



# Wo KI heute wirklich hilft

KI-Anwendungen in Industrie, Versicherungen, Umweltschutz ...  
Zukunft und Risiken der Schlüsseltechnologie

## TEST

Google Pixel 6a: Günstig und mit purem Android  
WLAN-Booster: Nepp aus China  
Web-Whiteboards für Meetings und Workshops  
Gartenbewässerung mit smarter Ventilsteuerung  
4K-Gamer-Monitor mit dimmbarem Backlight  
Mini-PC und -Barebone für Alder-Lake-CPU's

# Stromschlucker aufspüren

Test: Energiekostenmessgeräte ab 10 Euro

## FOKUS

James-Webb-Weltraumteleskop im Detail  
Windows 11: Datei-Explorer ausreizen  
Erdgasspeicher-Füllstände mit Python auswerten  
Tipps für IT-Freelancer: So bleiben Sie Selbstständiger  
Python im Browser: PyScript ersetzt JavaScript



# Apps & Gadgets für den Urlaub

Endlich wieder verreisen: Outdoor-Apps für Wassersportler  
Test Fahrradnavis • Robuste Handyhüllen

€ 5,90

AT € 6,50 | LUX, BEL € 6,90

NL € 7,20 | IT, ES € 7,40

CHF 9,90 | DKK 64,00



# NEUE WEGE STATT AUS-GETRETENER PFADE.

Cordaware **bestzero**: Mit Sicherheit einfach besser.



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 8593 200 +++ info@cordaware.com +++ www.cordaware.com







## IT-Freelancer: Staatlich überbehütet

Der Gesetzgeber möchte Menschen, die im Niedriglohnbereich tätig sind, vor Ausbeutung schützen und sie sozial absichern. Beim Verdacht einer Scheinselbstständigkeit prüft die Deutsche Rentenversicherung (DRV) daher die genauen Umstände des Beschäftigungsverhältnisses. Das ist eine gute Sache. Mit denselben Kriterien, mit denen die DRV die Tätigkeit von Lieferdienststradlern, Warenhausdetektiven und Messehostessen prüft, checkt sie auch die Arbeit selbstständiger IT-Experten. Das ist ein Problem.

Der gemeine IT-Freelancer ist ein freier Geist. Er möchte sein eigener Chef sein und seine Expertise in ganz unterschiedlichen Projekten einbringen. Weil sein spezialisiertes Know-how stark nachgefragt ist, kann er angemessene Tagessätze verlangen und so ausreichend für seine soziale Absicherung sorgen. Er arbeitet in Projektteams eng mit den festangestellten Kollegen zusammen. Und nutzt dabei meist auch die Infrastruktur des Auftraggebers – schon aus Sicherheitsgründen. Solche für die selbstständigen IT-Profis selbstverständlichen Aspekte ihrer Arbeit gelten im Statusfeststellungsverfahren dann allerdings oft als Indizien für eine Scheinselbstständigkeit.

Dass es mit der Statusfeststellung bei den sogenannten modernen Wissensarbeitern nicht ganz rund läuft, ist wohl allen Beteiligten klar. Anfang des Jahres hat der Gesetzgeber das Verfahren reformiert (siehe S.124). Die

aktuelle Version legt die DRV in einem 141 Seiten langen Schreiben dar. Als Grundlage nennt sie darin unter anderem das "Gesetz zur Vereinfachung der Verwaltungsverfahren im Sozialrecht" und das "Gesetz zum Abbau verzichtbarer Anordnungen der Schriftform im Verwaltungsrecht".

Bei so viel Vereinfachung und Abbau, so meint man, müsste eine Statusfeststellung bald auf einem Bierdeckel möglich sein. Tatsächlich ist das neue Hauptformular für das Feststellungsverfahren von sieben auf neun Seiten angewachsen, weitere Formulare kamen hinzu. Damit ist Selbstständigen in der IT und ihren Auftraggebern nicht gedient. Sie wünschen sich weniger Papierkram und mehr Verständnis für die Besonderheiten von IT-Projekten. Sie brauchen klare und eindeutige Kriterien bei der Feststellung sowie Rechtssicherheit bei den Bescheiden statt Überbehütung durch den Staat.



*Dorothee Wiegand*

Dorothee Wiegand

# TERRA MOBILE 1470T

*Außergewöhnlich.  
Flach.  
Leistungsstark*



## Windows 11 bietet mehr Geräteauswahl für mehr Produktivität

Windows 11 Pro unterstützt die weltweit größte Auswahl an Unternehmensgeräten, sodass Mitarbeitende mit dem für sie richtigen Gerät arbeiten können – für eine angenehmere und produktivere Arbeit. Mit Innovationen in den Bereichen Sprache, Touch und Stift passt sich Windows 11 Pro problemlos unterschiedlichen Arbeitsstilen an. Darüber hinaus bietet es aufgrund

seiner neuen Mindestsystemanforderungen eine bessere Leistung bei allen Gerätekonfigurationen. Und mit der breitesten Palette von OEMs, die Windows 11 Pro unterstützen, und dem breitesten Ökosystem an Siliziumoptionen profitiert Ihr gesamtes Unternehmen von den kontinuierlichen Fortschritten in Hardware und Technologie.

## 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, **42551** Velbert, Tel. 02051/989000 • ServeNet Computervertrieb, **42279** Wuppertal, Tel. 0202/266166 • Rose Computer GmbH, **46395** Bocholt, Tel. 02871/244400 • Kortenbreite 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 • J.S. EDV-Systemberatung GmbH, **63843** Niedernberg, 06028/97450 • Pauly Büromaschinen Vertriebs GmbH, **65555** Limburg, Tel. 06431/500466 • hecom TK + IT Lösungen, **67071** Ludwigshafen, Tel. 0621/6719070 • Lehmann Elektronik, **67346** Speyer, Tel. 06232/28746 • 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 • Danner 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 Komplet, **79664** Wehr, Tel. 07762 / 708860 • Schwarz Computer Systeme GmbH, **92318** Neumarkt, Tel. 09181/48550 • K&L electronics GmbH, **95466** Weidenberg, 09278/98610-0 •



WORTMANN AG empfiehlt Windows 11 Pro für Unternehmen.



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 Mitnahmegarantie.

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.

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

**WORTMANN AG**  
IT. MADE IN GERMANY.

## Titelthemen

### Wo KI heute wirklich hilft

- 18 **Künstliche Intelligenz** Zwischen Hype und Dämon
- 20 **Produktiv** Wo Unternehmen auf KI setzen
- 24 **Grenzen der KI** Lernunwillige Fachidioten
- 28 **Zukunft der KI** Nützlicher und menschlicher

### Apps & Gadgets für den Urlaub

- 60 **Fotos sicher aufbewahren** Tipps für die Reise
- 62 **Gadgets** Interkom, Drohne, Smartwatch u. v. m.
- 64 **Outdoorhüllen** für Smartphones
- 66 **Navis für Radfahrer** im Test
- 74 **Wandern, Segeln, Surfen** Apps für draußen

### Stromschlucker aufspüren

- 98 **Energiekostenmessgeräte** ab 10 Euro im Test

## Aktuell

- 16 **Energie** Gefangen in der Grundversorgung
- 32 **Peer-to-Peer-Zahlungen** UWB statt NFC
- 33 **Netzwerke** Firewall, Daten per Koaxkabel
- 34 **LoRaWAN** GPS-Tracker, Lichtschalter
- 36 **Medizin-IT** Konnektoren kosten 400 Mio. Euro
- 37 **Webstandards** Decentralized Identifiers 1.0
- 38 **E-Commerce** eBay Kleinanzeigen ohne eBay
- 39 **Netflix** nur noch auf dem eigenen TV
- 40 **Forschung** UV-Mikro-LEDs, Kalter Kaffee
- 42 **Videostreaming** Sony entfernt gekaufte Filme
- 43 **Alexa** Mehr Interaktion, neue Routinen
- 44 **Bit-Rauschen** Chipmangel, Spectre V2
- 45 **Hardware** BIOS-Updates für Raptor Lake
- 46 **Play Store** versteckt App-Berechtigungen
- 47 **Server & Storage** 3D-NAND-Flash v6
- 48 **Linux** Secured Core erschwert Booten
- 49 **OS** Chrome OS Flex, Windows-Telemetrie
- 50 **Open Source** Linux für Macs mit M2
- 52 **Datenleck** über Bing-Suche
- 56 **Web-Tipps** Fotokarten, Geschichte, Strom

## Test & Beratung

- 78 **Mini-PC für Alder-Lake-CPU**s
- 80 **Mini-Barebone Asrock DeskMini B660**
- 82 **WLAN-Booster: Nepp aus China**
- 84 **4K-Gamer-Monitor mit dimmbarem Backlight**
- 85 **Etikettendrucker** Epson LabelWorks LW-Z710
- 86 **Externes USB4-Gehäuse** für NVMe-SSDs
- 88 **Google Pixel 6a: Günstig und mit purem Android**
- 88 **Tintenmultifunktionsdrucker** HP Envy Inspire
- 92 **Gartenbewässerung mit smarter Ventilsteuerung**
- 94 **PDF-Editor** PDF Expert 3 für iOS und macOS
- 96 **USB-Audio-Mischpult** AVerMedia Live Streamer
- 96 **Videoschnittsoftware** Video Trimmer
- 97 **Arbeitsblatt-Editor** Worksheet Crafter
- 104 **Wechselrichter für Balkonkraftwerke**
- 110 **Smartphones** Sony Xperia 1 IV und 10 IV
- 114 **Notebook ohne Betriebssystem** Gigabyte U4
- 118 **Web-Whiteboards für Meetings und Workshops**
- 177 **Bücher** Retro-Assembler, E-Health

### 18 Wo KI heute wirklich hilft



Künstliche Intelligenz ist nicht clever, packt aber vielerorts kräftig mit an: in Umweltprojekten, in der Qualitätssicherung oder als firmeninterner Postbote. Was heute schon geht, woran KI scheitert und wie sie schlauer wird.



## Wissen

- 124 Tipps für IT-Freelancer: So bleiben Sie selbstständig**
- 128 Freelancer-Status** Verband fordert Klarheit
- 129 Arbeitsrechtler** Besser keine Statusfeststellung
- 132 UFS-Speicher** Details und Hintergründe
- 134 Simulationen** Klima, Pandemien, Katastrophen
- 138 Metaverse** Wie lebensechte Avatare entstehen
- 142 QR-Codes** per Hand dekodieren
- 148 James-Webb-Weltraumteleskop im Detail**
- 154 Dynamisches HTML im Browser mit PyScript**
- 172 DSGVO** Grenzen des Auskunftsrechts

## Praxis

- 160 Erdgasspeicher-Füllstände mit Python auswerten**
- 164 Videos bearbeiten** mit Inshot
- 166 Windows 11: Datei-Explorer ausreizen**

## Immer in c't

- 3 Standpunkt** IT-Freelancer: Staatlich überbehütet
- 10 Leserforum**
- 15 Schlagseite**
- 58 Vorsicht, Kunde** Reparatur-Odyssee bei Samsung
- 174 Tipps & Tricks**
- 178 FAQ** Videoschnitt mit Kdenlive
- 182 Story** Tod im Infinite Forest
- 190 Stellenmarkt**
- 192 Inserentenverzeichnis**
- 193 Impressum**
- 194 Vorschau 18/2022**

## 60 Apps & Gadgets für den Urlaub



Sommer, Urlaub, rein in die Natur! Und zwar mit der richtigen Ausstattung: Wir stellen Reise-Gadgets, Outdoor-Apps und robuste Handy-Hüllen vor, testen Fahrradnavis und geben Tipps fürs Foto-Backup.

