – meine eigene.

Allerdings werde ich dieses Adventskalendertürchen wohl nicht ganz öffnen. Die Bewegungen meines Roboterkriegers sind immer langsamer geworden, die roten Warnanzeigen immer drängender, die Signaltöne schriller. Jetzt hat er endgültig keinen Saft mehr und friert auf dem Weg zu meiner Zellentür mitten in der Bewegung ein. Der Feed stirbt, es gibt eine fiese Rückkopplung – und mein Link ist tot.

Gut gemacht, du Held.

Ich scheine aus einem Albtraum hochzuschrecken und liege schweißgebädet auf der Matte am Boden meiner Zelle. Jeder Knochen tut mir weh. In diesem Augenblick wünsche ich mir nichts so sehr wie meine Familie zu sehen, sie zu umarmen.

Ein schrilles Geräusch an der Tür der Kammer lässt mich zusammenzucken. Aus dem Türrahmen schlagen Funken. Ein kreisrundes Sägeblatt mit mächtigen Zähnen arbeitet sich durch Metall und Riegel, und irgendwann fällt die Tür nach innen.

Eine Schar meiner Mitteilnehmer eilt in den Raum.

„Alles klar?“, fragt der bullige Mann, der die schwere Säge meines Roboters eingesetzt hat. Ich erkenne seine Stimme – er hat sich auf dem Hügel eben noch über mich lustig gemacht. Er bemerkt meinen Blick. „Ich weiß, ich weiß“, brummt er. „Ich hätte den Jackpot genommen. Das heißt nicht, dass ich dich hier drin sitzen lasse.“

Er hilft mir auf und wir schütteln einander die Hand. Drei weitere Befreite ziehen meine Daten- und Feedback-Kabel ab.

Marcus wählt diesen Moment, um hereinzustürmen.

„Ich verklage euch alle!“, brüllt der Produzent. Er deutet auf mich. „Und *dich* ganz besonders! Ich sorge dafür, dass du und deine Familie auf der Straße sitzen, wenn unsere Anwälte mit dir fertig sind! Niemand bricht die Regeln von Santa's Shopping Superstar!“

Ich bin noch etwas unsicher auf den Beinen, dennoch reicht es, um Marcus einen Kinnhaken zu verpassen, der ihn umhaut.

„Weihnachten macht seine eigenen Regeln“, sage ich und folge den anderen nach draußen. (psz@ct.de) ct

## Die c't-Stories als Hörversion

Unter [heise.de/-4491527](http://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](http://ct.de/yz13)).

**ct magazin für computer technik**

## Fernstudium IT-Security

Aus- und Weiterbildung zur Fachkraft für IT-Sicherheit. Vorbereitung auf das **SSCP- und CISSP-Zertifikat**. Ein Beruf mit Zukunft. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

**NEU:** Roboter-Techniker, Netzwerk-Techniker, Qualitätsbeauftragter / -manager TÜV, Linux-Administrator LPI, PC-Techniker

Teststudium ohne Risiko.  
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

FERN SCHULE WEBER - seit 1959  
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. C14  
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

[www.fernenschule-weber.de](http://www.fernenschule-weber.de)



## AGB VERSTEHER

**ct** magazin für  
computer  
technik

# Keine Angst vor Python!



**GRATIS**  
Online-Kurs  
„Das Python-  
Bootcamp“

Mit diesem c't-Sonderheft überspringen Sie mühelos Einstiegshürden und erlernen in kurzer Zeit die Grundlagen des Programmierens mit Python. Außerdem zeigt Ihnen dieses Heft die erstaunliche Vielseitigkeit von Python anhand vieler praktischer Projekte:

- ▶ Python-Programme auf den Raspi Pico portieren
- ▶ Programmieren mit KI-Unterstützung
- ▶ Web-Programmierung mit Django
- ▶ inkl. GRATIS Python-Onlinekurs im Wert von 119,- €

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



[shop.heise.de/ct-python22](http://shop.heise.de/ct-python22)

# MIT SPACE HEBEN SIE AB

## DAS IST SPACE

Vollgepackt mit informativen Artikeln und atemberaubenden Fotos berichtet Space über die Technik der Weltraumfahrt, ebenso wie über Astronomie und kosmische Phänomene.