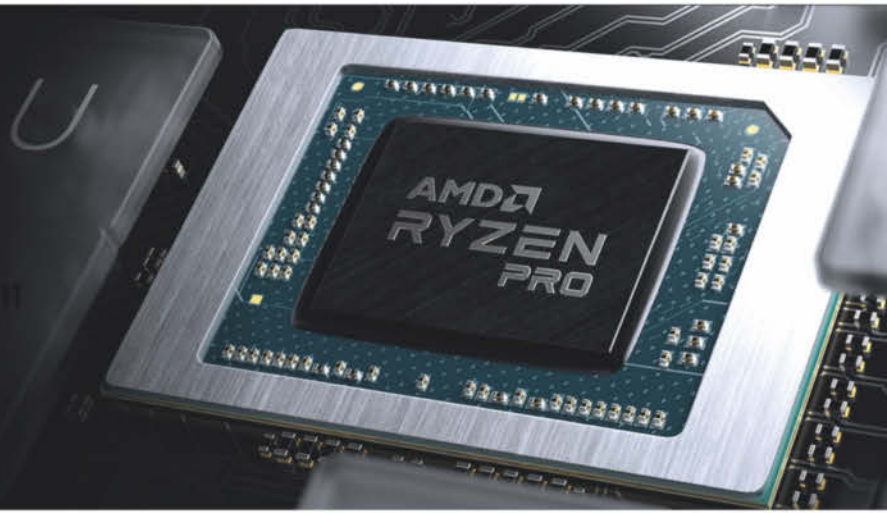


**154 Dynamisches HTML** mit PyScript statt JavaScript



**142 QR-Codes** ohne technische Hilfsmittel dekodieren

# SICHERHEIT FÜR IHRE HYBRIDE BELEGSCHAFT



**Im Zuge der COVID-19-Pandemie ist unser digitales Umfeld dynamischer geworden – und ist komplexer denn je. Diese Massenbewegung in Richtung verteiltem und hybriden Arbeiten gibt Mitarbeitern mehr Flexibilität und ermöglicht eine bessere Work-Life-Balance. Weil Personal nun aber an unterschiedlichen Orten aktiv ist, hat sich die Anzahl von Netzwerken, Anwendungen und Benutzeroberflächen vervielfacht, über die auf Daten zugegriffen wird.**

Gleichzeitig hat die Pandemie auch eine enorme Welle an Cyberkriminalität auf den Plan gerufen. Es gab einen starken Anstieg an Spoofing- und Spear-Phishing-Versuchen, Ransomware ist präsenter denn je und fast täglich scheint es neue, prominente Fälle mit Datenverletzungen zu geben.

Kein Unternehmen ist in einer solchen Bedrohungslage immun. Die IT ist dabei im Zugzwang, den Ansatz für die Cybersecurity neu zu denken, denn das hybride Arbeiten bringt neue, unbekannte Herausforderungen.

Das Fundament des neuen, hybriden Arbeitsplatzes beruht auf technologischen Lösungen wie modernen Geräten und Cloud-basierten Tools für die Zusammenarbeit. Sie alle stützen sich auf Sicherheitslösungen, die Endpunkte, Daten und Identitäten sicher halten.

Deshalb ist es vielleicht nun an der Zeit, die Hardware-Strategie in Ihrem Unternehmen neu zu betrachten. Geräte wie Notebooks werden von Mitarbeitern in einer Reihe missionskritischer Szenarien genutzt, von der Zusammenarbeit an sensiblen Dokumenten in Microsoft Office bis zum Kontakthalten mit weit entfernten Kolleginnen und Kollegen über Microsoft Teams. Ein robuster Schutz gegen neueste Malware und Ransomware ist eine kritische Priorität, denn Unternehmen müssen sich darauf verlassen können, dass diese Geräte und ihre Daten vor diesen häufigen Angriffen geschützt sind.

## **Sicherheit auf Hardware-Ebene**

Notebooks mit AMD Ryzen™ 6000 PRO Serie CPU machen es einfacher denn je, die Sicherheit von Geräten im Unternehmen zu gewährleisten. Es sind häufig Altgeräte, über die Cyberkriminelle sich Zugang verschaffen. Notebooks mit Ryzen™ 6000 PRO Prozessoren bieten

Schutz auf Enterprise-Niveau mit Sicherheitsfunktionen auf Hardware-Ebene. Sie wurden speziell zur Abwehr ausgeklügelter Angriffe entwickelt.

Eine Rolle spielt dabei auch die Integration des Sicherheitschips Microsoft Pluton. Entwickelt wurde sie in Zusammenarbeit von AMD, Intel und Qualcomm, doch ist die Ryzen™ 6000 PRO Serie die erste ihrer Art, die die Microsoft Sicherheitsprozessorarchitektur integriert. Diese konnte sich erstmals bei Xbox und Azure Sphere bewähren und ist auf die Speicherung sicherer Daten ausgerichtet, wie etwa Verschlüsselungsschlüssel. Dazu wird spezielle Hardware in die CPU-Die integriert.

Microsoft Pluton baut auf den Ideen rund um den Trusted Platform Module (TPM) Chip auf. Damit lässt sich die Sicherheit verbessern, denn Angreifer werden daran gehindert, auf Firmware-Ebene manipulieren zu können und damit den Weg für Angriffe auf Daten vorzubereiten, die sich auf dem PC befinden. Gleichzeitig ermöglicht der Chip Sicherheitsfunktionen wie BitLocker-Laufwerksverschlüsselung und bessere Sicherheit für biometrische Daten, die mit Windows Hello verwendet werden.

Aufgrund der wachsenden Beliebtheit von TPM haben Angreifer nun allerdings damit begonnen, neue Angriffsrouten zu entwickeln. Das gilt insbesondere für Situationen, in denen Angreifer einen PC stehlen oder kurzfristig Zugriff haben.

Das Design von Pluton beseitigt dieses Potenzial für den Kommunikationskanal, der angegriffen werden soll, indem die Sicherheit direkt in die CPU verbaut wird. So werden Zugangsdaten, Benutzeridentitäten, Verschlüsselungsschlüssel und personenbezogene Daten geschützt.



Mit einem AMD Ryzen™ 6000 PRO Prozessor nutzen Sie hochmoderne Sicherheitsfunktionen wie „Shadow Stack“-Hardwareschutz gegen Control-Flow-Angriffe, einen eigenen Sicherheitsprozessor und „Memory Guard“, ein Echtzeitsystem zur Speicherverschlüsselung gegen physische Angriffe auf verloren gegangene oder gestohlene Notebooks.

### Investieren in Mitarbeiterschulung

Menschliches Versagen ist Ursache Nummer eins für Cyberangriffe. Das ist auch der Grund, weshalb Phishing-Angriffe ständig zunehmen. Zwar helfen Hardware-basierte Sicherheitsfunktionen, das Risiko von Angriffen auf Mitarbeiter im Homeoffice zu senken. Dennoch ist die Bewusstseinsbildung für Cybersecurity bei Mitarbeitern entscheidend, wenn man das Risiko reduzieren möchte, das vom Personal ausgeht. Es lässt sich viel gewinnen, wenn Mitarbeiter informiert sind über Themen wie bewährte Methoden für Cybersecurity, die Nutzungsrichtlinien für persönliche Geräte und häufige Bedrohungen und deren Erkennung. So lässt sich gewährleisten, dass sensible Unternehmensdaten nicht in die Hände von Cyberkriminellen fallen.

Mit einem robusten Plan können sich Unternehmen darauf vorbereiten, Risiken zu senken und auf Bedrohungen zu antworten, ehe sich diese zu kostspieligen Problemen entwickeln.

Remote-Geräte verwalten und absichern  
Mithilfe von Mobile Device Management (MDM) lassen sich die persönlichen Geräte von Mitarbeitern remote verwalten und überwachen. Die Technologie bietet beispielsweise Funktionen wie das Fernlöschen und Orten, wenn ein Notebook verloren geht oder gestohlen wird, und „Sandboxing“, das einen sicheren Bereich auf dem Gerät schafft, der ausschließlich für Unternehmensaufgaben verwendet wird.

Durch das hybride Arbeiten hat sich MDM aus einem auf das Firmengelände bezogenen Denken weiterentwickelt. IT-Admins müssen heute eine umfassende Lösung bereitstellen, mit der sie Geräte verwalten und absichern können, die am Standort wie auch außerhalb zum Einsatz kommen. Das alles darf aber nicht die Produktivität bremsen.

Notebooks mit AMD Ryzen™ 6000 Prozessor machen das einfacher denn je. In den Prozessoren ist ein AMD Manageability Prozessor enthalten. Er ermöglicht eine vereinfachte Bereitstellung und Verwaltung, die mit der aktuellen Infrastruktur eines Unternehmens kompatibel ist. Das heißt, es sind keine Infrastrukturinvestitionen erforderlich. Weil der Ryzen™ 6000 PRO Cloud-basierte Tools wie Windows Autopilot unterstützt, wird das Bereitstellen von Hardware einfacher. Die offenen Standards des Prozessors sorgen für Flexibilität. Auch das Management im großen Maßstab wird durch die Unterstützung des Ryzen™ 6000 PRO für moderne Managementlösungen wie Windows Endpoint Manager einfacher.

### Sicherheit für Ihre hybriden Mitarbeiter

Sicherheit muss für Unternehmen immer eine Priorität sein. Und weil Remote- und Hybridumgebungen zunehmen, wachsen auch Herausforderungen und Komplexitäten. Unternehmen müssen sich mit diesen Gegebenheiten weiterentwickeln. Es ist wichtig, Mitarbeiter über neueste Bedrohungen und bewährte Methoden zu unterrichten. Ebenso wichtig ist aber auch der Einsatz einer Hardware-Lösung, die Mitarbeiter vor ausgeklügelten Angriffen schützt und verhindert, dass Unternehmensdaten gestohlen werden.



<sup>1</sup> Mit Stand Januar 2022 verfügen nur AMD Ryzen™ 6000-Serie Prozessoren über den Microsoft Pluton Sicherheitsprozessor, AMD Ryzen™ 5000-Serie Prozessoren und die neuesten Intel Prozessoren der 11. und 12. Generation jedoch nicht. RMB-24 Microsoft Pluton ist eine an AMD lizenzierte Technologie von Microsoft. Microsoft Pluton ist eine eingetragene Marke der Microsoft Corporation in den USA und/oder in anderen Ländern. Mehr erfahren unter <https://www.microsoft.com/security/blog/2020/11/17/meet-the-microsoft-pluton-processor-the-security-chip-designed-for-the-future-of-windows-pcs/>



Unsere Leser berichten von weiteren Beispielen amtlichen Papierkrams, wie ihn c't-Redakteur Tim Gerber im Standpunkt der c't 16/2022 beschrieb.

## Beim Zensus 2022 ähnlich

Standpunkt: Bürokratie, c't 16/2022, S. 3

Dazu kann ich ein Beispiel deutscher Digitalkompetenz ergänzen: Als Bewohner eines Eigenheims nehme ich am Zensus 2022 teil. Die Online-Eingabe der Daten war in ein paar Minuten erledigt. Direkt danach erhielt ich eine Sendebestätigung mit einer Übersicht der Daten als PDF-Datei (Zeitstempel 25.06.2022 14:08:20 Uhr) – prima.

Knapp drei Wochen später schickt man mir nun einen Brief, datiert vom 11. Juli 2022, und die Papierformulare, „da noch keine Online-Meldung für Ihr Gebäude [...] registriert werden konnte.“ In den FAQ von IT-NRW heißt es: „Wenn Sie für die Gebäude- und Wohnungszählung eine Erinnerung erhalten haben, obwohl Sie ggf. bereits vor mehreren Wochen gemeldet hatten, haben sich Ihre Meldung und der Versand des Erinnerungsschreibens offenbar überschritten. Hier ist in der Regel nichts zu tun, Sie müssen den Fragebogen nicht erneut ausfüllen. Bitte sehen Sie von Anfragen zu diesem Thema ab. Vielen Dank für Ihr Verständnis.“

Ich kann und mag mir gar nicht vorstellen, wie man seine digitalen Strukturen und Prozesse organisieren muss, damit das dabei herauskommt. Gab es vielleicht Verzögerungen beim Transport der Lochkarten von einer EDV-Anlage zur anderen?

Jörg Schaldach

## Selbst gebautes Digitalformular

Mich überkommt auch immer die Wut, wenn ich solche Formulare ausfüllen muss. Weil ich keine Lust habe, diese händisch auszufüllen, gehe ich einen anderen Weg. Ich scanne die Seiten, füge sie als Hintergrund in PowerPoint-Folien ein und beschrifte die Felder dann mit Textfeldern.

der. Zugegeben ist das sehr zeitaufwendig, aber das gönne ich mir.

Wilfried Sudholz

## Mitarbeiter haben geholfen

Ihr Editorial hat mich doch stark erinnert an meine eigenen Erfahrungen der letzten vier Monate, in denen ich für eine junge Mutter und ihren achtjährigen Sohn, ebenfalls Flüchtlinge aus der Ukraine, praktisch alle Behördengänge und den Papierkram erledigen durfte.

Über die Einwilligung des Vermieters und die Registrierung beim Bürgerbüro, Schule, Sozialamt, Jobcenter, Integrationskurs, Kindergeld, Behandlungsscheine und Krankenkasse. Alles teils online möglich, teils telefonisch, überwiegend aber analog, mit Terminvereinbarungen, persönlichem Erscheinen und mit Schreibkram verbunden, oft mehrfach.

Erwähnenswert ist allerdings auch die große persönliche Hilfsbereitschaft der involvierten Amtspersonen hier in Grevenbroich und deren Bemühen, den unerwarteten Andrang zu organisieren und zu handeln.

Georg Rommerskirchen

## Muss das wirklich sein?

Abwehrmaßnahmen gegen Datenhaie, c't 16/2022, S. 20

Ich verstehe die große Besorgnis nicht, zumindest nicht in diesem Kontext: Wenn ich zu Hause, per DSL oder dergleichen an einen lokalen Internetanbieter angeschlossen bin und ich seinen DNS-Server nutze, dann geht mein DNS-Verkehr recht sicher und auf direktem Weg bis zu diesem (wenn ich diesem Weg nicht vertraue, darf ich nur noch per VPN oder Tor ins Netz). Und von dort hoffentlich nur noch per rekursivem DNS anonymisiert weiter, oder?

Zugegeben – mein Anbieter bekommt alles mit. Aber sofern er keine richterliche Anordnung vorliegen hat, sollte/darf er damit nichts anfangen. Und ich vertraue lieber ihm, als all meinen Verkehr an einen zentralen Dienstleister zu schicken, den der Browserhersteller aus „Gründen“ bevorzugt. Das hat meines Ermessens nach ein viel höheres Missbrauchspotenzial, stärkt die Zentralisierung auf amerikanische Anbieter und einiges mehr.

Philipp van Hüllen

Auf den ersten Blick stimmen Ihre Schlussfolgerungen. Aber: Man weiß schlicht nicht, in wessen Hände die DNS-Anfragen geraten. Die heute beste Methode besteht darin, die Anfragen zusätzlich zu anonymisieren. Diese Technik, die man etwa mit kostenlosem DNSCrypt-Proxy nutzen kann, hilft sowohl Nutzern als auch Resolver-Betreibern: Es lassen sich keine Surfprotokolle anhand von DNS-Anfragen erstellen und Resolver-Betreiber müssen nicht fürchten, Protokolle auf Anordnung herausgeben zu müssen, weil keine verwertbaren anfallen. Auf einem Laptop installiert, schützt diese Technik auch in öffentlichen Hotspots unbekannter Vertrauenswürdigkeit.

## Was macht das Plug-in?

Anti-Tracking-Maßnahmen im Browser aktivieren, c't 16/2022, S. 26

Was macht „I don't care about cookies“ denn eigentlich? Bejaht es automatisch das Setzen von Cookies oder schaltet es nur das Abfragefenster weg?

Fraktale

Viele Websites funktionieren nicht, wenn man das Consent-Banner einfach blockiert. Die Browsererweiterung klickt sich daher durch die Banner und gestattet nur die absolut notwendigen Cookies, die der Webseitenbetreiber zum Öffnen der Seite voraussetzt.

## Fragen zu Artikeln

Mail-Adresse des Redakteurs am Ende des Artikels

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



# GROSSE ROUTER- TAUSCHAKTION 2022\*



Abbildung Draytek Vigor2865ac

**Starten Sie neu durch und trennen Sie sich von Ihrem alten DSL-Router.**

Lösen Sie jetzt Ihren alten DSL-Modem-Router durch einen aktuellen **DrayTek Vigor2865** ab. Profitieren Sie von neuesten Sicherheitsstandards, höheren Geschwindigkeiten, geringerem Stromverbrauch und einem Preisvorteil von bis zu **50 %**.

**\*AKTION GÜLTIG BIS 30.09.2022  
SO LANGE DER VORRAT REICHT**

**Und so funktioniert's:**



Router bei teilnehmenden Fachhändlern oder der Hotline bestellen, bequem anschließen...



...alten Router resetten, innerhalb von 2 Wochen nach Neukauf verpacken, mitgeliefertes Versandetikett aufkleben...



Paket mit altem Router per DPD an uns zurücksenden.



Wir kümmern uns um die fachgerechte Entsorgung Ihres Altgerätes.

**Zur Auswahl stehen:**



## **Vigor2865** (Basismodell)

- Security Firewall Router
- DSL-Modem (ADSL und VDSL)
- einschließlich VDSL Super-vectoring (Profil 35b) und Annex-J
- Gigabit Ethernet WAN-Port



## **Vigor2865ac**

- Security Firewall Router
- DSL-Modem (ADSL und VDSL)
- einschließlich VDSL Super-vectoring (Profil 35b) und Annex-J
- Gigabit Ethernet WAN-Port
- WLAN 2,4GHz/5GHz
- WLAN Standard 802.11ac
- Mesh-WLAN



## **Vigor2865ax**

- Security Firewall Router
- DSL-Modem (ADSL und VDSL)
- einschließlich VDSL Super-vectoring (Profil 35b) und Annex-J
- Gigabit Ethernet WAN-Port
- WLAN 2,4GHz/5GHz
- WLAN Standard 802.11ax
- Mesh-WLAN

### **Spezifikationen:**

Professioneller High-Speed-Dual-WAN-Router für alle modernen DSL-Anschlüsse, einschließlich All-IP, mit integriertem DSL-Modem für ADSL/2/2+ und VDSL/VDSL2/VDSL2-Vectoring und Supervectoring Profil 35b mit bis zu 300MBit/s sowie alle Glasfaser- und Kabelanschlüsse mit Medienkonverter/Kabelmodem bis 1Gbit/s bei Anschluss über WAN2.

Für höchste Sicherheit bei der Datenübertragung sorgen die voll implementierten VPN-Standards IPSec, SSL-VPN und OpenVPN. Die Authentifizierung erfolgt wahlweise durch hinterlegte Zertifikate oder Pre-Shared Keys. Dabei unterstützt der VPN-Router alle modernen Verschlüsselungsalgorithmen wie AES mit bis zu 256 Bit Schlüssellänge.

Zum Schutz Ihres Netzwerkes vor Angriffen steht Ihnen eine konfigurierbare High-Security Firewall zur Verfügung, welche sich durch Regeln einfach individuell anpassen lässt. Die Aktion bezieht sich auf das Basismodell Vigor2865 sowie die beiden WLAN-Varianten Vigor2865ac (mit AC-WLAN) und Vigor2865ax (mit AX-WLAN).

**Einfach. Schnell. Verbunden.**

powered by uniVox GmbH

*Dies kann man mit weiteren Maßnahmen kombinieren, indem man zum Beispiel den Browser anweist, sämtliche Cookies und damit auch die erforderlichen beim Beenden zu löschen. In dieser Konfiguration legt man am besten gezielt Ausnahmen an für Websites, auf denen man dauerhaft eingeloggt bleiben möchte.*

## Infrastruktur für Thermostate

Schlaue Heizkörperthermostate sollen Gasverbrauch senken, c't 16/2022, S. 12

Dem Kommentar kann man nur zustimmen, was digitale Thermostate angeht. Wenn man diese von „smarten“ Thermostaten abgrenzt, so sieht die Bilanz noch viel trauriger aus. So muss die gesparte Energie der Heizung zusätzlich zu allen gegenzurechnenden Faktoren eines digitalen Thermostaten auch noch dem Ressourcenverbrauch der Vernetzung standhalten.

Und dass das recht viel sein kann, wird klar, wenn man bedenkt, welcher infrastruktureller und server-/clientseitiger Aufwand zu treiben ist: pro Thermostat ein Sende-/Empfangsmodul, ein heimischer Hub – und wer sich dann noch mit seiner Lösung auf das Internet stützt, all das, was danach kommt. Eine wirklich smarte Lösung kann sich deshalb nicht nur auf die Heizung beschränken, sondern muss das Heim/Auto in seiner Gesamtheit smart machen.

Ebenfalls sehr interessant würde bei einer Verpflichtung zum digitalen/smartesten Thermostat mit angedachter Strafzahl-

lung bei Verweigerung sein, wie die Behörden auf die massenhaft installierten und hervorragend arbeitenden DIY-Smart-Homes reagieren, die ja nun leider kein Prüfsiegel vorweisen können, welches dann sicher kommen müsste. Rückbau und „Smart-Home-Verdummung“ zur Vermeidung von Strafe? Den deutschen Behörden traue ich die Anerkennung der privat geleisteten Innovation extrem motivierter Hausbesitzer nämlich nicht im Geringsten zu.

Jürgen Striegel

## Verklebte Akkus

Novelle des Elektro- und Elektronikgeräte-Gesetzes soll Sammelquoten erhöhen, c't 16/2022, S. 52

Und wie entsorge ich die Akkus einzeln? „Hier ist deshalb jeder Einzelne gefordert, auf umweltverträgliche Entsorgung der Energiespender zu achten.“ Schön, den schwarzen Peter dem Verbraucher zuzuschreiben. Aber wie soll ich den verklebten Smartphone-Akku denn entnehmen?

frueherwarallesbesser

## Demnächst als VPN?

Klärungsbedarf beim teuren Austausch der Konnektoren in Arztpraxen, c't 16/2022, S. 116

Das allerbeste ist ja, das die TI 2.0 ohne Konnektoren auskommen soll (siehe Whitepaper auf der Homepage der Gematik). Das ist dann wohl ... ein VPN! Wow, fortschrittlich, wahrscheinlich aber kostet dann diese Software-Lösung auch mindestens 2000 Euro, denn es muss ja wirklich, wirklich sicher sein. Oder vielleicht auch zwei VPNs? Es wurden ja auch mal zwei Firewalls empfohlen.