30 %  
Rabatt +  
Geschenk



## TESTEN SIE 2 x SPACE

2 Ausgaben als Heft inkl. PDF  
+ Geschenk nach Wahl

Jetzt bestellen:

[www.emedia.de/space-mini](http://www.emedia.de/space-mini)



ORACLE Feuerwehr [www.oraservices.de](http://www.oraservices.de)Alternativer Breitbandatlas - [Breitbandatlas.eu](http://Breitbandatlas.eu)

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)

nginx-Webhosting: [timmehosting.de](http://timmehosting.de)

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](http://www.patchkabel.de) - LWL und Netzwerk Kabel

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) insbesondere Texte aus den Bereichen Telekommunikation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. + Fax: 05130/37085

xxs-kurze Daten- & Netzkabel: [kurze-kabel.de](http://kurze-kabel.de)

Unterstützung bei Ihrer **WordPress Webseite**: Installation/Änderungen/Updates/Bildanpassungen ...und vieles mehr: [www.pixel-tech-solutions.de](http://www.pixel-tech-solutions.de)

**Anzeigenschluss  
für die nächsten  
erreichbaren Ausgaben:**  
**03/2023: 16.12.2022**  
**04/2023: 10.01.2023**  
**05/2023: 24.01.2023**

## c't – Kleinanzeigen

### Private Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 10,-; jede weitere Zeile € 8,-

### Gewerbliche Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 20,-; jede weitere Zeile € 16,-

### Chiffre-Anzeige: € 5,- Gebühr

**Hinweis:** Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.

PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.  
Sparkasse Hannover,  
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

**Faxnummer: 05 11 / 53 52-200**

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz  privat  gewerblich\* (werden in c't mit @ gekennzeichnet)  Chiffre

€ 10,- (20,-)
€ 18,- (36,-)
€ 26,- (52,-)
€ 34,- (68,-)
€ 42,- (84,-)
€ 50,- (100,-)
€ 58,- (116,-)
€ 66,- (132,-)

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. \* Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an:  Heise Medien GmbH & Co. KG  
c't-Magazin, Anzeigenabteilung  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

→ Weiterlesen, wo andere aufhören.



## 30. DFN-CERT SIKO

08.02. - 10.02.2023

- Etablierte IT-Sicherheitskonferenz in Hamburg, seit 1993
- Vorträge zu aktuellen Themen wie Malware, Konfigurationshärtung und Informationssicherheitsmanagement
- Training für Blue Teams durch ausgewiesene Experten

Programm und Anmeldung unter:  
<https://siko2023.de>

# HIER KÖNNTE IHR

Seminar-Angebot viele Hunderttausend wissenshungrige Leser erreichen.  
Dazu müsste an dieser Stelle nur Ihr

# SEMINAR STEHEN

Und das zu außergewöhnlich günstigen Konditionen.  
Mehr Infos gibt es unter +49 (0) 511 53 52-165 oder -221.

↳ Weiterlesen, wo andere aufhören.



 heise Academy

## DIE NEUE LERNPLATTFORM FÜR IT-PROFESSIONALS

Wir machen IT-Weiterbildung digital

### Das erwartet dich:

- Über 100 Online-Trainings und 80 Online-Kurse
- Die wichtigsten IT-Themen für heute und morgen
- Erfahrene IT-Experten
- Individuelle Lernumgebung
- Übungsaufgaben und Wissenstests

JETZT  
KOSTENLOS  
TESTEN

Hier geht's zu deiner Weiterbildung: **heise-academy.de**

**NEU**  
im heise Shop

# Das Krea-Tief überwinden!

Auch als  
PDF zum  
Download!