DocAndy

## Single Point of Failure

Der Konnektor wird doch immer mehr zum Single Point of Failure. Wenn er nicht will (was immer wieder der Fall ist), kann man nur noch über Umwege Versichertenkarten einlesen (über mobile Geräte), die Software will diverse Funktionen nicht mehr öffnen und überhäuft einen mit Fehlermeldungen. Bald kann man dann nicht mal mehr eine AU oder ein Rezept schreiben.

Mal von den monetären Dingen abgesehen ist die Technik sehr wackelig und

das macht im Praxisalltag echt viel Stress und unnötige Arbeit. Ich für meinen Teil würde einen grundsätzlichen Neuanfang empfehlen oder es einfach sein lassen. Das, was aktuell und die letzten fünf Jahre passiert ist, ist aber eine gänzliche Vollkatastrophe.

pGene

## Regelung bei Reihenhäusern

Photovoltaikanlagen auf Dächern installieren, c't 15/2022, S. 26

Bei Reihen-, Ketten- oder Stadthaus-Bebauung schreibt die HBauO [Hamburgische Bauordnung, Anm. d. Red.] (noch) einen Mindestabstand von 1,5 Meter zu den Brandmauern vor. Damit gehen für Mittelhäuser 3 Meter über die ganze Länge des Daches verloren. Bei entsprechendem Ausnahmeantrag kann dieser Abstand zu den Brandmauern unter Umständen auf 0,5 Meter auf beiden Seiten reduziert werden. Damit ist für Reihemittelhäuser mit idealer Ausrichtung von Satteldächern eine PV-Anlage trotzdem wenig attraktiv, weil oft Gauben, Dachflächenfenster, Schornsteine und südöstlich ausgerichtete Parabolantennen eine weitere Reduktion der nutzbaren Dachfläche erzwingen.

D. Zeylmans

## Ergänzungen & Berichtigungen

### Samsung-Monitor heißt S95UA

Test: Zwei Ultrabreitmonitore mit 38 und 49 Zoll fürs Büro, c't 16/2022, S. 106

In der Tabelle haben wir den getesteten Samsung-Monitor LS49A50U genannt. Das ist ein Teil seiner kompletten Modellnummer, mit der man allerdings das Gerät auf den Händlerseiten nicht findet. Der korrekte Name lautet Samsung S95UA – so steht es auch im Text.

### Viele, aber nicht alle

Warum Sportübertragungen selten mit bestem Bild und Ton laufen, c't 15/2022, S. 120

TVN Live Production übernimmt die Produktion des TV-Sendesignals für viele Spiele der ersten und zweiten Fußballbundesliga, aber nicht – wie im Text angegeben – für alle.

## Wir freuen uns über Post

✉ redaktion@ct.de

💬 c't Forum

📘 c't Magazin

🐦 @ctmagazin

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

Antworten sind kursiv gesetzt.

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





# Making information faster

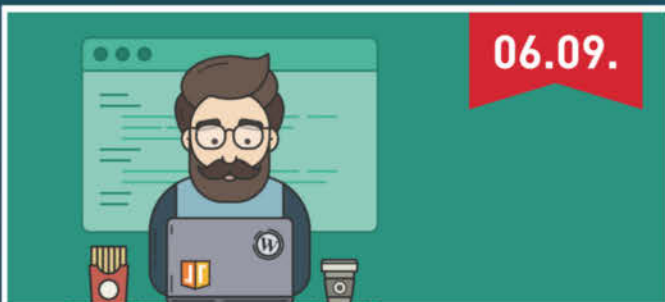
In der heutigen Arbeitswelt ist das Informationsmanagement ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. Denn nur wer Informationen schnell findet, kann die gestiegenen Anforderungen von Mitarbeitern und Kunden erfüllen und daraus neue Lösungen entwickeln. Von klimafreundlichen Druckern und Multifunktionssystemen 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)



## WordPress für Einsteiger

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



## Einführung in GitLab

Dieser Workshop bietet einen Einstieg in den Betrieb einer eigenen Instanz der Entwicklungsplattform. Sie lernen sowohl, wie Sie GitLab initial aufsetzen, als auch wie Sie Ihre GitLab-Instanz konfigurieren und optimal an die eigenen Anforderungen anpassen.



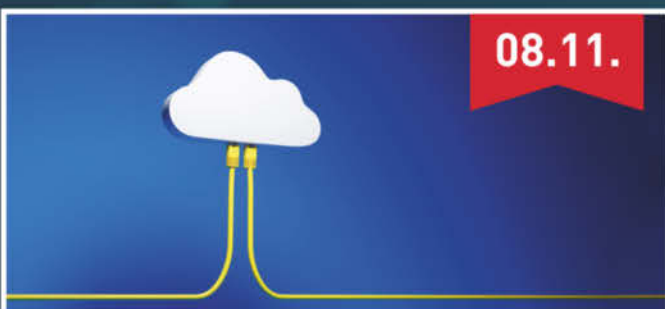
## CI/CD mit GitLab

Die Entwicklungsplattform GitLab bietet umfangreiche Continuous-Integration-Funktionen. Der Workshop bietet eine praktische Einführung in die GitLab-CI-Tools und zeigt, wie man damit Softwareprojekte baut, testet und veröffentlicht.



## Dienste mit SELinux absichern

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



## Internetausfälle kompensieren

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



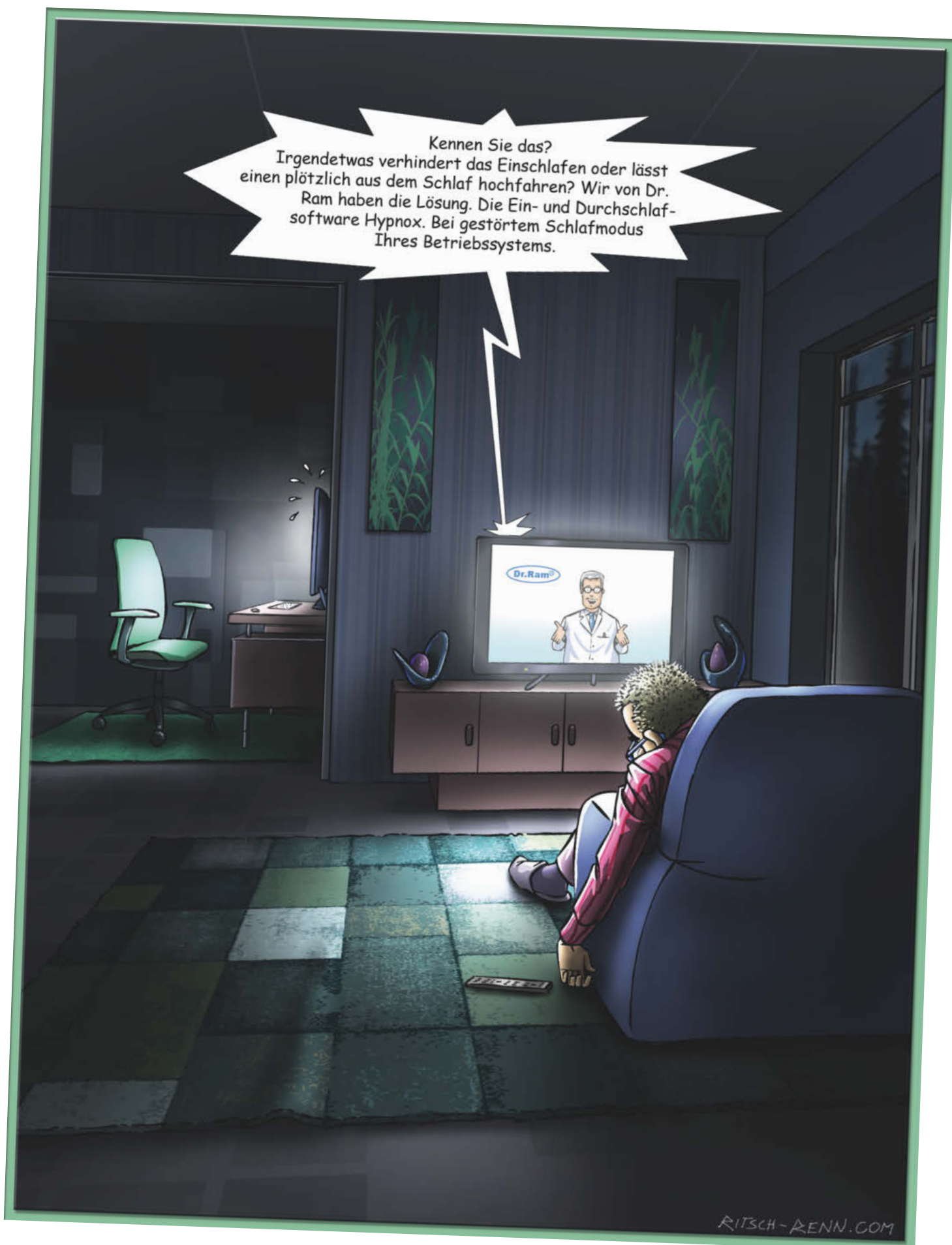
## Docker und Container in der Praxis

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

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

**[www.heise-events.de/workshops](http://www.heise-events.de/workshops)**





# Teure Kundschaft

## Keine neuen Strom- oder Gasverträge bei kleineren Stadtwerken

**Wie stark die Preise für Strom und Gas ansteigen werden, ist kaum mehr vorherzusagen. Etliche Stadtwerke reagieren darauf, indem sie nur noch die Grund- und Ersatzversorgung übernehmen und keine regulären Tarife mit Preisbindung anbieten. Wer keinen Vertrag mit einem anderen Anbieter abschließt, muss sich auf ständig wechselnde Preise einstellen.**

Von Mirko Dölle

Wer Anfang 2022 einen langfristigen Strom- oder Gasliefervertrag abgeschlossen hat, kann sich glücklich schätzen: Noch sind die Energieversorger an die damals vereinbarten Preise gebunden, doch die Verluste durch die inzwischen stark gestiegenen Einkaufspreise an den Energiebörsen bringen manche Versorger in Existenznöte. Privatkunden müssen sich deshalb keine unmittelbaren Sorgen machen: Kündigt ihr Versorger den Vertrag oder geht pleite, übernimmt automatisch der sogenannte Grundversorger die Lieferung von Strom und Gas – das sind meist die örtlichen Stadtwerke. Doch es wird schwerer, einen neuen Vertrag abzuschließen, denn etliche Stadtwerke bieten keine Alternative mehr zur gesetzlich vorgeschriebenen, teuren Ersatz- und Grundversorgung – der höchste bei unseren Recherchen genannte Preis waren 1,07 Euro pro Kilowattstunde Strom.

Auch überregional wird die Luft merklich dünner, nach Auskunft des VZBV (Verbraucherzentrale Bundesverband e. V.) ist die Zahl der Energieversorger gegenüber dem Vorjahr um 72 Prozent gesunken. Einige Vergleichsportale wiesen Verbraucher darauf hin, dass der jeweilige Grundversorger aktuell günstiger sein könnte als

alternative Angebote. Dabei ist der Grundversorgungstarif besonders unattraktiv, er dient eigentlich nur als Sicherungsnetz für den Notfall, dass ein Haushalt keinen Stromvertrag abschließt – etwa, wenn man nach dem Einzug erst noch die Preise vergleichen möchte.

Weil der Versorger die Energie für Kunden ohne Strom- oder Gasliefervertrag nicht langfristig günstig einkaufen kann, gesteht der Gesetzgeber den Unternehmen höhere Preise zu. Ein Aufschlag von 50 bis 100 Prozent beim Arbeitspreis gegenüber den regulären Basistarifen desselben Versorgers waren in der Vergangenheit nicht ungewöhnlich. Entsprechend groß war der Anreiz, in einen regulären Tarif mit einer Laufzeit von typischerweise 12 Monaten oder mehr zu wechseln.

Bei etlichen vorwiegend kleineren Stadtwerken geht dies nun aber nicht mehr. Beispielsweise hatten die Stadtwerke Sehnde im Raum Hannover bei Redaktionsschluss sämtliche Tarife von ihrer Homepage entfernt, lediglich die gesetzlich vorgeschriebenen Informationen zur Grundversorgung waren noch online. Bei den Stadtwerken Eschwege in Nordhessen wurden die verschiedenen Strom- und Gastarife zwar noch angezeigt, doch ohne Preisangabe und ohne Möglichkeit, einen Vertrag abzuschließen. Der Kundenservice verwies in beiden Fällen darauf, dass man aktuell keine Stromverträge mehr anbieten könne. Bei den Stadtwerken in Fürstfeldbruck bei München gab es keine Gaspreise und keine Gasverträge mehr.

### Schwankende Preise

Für die Grundversorgung ist kein Vertragsabschluss nötig, darin landet man gemäß Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) auto-

matisch, auch wenn man nirgends unterschreibt. Ist der frühere Energieversorger pleitegegangen oder wurde der Vertrag gekündigt, übernimmt der Grundversorger in den ersten drei Monaten die sogenannte Ersatzversorgung. Bislang wird kaum zwischen Ersatz- und Grundversorgung unterschieden, denn die Preise für die Ersatzversorgung dürfen nicht höher sein als der Grundversorgungstarif, weshalb ein früherer Wechsel in die Grundversorgung unproblematisch war.

Mit der geplanten Änderung des EnWG (Bundestagsdrucksache 20/1599) wird jedoch „klargestellt (...), dass ein Anspruch auf den Abschluss eines Grundversorgungsvertrages erst nach drei Monaten besteht“. Damit erhalten die Grundversorger mehr Zeit, sich auf den unvermittelt höheren Energiebedarf einzustellen und günstigere kurzfristige Lieferverträge abzuschließen. In der Zwischenzeit wird die benötigte Energie tagessaktuell an den Börsen zu den gleichen Preisen beschafft, die auch Industriekunden zahlen.

Außerdem soll durch die Gesetzesänderung der Preisdeckel für die Ersatzversorgung fallen: „Die Ersatzversorgung und die Grundversorgung werden neu vonein-

ander abgegrenzt. Die preisliche Koppelung wird (...) aufgehoben.“ Als Grund führt die Bundesregierung die erheblichen Preisunterschiede für Energie an,

die einerseits für Kunden in Ersatzversorgung und jenen in der etwas längerfristig angelegten Grundversorgung am Markt verlangt werden. „Daher wird auch bei der Ersatzversorgung von Haushaltskunden die Gleichpreisigkeit mit der Grundversorgung künftig (...) nicht mehr vorgegeben.“

Die Bundesregierung will den Grundversorgern außerdem erlauben, die höheren Börsenpreise für die Zeit der Ersatzversorgung kurzfristig an die Haushalte weiterzugeben, und zwar ohne die Kunden explizit darüber informieren zu müssen. Wer in der Ersatzversorgung landet, muss sich künftig auf der Internetseite des Grundversorgers über die gerade geltenden Preise informieren. Es ist nicht einmal erforderlich, den aktuellen Zählerstand abzufragen, die Grundversorger dürfen den Stromverbrauch schätzen.



The left screenshot shows the 'Stromtarife' page with a table for 'Sehnder Strom' tariffs. The right screenshot shows the 'Stromtarife' page with a table for 'Sehnder Strom' tariffs, highlighting the price difference between new and existing customers.

Tarifbezeichnung	Arbeitspreis netto Cent/kWh	Arbeitspreis brutto Cent/kWh	Grundpreis netto EUR/Monat *	Grundpreis brutto EUR/Monat *
Sehnder Strom	22,75	27,07		

Tarifbezeichnung	Arbeitspreis netto Cent/kWh	Arbeitspreis brutto Cent/kWh	Grundpreis netto EUR/Monat *	Grundpreis brutto EUR/Monat *
Sehnder Strom Neukunden	44,18	52,57	10,00	11,90

**Manche Stadtwerke verlangen von Haushalten, die erst kürzlich in die Grund- oder Ersatzversorgung gerutscht sind, aktuell fast doppelt so hohe Strompreise wie von sogenannten Altkunden im selben Tarif. Die geplante Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes soll diese umstrittene Ungleichbehandlung beenden.**

## Freigekauft

Ohne Anspruch auf die Grundversorgung können Kunden der Ersatzversorgung nur entkommen, indem sie bei einem anderen Anbieter einen regulären Vertrag abschließen. Dabei helfen Preisvergleichsportale wie Verivox oder Check24, allerdings ist bei der Tarifauswahl Vorsicht geboten. So werden standardmäßig etwaige Neukunden- und Treueboni einberechnet, sodass die spätere monatliche Abschlagzahlung deutlich höher ausfällt, als in der Tarifübersicht der Portale angezeigt wurde. Für Haushalte, die am Monatsende mit dem spitzen Bleistift rechnen müssen, ist das ein Problem.

Sollen etwa Treueboni erst nach einiger Zeit oder gar am Ende des Vertrags ausbezahlt werden, ist das riskant: Man geht damit faktisch in Vorleistung, zahlt also zunächst mehr, um später einen Teilbetrag zurückzuerhalten. Sollte der Energieversorger pleitegehen, muss man sich im Zweifel jahrelang mit dem Insolvenzverwalter herumschlagen, um an sein Geld zu kommen. Reicht die Insolvenzmasse nicht, um alle Ansprüche aller Gläubiger zu befriedigen, bekommt man nur einen Teilbetrag oder schlimmstenfalls gar nichts zurück.

Die geplante Gesetzesnovelle will allerdings auch der Ungleichbehandlung von Kunden ein Ende setzen. Künftig ist es

nicht mehr erlaubt, beim Grundversorgungstarif nach dem Eintrittsdatum zu unterscheiden. So bezahlten Kunden der Stadtwerke Sehnde, die erst ab Juli in die Grundversorgung rutschten, einen Arbeitspreis von 52,57 Cent pro Kilowattstunde – während sogenannte „Bestandskunden“, die schon länger in der Grundversorgung verweilen, mit 27,07 Cent/kWh nur gut die Hälfte bezahlen mussten. Bestandskunden steht also eine kräftige Preiserhöhung ins Haus – der sie nur durch Abschluss eines Neuvertrags mit einem anderen Stromversorger entgehen können.

Weil zudem die Preise an den Strom- und insbesondere Gasbörsen steigen, müssen Verbraucher in der Grundversorgung auch deshalb mit zusätzlichen Preiserhöhungen durch die Grundversorger rechnen – eine Preisgarantie wie bei regulären Versorgungsverträgen gibt es nicht. Während unserer einwöchigen Recherche stieg der Arbeitspreis für das günstigste Vertragsangebot mit mindestens 12 Monaten Laufzeit ohne Vorauszahlung und ohne Berücksichtigung von Boni bei der Vergleichsplattform Verivox von rund 34 Cent/kWh auf über 40 Cent/kWh. Einige Unternehmen verlangten sogar über einen Euro für eine Kilowattstunde Strom – der drei- bis vierfache Preis dessen, was Haushaltskunden noch im ersten Quartal dieses Jahres bezahlten.

## Fazit

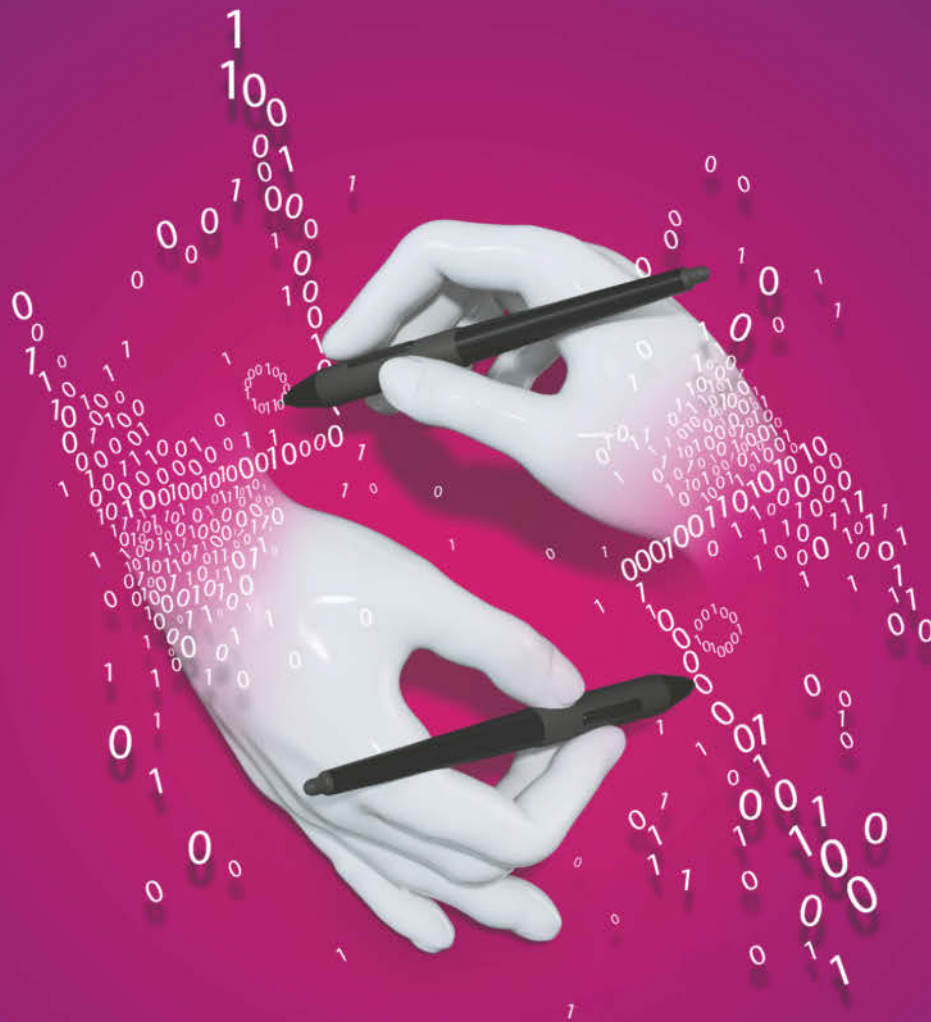
Für Verbraucher gilt es also mehr denn je, gar nicht erst in der Ersatz- oder Grundversorgung zu landen oder schnellstmöglich in ein neues geregeltes Lieferverhältnis zu gelangen. Auch wenn die Grundversorgungstarife mancher Stadtwerke derzeit sogar niedriger sind als die günstigsten Anbieter auf dem freien Markt, langfristig werden diese Tarife steigen – genau wie die Angebote bei den Preisvergleichsportalen. Letztlich ist es ein Pokerspiel, wann der richtige Zeitpunkt für den Wechsel ist.

Spätestens wenn die geplante Gesetzesänderung verabschiedet wird und Grundversorger nicht mehr zwischen Alt- und Neuverträgen unterscheiden dürfen, sollten Sie die veränderten Preise vergleichen. Besonders schwierig ist die Lage für diejenigen, deren Versorgungsvertrag erst in ein paar Monaten endet: Je weiter der Lieferbeginn in der Zukunft liegt, desto weniger Unternehmen sind bereit, dafür jetzt schon einen langfristigen Vertrag zu heutigen Preisen abzuschließen. Die beste Methode, die Energiekosten auch langfristig im Zaum zu halten, ist jedoch, konsequent Strom zu sparen oder gar selbst zu erzeugen. Dabei helfen Ihnen gute Energiemessgeräte und eigene Kleinkraftwerke, wie wir sie auf den Seiten 98 und 104 in dieser Ausgabe getestet haben.