## Mac & i EXTRA Workshops für Mac und Windows

Winter 2022/2023



### Heimkino im Wohnzimmer



#### Mac & i Workshops 2022

In 13 neuen Profi-Workshops geht's um die Themen Storytelling, Daten visualisieren, Agil arbeiten, Zeichnen lernen, Fotos digitalisieren und vieles mehr. Dieses Mac & i Extra ist ein Muss für alle, die Neues ausprobieren und von den Profis lernen wollen.

Heft für 12,90 €

PLUS: Verein digitalisieren | Daten visualisieren  
Website-Ladezeiten optimieren | Alte Fotos restaurieren



[shop.heise.de/mac-workshops22](http://shop.heise.de/mac-workshops22)

# Inserenten\*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur	33	Seminare
B1 Systems GmbH, Vohburg	21	DFN-CERT Services GmbH, Hamburg
Bressner Technology GmbH, Gröbenzell	53	
Continental AG, Hannover	25	
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen	2, 51	
dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg	41	
Fernschule Weber, Großenkneten	187	
Hanwha techwin Europe, Eschborn	31	
Kentix GmbH, Idar-Oberstein	49	
KYOCERA Document Solutions Deutschland GmbH, Meerbusch / Osterath	9	
Nubert electronic GmbH, Schwäbisch Gmünd	43	
Platinion GmbH, Köln	196	
O'Reilly, dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg	129	
Robert Bosch Smart Home GmbH, Stuttgart	11	
Tarox AG, Lünen	35, 39, 47	* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.
WORTMANN AG, Hüllhorst	4, 5	Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

Auch als Heft + PDF mit 29% Rabatt

shop.heise.de/ct-eautos22

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

 heise Shop

# 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:** „High-End-Smartphones“: Jörg Wirtgen (*jow@ct.de*), „Sprachen digital lernen“: Nico Jurran (*nij@ct.de*)

**Chefredakteur:** Dr. Jürgen Rink (*jr@ct.de*) (verantwortlich für den Textteil)

**Stellv. Chefredakteur:** Axel Kossel (*ad@ct.de*)

**Chef vom Dienst:** Georg Schnurer (*gs@ct.de*)

**Leser & Qualität**

**Leitung:** Achim Barczok (*acb@ct.de*)

**Textredaktion & Qualitätssicherung:** Oliver Lau (*ola@ct.de*)

**Koordination Leserkommunikation:** Martin Triadan (*mat@ct.de*)

**Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen**

**Leitende Redakteure:** Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Jo Bager (*jo@ct.de*)

**Redaktion:** Holger Bleich (*hob@ct.de*), Anke Brandt (*abr@ct.de*), Greta Friedrich (*gref@ct.de*), Tim Gerber (*tig@ct.de*), Arne Grävemeyer (*agr@ct.de*), Immo Junghärtchen (*imj@ct.de*), Markus Montz (*mon@ct.de*), Peter Schmitz (*psz@ct.de*), Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*), Andrea Trinkwalder (*atr@ct.de*), Dorothee Wiegand (*dwi@ct.de*), Stefan Wischner (*swi@ct.de*)

**Ressort Systeme & Sicherheit**

**Leitende Redakteure:** Peter Siering (*ps@ct.de*), Jan Mahn (*jam@ct.de*)

**Redaktion:** Niklas Dierking (*ndi@ct.de*), Mirko Dölle (*mid@ct.de*), Wilhelm Dreiling (*wid@ct.de*), Liane M. Dubowy (*lmd@ct.de*), Ronald Eikenberg (*rei@ct.de*), Pina Merkert (*pmk@ct.de*), Dennis Schirrmacher (*des@ct.de*), Hajo Schulz (*hos@ct.de*), Jan Schüßler (*jss@ct.de*), Kathrin Stoll (*kst@ct.de*), Keywan Tonekaboni (*ktn@ct.de*), Axel Vahlhiedk (*avx@ct.de*)