(mid@ct.de) **ct**

# Kontrollierte Intelligenz

KI zwischen Hype und Dämon



<b>Einleitung .....</b>	<b>Seite 18</b>
<b>Wo Unternehmen auf KI setzen .....</b>	<b>Seite 20</b>
<b>Was KI kann und was nicht .....</b>	<b>Seite 24</b>
<b>Wie KI-Fehler entstehen und Forscher sie künftig vermeiden wollen .....</b>	<b>Seite 28</b>



## Viele Technikgurus und Manager schreiben künstlicher Intelligenz übermenschliche Fähigkeiten zu. Damit provozieren sie aber auch Ängste, und die Rufe nach Regulierung werden immer lauter. Um die aufgebauchte Debatte zu erden, erklären wir die Technik sowie Einsatzzwecke und Gefahren.

Von Hartmut Gieselmann und  
Andrea Trinkwalder

**D**er Begriff KI ist heutzutage allgegenwärtig und wird so inflationär benutzt, dass seine Definitionsgrenzen mehr und mehr verschwimmen. Smartphonehersteller werben mit KI, wenn sie Fotos der Anwender automatisch in Alben sortieren. Autohersteller werben mit KI, wenn ihr Navigationssystem den nächsten Stau umfährt. Und Start-ups werben mit KI, um Investoren anzulocken.

Da verliert man als Anwender leicht den Überblick und echauffiert sich mit Witzen, wenn eine KI mal wieder ihr Werbeversprechen nicht einlösen kann und dümmste Fehler begeht. Dabei ist die Differenz zwischen Erwartungshaltung und Realität bereits im unscharfen Begriff „Intelligenz“ angelegt. Er suggeriert, dass eine Maschine schlauer sein könnte als ein Mensch. Das trifft aber nur auf ganz spezielle Anwendungsfälle zu und hängt sehr stark davon ab, mit welchen Daten eine KI trainiert wurde und welche Algorithmen überhaupt dahinterstecken.

Im Artikel auf Seite 20 nennen wir zahlreiche Beispiele, in denen KI die Produktivität erhöht, etwa beim Erkennen falsch eingebauter Autoteile oder Aussortieren von giftigen Getreidekörnern. Dieses Steigerungspotenzial ist der Grund, warum viele Unternehmen enorme Ressourcen in die Entwicklung von KI-Systemen stecken und sich einen Vorteil im internationalen Wettbewerb erhoffen. Dabei möchten sie ungern durch Gesetze gegängelt werden.

Einzelne KI-Erfolge lassen sich aber nicht verallgemeinern. Wenn Sie einen Nagel in die Wand schlagen wollen, grei-

fen Sie zu einem Hammer. Der taugt aber wenig, um den Nagel wieder herauszuziehen. Das geht besser mit einer Zange. Und genauso muss man auch bei KI- beziehungsweise Machine-Learning-Systemen differenzieren: Mal lässt sich ein Problem am besten mit einem Deep-Learning-Ansatz lösen, mal eignet sich ein klassisches statistisches Verfahren, mal ist jede Form von KI überfordert. Kluge Entwickler betreiben KI nicht um jeden Preis, sondern mit Augenmaß.

### Mehr Durchblick

Gesellschaft oder Betroffene können allerdings kaum durchblicken, wie genau ein als KI bezeichnetes System Daten klassifiziert, weil sich der Begriff „Künstliche Intelligenz“ mittlerweile als Sammelbegriff für nahezu alle Methoden des maschinellen Lernens etabliert hat: von klassischen statistischen Methoden wie Entscheidungsbäumen bis hin zu künstlichen neuronalen Netzen beziehungsweise tiefen Faltungsnetzen (Deep Convolutional Neural Network, Deep CNN). Letztere haben Bild- und Spracherkennung erst möglich gemacht, weil sie sich komplexe Charakteristika recht eigenständig aus Trainingsdaten erschließen.

Die EU fasst den Begriff in ihrem Entwurf zum „Artificial Intelligence Act“, der die Technik regulieren soll, übrigens besonders weit: Der AI Act versteht unter KI prinzipiell alle Techniken des maschinellen Lernens, statistische Verfahren sowie logik- und wissensgestützte Konzepte. Damit stiftet er ähnlich viel Verwirrung wie Unternehmen, die zu Werbezwecken jede denkbare Art von Software als KI titulieren.

Präziser ist es deshalb, von klassischem Maschinenlernen oder künstlichen neuronalen Netzen zu sprechen: Sie alle

gehen auf statistische Verfahren zurück, deren Grundprinzipien der Artikel ab Seite 24 erklärt. Ohne mathematische Formeln zu bemühen, führt er verständlich vor Augen, wie begrenzt die bisherigen KI-Ansätze doch sind und wie sich ihre Trainingskonzepte vom Lernprozess eines Menschen unterscheiden.

### Transparenz vs. Effizienz

Das macht KI für Unternehmen nicht weniger wertvoll, dekonstruiert aber ihre scheinbare Überlegenheit. Dies wird umso wichtiger, je mehr risikoreiche Aufgaben Wirtschaft und Staat künftig an KI-Systeme delegieren wollen, bei denen Fehler fatale Folgen haben können. Dazu braucht es einen nüchternen Blick auf die Technik und den Willen, die Prozesse vom Training bis hin zum Ergebnis nachvollziehbar zu gestalten. Sonst zahlen Menschen unangemessen hohe Versicherungsprämien oder werden bei Bewerbungen willkürlich aussortiert.

Die Betroffenen müssen stets nachvollziehen können, warum eine Entscheidung über sie gefällt wurde. Das soll künftig laut dem geplanten AI Act der EU europaweit gelten. Je nach Risikostufe dürfen in bestimmten Arbeitsbereichen nur relativ einfache Algorithmen zum Einsatz kommen oder Entscheidungen müssen von Menschen getroffen werden. Das ist eventuell weniger effizient als eine Automation durch tiefe neuronale Netzwerke, dafür behält der Mensch die Kontrolle.

Welche systematischen Fehler einer KI unterlaufen können, wenn man sie mit schlecht kuratierten Daten trainiert, zeigt der Artikel auf Seite 28. Es genügen bereits kleine Bildstörungen oder Wasserzeichen in großen Trainingsdatenbanken, um eine KI auf den Holzweg zu schicken. So entstehen Fehler, die etwa bei der Beurteilung von Melanomen oder der Zielauswahl von Luftabwehrsystemen tödliche Auswirkungen haben können.

Wichtig ist, dass diese Probleme und die Lösungsansätze nicht nur von ein paar Wissenschaftlern und Informatikern verstanden werden, sondern eine breite gesellschaftliche Diskussion einsetzt. Insbesondere müssen Entscheider in den Vorständen und in der Politik die KI-Systeme einer kritischen Bewertung unterziehen sowie Vor- und Nachteile gut abwägen. Nur dann kann die Gesellschaft von den Stärken der Technik profitieren, ohne wegen ihrer Intransparenz die Kontrolle zu verlieren. (hag@ct.de) **ct**

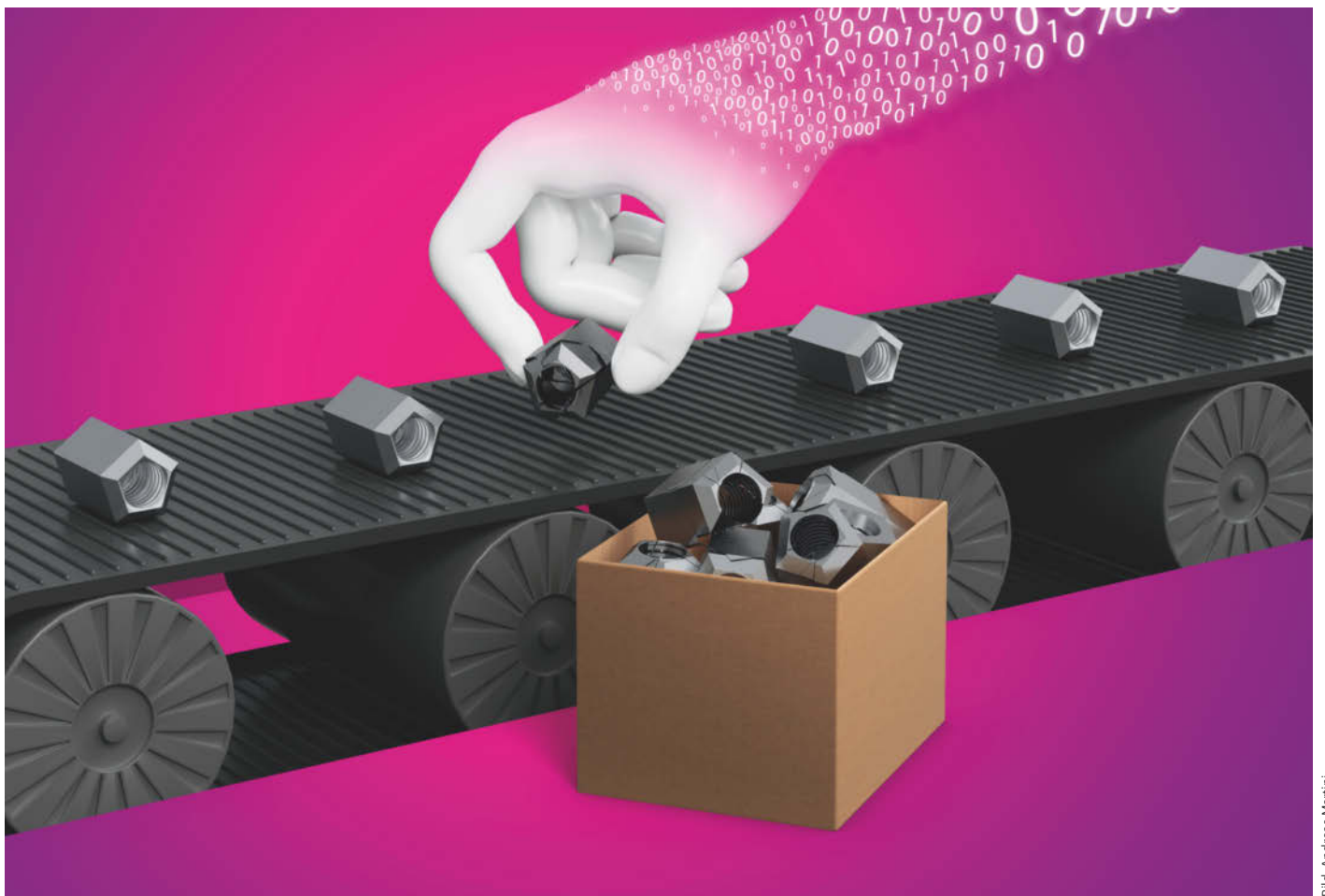


Bild: Andreas Martini

# Läuft wie KI-geschmiert

## Einfach nur praktisch: Wie künstliche Intelligenz Firmen produktiv macht

**Künstliche Intelligenz kann zwar nicht denken wie ein Mensch, aber das muss sie auch gar nicht, um nützlich zu sein. Was selbstlernende Algorithmen leisten, reicht für unzählige Einsätze in der Produktion, Landwirtschaft, im Umweltschutz und bei Dienstleistern locker aus. Wir haben in zahlreichen Branchen KIs gefunden, die jede Menge Arbeit wegschaffen und knifflige Probleme lösen.**

Von Andrea Trinkwalder

**K**ünstliche Intelligenz wird in den nächsten Jahren wahrscheinlich jeden Bereich des privaten und öffentlichen Lebens durchdringen und gravierend verändern. Bereits heute bewältigen maschinell trainierte Algorithmen die unterschiedlichsten Aufgaben: enorm schnell, unermüdlich, 24 Stunden am Tag und meist im Verborgenen. Sie erledigen die Qualitätskontrolle, trennen den Müll, verteilen die Unternehmenspost und regulieren Standardfälle für Versicherungen. Auch die Justiz schielt auf die Technik, denn schon jetzt stauen sich Verfahren und das Problem verschärft sich, wenn im Laufe der nächsten Jahre viele Richter in den Ruhestand gehen.

Wir haben uns abseits der Datenimperien Amazon, Google, Facebook und

Apple umgesehen und eine Vielfalt an praktischen und inspirierenden Lösungen gefunden, die in deutschen und europäischen Unternehmen eingesetzt oder entwickelt werden.

### Kontrollierte Bedingungen

Am besten funktionieren Machine-Learning-Algorithmen, wenn sie eine konkrete, nicht allzu komplexe Aufgabe lösen sollen, und zwar unter möglichst kontrollierten Bedingungen. Mit Überraschungen kommen die Systeme in der Regel nicht zurecht, weil sie lediglich gelernt haben, Datensätze in vorgegebene Kategorien einzusortieren. Daher können sie Ereignisse, die zu stark von den erlernten Mustern abweichen, oft nicht sinnvoll einordnen – Beispiele und Hintergründe siehe Artikel ab Seite 24.



## ct kompakt

- Immer mehr Unternehmen wissen künstliche Intelligenz für sich zu nutzen.
- Hinter erfolgreichen Projekten steckt vor allem menschliche Intelligenz und Planung.
- KI wird sehr dosiert eingesetzt: für einfache Aufgaben mit kontrollierbarem Effekt.

Hinter jedem erfolgreichen „KI“-Projekt steckt deshalb sehr viel menschliche Intelligenz und Planung. Die Entwickler müssen durchdrungen haben, wie sich eine Aufgabe grundsätzlich lösen lässt. Dann müssen sie die passenden Daten finden oder bei Bedarf generieren. Dazu braucht es aber eine Vorstellung davon, in welcher Art von Daten sich überhaupt nützliche Muster verbergen könnten, die zur Problemlösung beitragen. Diese Daten müssen sie dann in ausreichender Menge und Vielfalt beschaffen, damit das neuronale Netz oder ein anderes Machine-Learning-Verfahren keinen Hang zu tendenziösen Entscheidungen entwickelt. Ein Beispiel: In den historischen Bewerbungsunterlagen, mit denen Amazon eine KI darauf trainieren wollte, passende Kandidaten fürs Unternehmen auszuwählen, steckten offenbar keine relevanten Kriterien für fachlich-persönliche Eignung. So konnte die KI lediglich herauslesen, dass früher meist männliche Kandidaten zum Zug kamen und lehnte Frauen daher ab.

Dennoch haben viele KIs, die sich im Alltag bewähren, etwas mit Bild- und Texterkennung zu tun, und das ist kein Zufall: Bilderkennung gehört zu den Pionieranwendungen des Deep Learnings. Deshalb existieren bereits hochentwickelte Methoden, und Trainingsdaten sind in großer Menge leicht zu beschaffen. Auf iPhones verdingt sich die Face-ID-Gesichtserkennung als strenger Türsteher, beim Fotografieren fokussiert eine ähnliche, aber etwas gröbere Technik automatisch auf Gesichter.

Auch Text- und Spracherkennung ist nützlich und wird immer besser: Die ersten Systeme verstanden nur einfache Anweisungen, jetzt können sie übersetzen, Interviews verschriftlichen und sogar halbwegs unfallfrei grammatisch korrekte Sätze bilden [1]. Einen astreinen europäischen Übersetzer auf Stand der Technik hat übrigens die deutsche EU-Ratspräsidentschaft auf die Beine gestellt: Der gemeinsam mit DeepL, dem DFKI, eTranslator und Tilde entwickelte EU Council Presidency Translator beherrscht alle 24 Amtssprachen der EU und ist DSGVO-konform.

### Clever sortieren

Auch hinter den Kulissen in den Fabriken und Unternehmen haben sich Machine-Learning-Systeme etabliert, vor allem bei der Qualitätskontrolle: Sie spüren Defekte und Abweichungen auf, sortieren beschädigte Bauteile bei der Produktion automatisch aus oder melden während des laufenden Betriebs Wartungsbedarf, bevor ein größerer Schaden entsteht.

Zum Beispiel bei der Herstellung von Windkraftanlagen: Um einen sicheren Be-

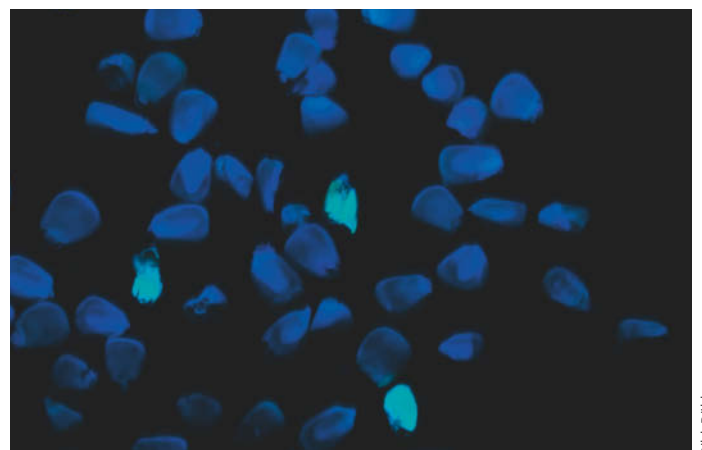
trieb zu gewährleisten, müssen Rotorblätter aufwendig inspiziert und auf Defekte untersucht werden. Menschliche Prüfer brauchen dafür sechs Stunden pro Blatt, und die Konzentration lässt nach einiger Zeit spürbar nach. Deshalb hat Siemens Gamesa zusammen mit Fujitsu ein neuronales Netz trainiert, das selbst kleinste Risse zu annähernd 100 Prozent erkennen soll. Das Projekt wurde laut Hersteller binnen drei Monaten umgesetzt. Der Inspektionsaufwand habe sich dadurch um 80 Prozent reduziert, womit Siemens-Gamesa jährlich 32.000 Arbeitsstunden eingespart habe.

Während des Betriebs im Windpark passen ebenfalls Machine-Learning-Algorithmen auf, dass nichts passiert. In einer typischen Windkraftanlage stecken über 1000 Sensoren, die mehr als 100.000 Werte pro Minute liefern: Sie messen zum Beispiel Vibrationen, Temperatur und Geräusche. In diesem Datenstrom sucht der baden-württembergische Energieversorger EnBW mithilfe von Machine-Learning-Verfahren nach Mustern, die auf Defekte oder andere drohende Betriebsstörungen hinweisen. Für die Überwachung seiner nur 450 Windräder haben die Datenspezialisten 22.000 kleine Analysemodelle entwickelt, um Anomalien zu erkennen. Jedes Windrad sei einzigartig und benötige ein auf Bauart und Umweltbedingungen zugeschnittenes Monitoring, erklärt das Unternehmen.

Mit einer ganz anderen Art von Schäden, viel kleineren Teilen und hohem Durchsatz muss die Sortiermaschine der Schweizer Bühler Group klarkommen. Die „Sortex H“ filtert Fremdkörper aus Rohstoffen wie Getreide, Kaffee und Hülsen-



Die Sortiermaschine Sortex H von Bühler erkennt pilzbefallene Maiskörner ...



... mit Hyperspektralkameras, deren Bilder von einer KI ausgewertet werden.

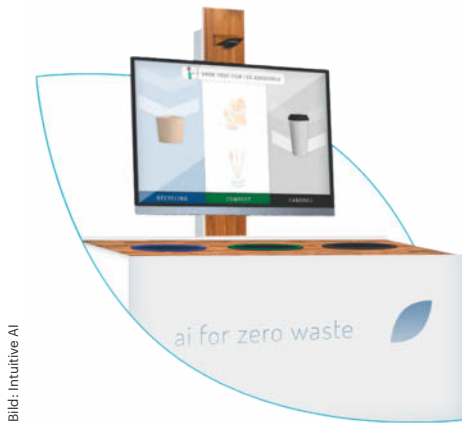


Bild: Intuitive AI

**KI macht nicht vor Mülleimern halt: Sortiergehilfe Oscar weiß, welche Wertstoffe in welchen Eimer gehören.**

früchten und hat sich unter anderem in Italien bewährt, wo sie die Maisernte von Mykotoxin-befallenen Körnern reinigte. Das Gerät bläst sämtliche Körner durch einen Detektor, der mit einer Hyperspektralkamera bestückt ist: Diese generiert Falschfarbenbilder, auf denen die pilzbefallenen Körner türkisblau leuchten und sich deutlich von den gesunden dunkelblauen unterscheiden. Landet die Pilzerkennung einen Treffer, wird das Fundstück direkt aus dem Getreidestrom herausgeblasen. Den gesamten Sortierprozess steuert eine Risikoanalyse, die anhand von Wetterdaten und den einströmenden Bilddaten abschätzt, mit welcher Wahrscheinlichkeit überhaupt eine gefährliche Verunreinigung zu erwarten ist. Bei hohem Risiko schaltet sie den speziellen Sortiermechanismus zu, bei niedrigem ab und spart damit Zeit.

**KI für die Tonne**

Die Welt steht vor einem riesigen Müllproblem: zu viel Kunststoff, zu geringe Recyclingquote. Zumindest beim Recycling kann KI mit anpacken. So experimentiert der Flughafen der kanadischen Großstadt Vancouver mit dem intelligenten Mülleimer der ortsansässigen Firma Intuitive AI: Er heißt Oscar wie das Monster aus der Sesamstraße, aber anstatt eines grünen, zotteligen, schlecht gelaunten Geschöpfes ragt ein 32-Zoll-Monitor mit Kamera aus der viergeteilten Tonne heraus.

Die integrierte Bilderkennung ist ein klassischer Fall für Deep Learning: Sie wurde anhand kategorisierter Beispielfotos auf die Unterscheidung recycelbarer Stoffe – Papier, Kunststoff, Organisch, Rest – trainiert und hilft nun Besuchern aus

aller Welt, ihren Müll in den richtigen Behälter zu werfen. Sehr weitsichtig: Damit der Abfall nicht im Eimer landet, bevor Oscar seine Beraterqualitäten ausspielen kann, analysiert er sich nähernde Personen bereits aus fünf bis sechs Metern Entfernung. Im industriellen Maßstab sortieren übrigens große Maschinen mit Hyperspektralkameras das Gros der Wertstoffe, ergänzt um eine KI für knifflige Fälle.

Tiefe neuronale Netze machen sich in immer mehr Umwelt- und Artenschutzprojekten nützlich – mit teils bestechend originellen Ideen: In Indonesien, Afrika und Ecuador etwa bestücken Ranger ausrangierte Smartphones mit hochsensiblen Mikrofonen, Photovoltaik sowie einem auf Tier- und Technikgeräusche trainierten neuronalen Netz. Die Geräte hängen sie in die Bäume und lauschen damit in den Wald hinein. So tracken sie mit relativ geringem Aufwand bestimmte Tierarten – und werden automatisch alarmiert, wenn Motorsäengeräusche auf illegale Abholzung hindeuten.