**Ressort Hardware**

**Leitende Redakteure:** Christof Windeck (*civ@ct.de*), Ulrike Kuhlmann (*uk@ct.de*), Dušan Živadinović (*dz@ct.de*)

**Redaktion:** Ernst Ahlers (*ea@ct.de*), Christian Hirsch (*chh@ct.de*), Benjamin Kraft (*bkr@ct.de*), Lutz Labs (*ll@ct.de*), Andrijan Möcker (*amo@ct.de*), Florian Müsigg (*mu@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 (*sh@ct.de*), Nico Jurran (*nij@ct.de*), André Kramer (*akr@ct.de*), Michael Link (*mil@ct.de*), Urs Mansmann (*uma@ct.de*), Stefan Porteck (*spo@ct.de*), Christian Wölbart (*cwo@ct.de*)

**c't online:** Ulrike Kuhlmann (*uk@ct.de*)

**Social Media:** Jil Martha Baae (*jmb@ct.de*)

**Koordination News-Teil:** Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Christian Wölbart (*cwo@ct.de*)

**Koordination Heftproduktion:** Martin Triadan (*mat@ct.de*)

**Redaktionsassistent:** Susanne Cölle (*suc@ct.de*), Christopher Tränkmann (*cht@ct.de*)

**Software-Entwicklung:** Kai Wasserbäch (*kaw@ct.de*)

**Technische Assistenz:** Ralf Schneider (Ltg., rs@ct.de), Denis Fröhlich (*dfr@ct.de*), Christoph Hoppe (*cho@ct.de*), Stefan Labusga (*sla@ct.de*), Arne Mertins (*ame@ct.de*), Jens Nohl (*jno@ct.de*), Wolfram Tege (*te@ct.de*)

**Dokumentation:** Thomas Masur (*tm@ct.de*)

**Verlagsbüro München:** Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/42 71 86-0, Fax: 0 89/42 71 86-10

**Ständige Mitarbeiter:** Leo Becker (*lbe@ct.de*), Detlef Borchers, Herbert Braun (*heb@ct.de*), Tobias Engler, Monika Ermert, Stefan Krempel, Ben Schwan (*bsc@ct.de*), Christiane Schulzki-Haddouti

**DTP-Produktion:** Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, 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, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

**Illustrationen:**

Jan Bintakies, Hannover, Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schülp, Thomas Kuhlenbeck, Münster, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz, Viersen, Michael Vogt, Berlin

**Editorial:** Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien, c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

**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: [ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbbzydm7oad.onion](http://ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbbzydm7oad.onion)

## Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: www.heise.de

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Beate Gerold

**Mitglieder der Geschäftsleitung:** Jörg Mühlé, Falko Ossmann

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil), [www.heise.de/mediadaten/ct](http://www.heise.de/)

**Anzeigenpreise:** Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 39 vom 1. Januar 2022.

**Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien):** Media Gate Group Co., Ltd., 7F., No. 182, Section 4, Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, [www.mediagate.com.tw](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, Senefelderstr. 3-11, 86650 Wemding

**Kundenkonto in der Schweiz:** PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4, BIC: POFICHXXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

**Vertrieb Einzelverkauf:**

DMV Der Medienviertrieb GmbH & Co. KG

Meßberg 1

20086 Hamburg

Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815

E-Mail: [info@dermedienviertrieb.de](mailto:info@dermedienviertrieb.de)

**c't erscheint 14-täglich**

Einzelpreis 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9,90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €;

Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 144,20 €, Österreich 155,40 €, Europa 165,20 €, restl. Ausland 191,80 € (Schweiz 236,60 CHF); ermäßiges Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,00 €, Österreich 99,40 €, Europa 124,60 €, restl. Ausland 152,60 € (Schweiz 145,60 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 25,00 € (Schweiz 30,80 CHF) Aufpreis. Ermäßiges Abonnement für Mitglieder von AUGE, bdvb e.V., Bvdb e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 108,15 €, Österreich 116,55 €, Europa 123,90 €, restl. Ausland 143,85 € (Schweiz 177,45 CHF). Luftpost auf Anfrage.

**Leserservice:**

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: [leserservice@ct.de](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 Verfügungssrecht 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 2023 by Heise Medien GmbH & Co. KG

**ISSN 0724-8679 AWA ACTA ▲**

# Vorschau ct 2/2023

Ab 31. Dezember im Handel und auf [ct.de](#)



## Günstige Audio-Interfaces mit USB-C

Mit einem Audio-Interface schließen Sie Mikrofone und Gitarren, aber auch Lautsprecher und Kopfhörer am Computer an und zeichnen Podcasts und Songs auf. Wir testen zehn günstige Vertreter mit USB-C-Anschluss an Rechnern und Mobilgeräten auf ihre Klangqualität und ihr Tempo bei der Signalverarbeitung.



## Intels neue Grafikkarten

Mit der Arc-A-Reihe fertigt Intel erstmals seit fast 25 Jahren wieder GPUs. In unserem Test treten eine Intel-Grafikkarte mit dem Topmodell A770 LE und zwei Karten von Asrock mit A750- und A380-GPU gegen Nvidias GeForce und AMDs Radeon an.

## ct-Notfall-Windows 2023

Hat den PC ein Virus heimgesucht, die Platte eine Datenhavarie ereilt oder die Passwordemenz den Nutzer überfallen, schlägt die Stunde unseres vom USB-Stick startenden Notfallsystems auf Windows-Basis. Wir stärken das Erste-Hilfe-Set für 2023 mit einer neuen technischen Basis.

## Smart Home ohne Cloud

Cloud-Zwang, Sicherheitslücken, Updateflaute – bei Smart Home liegt vieles im Argen. Die Open-Source-Firmwares Tasmota und WLED zeigen, dass es besser geht. Einige Hersteller liefern bereits Geräte damit aus. Lesen Sie unseren Überblick über die cloudlose Smart-Home-Welt.

## Datenschutz bei geschlossenen Bezahlsystemen

In Stadien, auf Festivals oder in Kantinen: Wo Verkäufer in hoher Frequenz kleine Beträge kassieren, trifft man oft auf geschlossene Bezahlsysteme mit Karten oder Apps. Das verkürzt Warteschlangen, doch wie sieht es mit Datenschutz und Restgeld aus? Wir vergleichen die Varianten.

Noch mehr  
Heise-Know-how

The cover of the ct HARDWARE-GUIDE PLUS magazine issue 2/2023. It features several sections: "90 Minuten Webinar" (90-minute webinar), "Selbstbau Wunsch-PC" (Custom PC build), "Komponenten im Test" (Components tested), "Kaufberatung SSDs und Festplatten" (SSD and hard drive buying advice), and "Ratgeber Hardware-Kauf" (Hardware purchase guide). The cover also includes a barcode and some small text at the bottom.

ct Hardware-Guide jetzt  
im Handel und auf  
[heise-shop.de](#)

The cover of the Mac & i magazine issue 6/2022. It features sections like "Coole neue Funktionen" (Cool new features), "Umzug auf neuen Mac" (Moving to a new Mac), "Schlafen Sie gut" (Sleep well), and "Werkstatt". The cover also includes a barcode and some small text at the bottom.

Mac & i 6/2022 jetzt im  
Handel und auf [heise-shop.de](#)

The cover of the ct Make: magazine issue 6/2022. It features sections like "Süßigkeiten-automat" (Sweet treat automaton), "Projekte" (Projects), "Sport & Spiel" (Sports & Games), and "Energie sparen" (Save energy). The cover also includes a barcode and some small text at the bottom.

Make: 6/22 jetzt im Handel  
und auf [heise-shop.de](#)

# Maker Faire®

Das Format für  
Innovation & Macherkultur

## Die nächsten Events



\*in Planung

[maker-faire.de](http://maker-faire.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](http://bcgplatinion.com)