**BMW: Brot- und Butter-KI**

Mit einer Mischung aus Open-Source-Philosophie und Pragmatismus macht sich BMW auf ins digitale Produktionszeitalter. Der Umgang mit KI soll hier so alltäglich werden wie der Griff zum Schraubendreher.

Als digitales Pendant zu diesem fungiert eine App namens „Labeling Tool Lite“, die Vorarbeiter in einem Pilotprojekt bereits auf das Erkennen falsch eingebauter Fußleisten trainiert haben. Klingt unspektakulär, spart laut BMW aber eine Menge Arbeit, weil die Leisten mit Schutzfolie bedeckt sind und sich mit bloßem Auge schwer unterscheiden lassen. Die KI

kanns nun besser und schneller. Auch ein Anonymisierungstool, das Menschen und vertrauliche Informationen in Foto- und Videomaterial unkenntlich macht, ist damit entstanden. Das Labeling Tool Lite, eine Trainingsdatenbank und andere Projektdaten hat BMW auf GitHub als Open Source veröffentlicht.

**Hoffentlich KI-versichert?**

Versicherungen besitzen jede Menge Daten und kannten sich mit statistischen Vorhersagen schon lange vor dem KI-Hype bestens aus. Aber die Branche bewegt sich auf heiklem Terrain. Das ist auch Felix Wenzel bewusst, der beim Ergo-Konzern die AI Factory leitet – eine auf Machine-Learning-Prozesse spezialisierte Abteilung. Wenzel betont im Gespräch mit c't, dass Machine Learning in seinem Unternehmen behutsam eingeführt und mit Bedacht umgesetzt werde, um Mitarbeiter und Kunden gleichermaßen mitzunehmen. Es gehe darum, Ängste zu nehmen und Vertrauen zu schaffen. Datenschutzbeauftragte, Sicherheitsexperten und Betriebsrat begleiten KI-Projekte von Beginn an, der Betriebsrat habe ein Vetorecht. Im kritischen Bereich der Risikobewertung habe man sich auch gegen Deep-Learning-Ansätze entschieden und arbeite dort weiterhin mit klassischen statistischen Verfahren, deren Berechnungen sich besser nachvollziehen und erklären lassen.

Dafür darf eine KI die Post verteilen. Der von Wenzels Team entwickelte „Artificial Intelligence Classifier“ (AIC) analysiert jede eingehende Mail, versucht anhand erlernter Muster herauszufinden, welche Abteilung oder welcher Sachbearbeiter dafür zuständig sein könnte und leitet sie an diesen weiter. Als Trainings-

**Ausrangierte Smartphones für den Umweltschutz: „The Guardian“ horcht im Regenwald nach Tier- und verdächtigen Motorgeräuschen.**



Bild: Rainforest Connection, CC BY 2.0



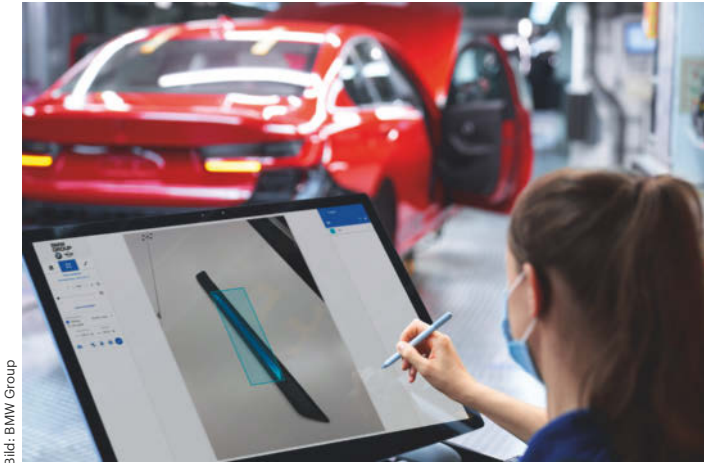


Bild: BMW Group

**In BMW-Werken soll das Trainieren einer KI so alltäglich werden wie der Griff zum Schraubendreher. Alle Mitarbeiter werden nach und nach im Umgang mit der hauseigenen App zum Klassifizieren von Trainingsdaten geschult.**

Gerade in der Versicherungsbranche, aber auch in der Medizin oder der Justiz müssen faire und nachvollziehbare Entscheidungen getroffen werden. Deshalb erarbeitet die EU eine Verordnung, die den Einsatz von Algorithmen reguliert: Unter anderem teilt der geplante Artificial Intelligence Act KI-Anwendungen abhängig von ihrem Gefahrenpotenzial in Risikoklassen ein. Besonders starke Auflagen gelten für Hochrisikobereiche, in denen intransparente automatisierte Entscheidungen Menschen benachteiligen oder gar existenziell bedrohen könnten. Dazu gehört nach den Plänen der EU auch die automatisierte Berechnung von Versicherungstarifen.

### Moralische Grenzen

Allein die Ideenvielfalt der Praktiker zeigt, wie universell sich Machine Learning einsetzen lässt. Sie zeigt aber auch, dass Wohl und Wehe von KI-Projekten recht nah beieinander liegen können.

Unternehmen müssen feinfühlig gestalten, denn je besser KIs werden, umso mehr Arbeitnehmer können sie prinzipiell ersetzen. Dadurch droht sich die Arbeitswelt auch stark zu polarisieren: in ein Heer von prekär beschäftigten Microjobbern, die den KIs im Akkord zuarbeiten, und ein paar wenige, die unter hohem Zeitdruck nur noch die anspruchsvollen Aufgaben erledigen.

(atr@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Dirk Hecker, Gerhard Paß, Sprachversther, GPT-3 und Co. texten überzeugend, aber nicht fakten-treu, c't 9/2022, S. 64

**Infos zu diesen und weiteren KI-Projekten: [ct.de/y6zf](https://ct.de/y6zf)**

material dienten korrekt zugestellte Mails aus dem Archiv, es musste also nicht aufwendig verschlagwortet werden.

Die Kontextanalyse stützt sich auf das bereits 2013 vom tschechischen Forscher Tomas Mikolov (damals bei Google) entwickelten word2vec-Verfahren. Dieses wandelt sämtliche Wörter eines Textes in Vektorrepräsentationen um, und zwar so, dass Begriffe, die einen Bezug zueinander haben, im zugehörigen hochdimensionalen Raum nahe beieinander liegen. Bei der Analyse von Zeitungstexten könnte word2vec etwa die Begriffe Politik, Partei, Bundestag und Wahlen gruppieren, im Posteingang einer Versicherung eher Wörter, die auf Gesundheit, KFZ, Gebäude oder andere Fachbereiche schließen lassen.

word2vec sei vielleicht nicht die neueste Erfindung in der Sprachverarbeitung, aber solide und zweckmäßig, und darauf komme es laut Wenzel an. Mindestens ebenso wichtig wie die KI sei ohnehin das ganze Drumherum, erklärt er: Dass sich die maschinell trainierten Lösungen gut in bestehende Prozesse einfügen und die Mitarbeiter sie als Hilfe empfinden, nicht als Last. Deshalb dokumentiert der Yoda getaufte Mailverteiler auch kurz, wie er den Adressaten verändert hat.

Sein Kollege HC-OMB ist nicht der Cousin von C-3PO, sondern steht für „Health Claims – Outpatient Medical Bills“. Er entscheidet bei der Konzerntochter DKV (Deutsche Krankenversicherung), welche eingereichten Arztrechnungen sofort ohne weitere menschliche Prüfung bezahlt werden können. Der Sachbearbeiter erhält dann nur noch die Fälle, bei denen Klärungsbedarf besteht. Was genau einen unkomplizierten Fall auszeichnet, hat HC-OMB ebenfalls anhand von Beispielen aus dem Archiv gelernt, wobei die

KI nur das bestehende System perfektioniert. Sie wurde laut Wenzel mit Falldaten trainiert, bei denen man den Sachbearbeiter gar nicht hätte hinzuziehen müssen, und erhöht somit die Quote an automatisch erstatteten Rechnungen.

Der Konkurrent Allianz wiederum betreibt einen Automaten, um von Vollkasko-Kunden selbst verschuldete Kfz-Schäden zügig zu regulieren. Der Kunde muss nur ein Foto schicken, woraufhin die KI automatisch die Höhe der Reparaturkosten abschätzt oder einen Sachbearbeiter hinzuzieht – etwa bei komplizierteren Fällen oder Betrugsverdacht. Misstrauisch kann das System werden, wenn die Schadensmeldung einem bekannten Betrugsmuster ähnelt: zum Beispiel aufgrund des Fotos, verdächtigter Mail-Adressen, bestimmter Formulierungen oder Ähnlichem. Das Projekt läuft anscheinend sehr zur Zufriedenheit des Versicherers. Bis Ende des Jahres will er fünfmal so viele Fälle damit bearbeiten und hat sich auch gleich den KI-Entwickler gekauft.

**In ihrem Pilotprojekt delegieren Vorarbeiter von BMW einen zeitaufwendigen Teil der Qualitätskontrolle an ihren künstlichen Spezialisten für Türleisten.**



Bild: BMW Group



Bild: Andreas Martini

# Statistik mit Appeal

## Was künstliche Intelligenz kann und was nicht

**Gute KI-Systeme erledigen Aufgaben viel schneller und zuverlässiger, als es Menschen je könnten. Doch ihr unterlaufen auch spektakuläre Fehler, die Menschen so nicht passieren würden. Wie intelligent ist künstliche Intelligenz also eigentlich, und wo liegen ihre Grenzen?**

Von Jo Bager

**W**enn aktuell von KI die Rede ist, geht es fast immer um eine bestimmte Technik des Machine Learning (maschinelles Lernen), und zwar um tiefe künstliche neuronale Netze. Beim Machine Learning leiten Algorithmen ihr Wissen selber ab. Sie lernen aus Beispielen und versuchen mehr oder minder erfolgreich, diese nach dem Beenden einer Lernphase zu verallgemeinern. Künstliche neuronale Netze nehmen sich die Nervenzellen von Lebewesen zum Vorbild, die Neuronen. Diese Hardware der menschlichen Kognition wird als Softwaremodell nachgebaut. Dabei ordnet man die Neuronen in Schichten an, die besonders schnelle Matrixmultiplikationen ermöglichen. Jedes Neuron eines künstlichen neuronalen Netzwerks empfängt eine Reihe von Eingangssignalen, die es gewichtet. Die gewichteten Eingaben addiert es zu einem

Ausgangssignal, das entweder das Eingangssignal für ein oder mehrere andere künstliche Neuronen ist oder ein Ausgangssignal für das gesamte neuronale Netzwerk [1].

Wenn ein Netzwerk mehr als eine Schicht zwischen Ein- und Ausgabeschicht aufweist (sogenannte verborgene Schichten oder Hidden Layer), nennt man es tief. Man spricht dann auch von Deep Learning und tiefen Netzwerken (Deep Networks). Große Netze haben schon mal mehr als hundert Hidden Layers.

Man kann sich neuronale Netze auch als komplexe statistische Funktionen mit Abertausenden bis -millionen Teilfunktionen und Parametern vorstellen, die aus den Werten an der Eingabeschicht die Werte der Ausgabeschicht berechnen und sich so einer unbekannten mathematischen Funktion annähern.



Neuronale Netze können heute die verschiedensten Aufgaben erledigen, etwa Muster in Bildern oder gesprochene Sprache erkennen, Spiele wie Schach oder Go spielen, Bilder malen oder Maschinen steuern. Es gibt viele verschiedene Neuronentypen und Netzwerkarchitekturen, also Verdrahtungsmuster, mit denen die Neuronen in einem Deep Network miteinander verknüpft sind. Entwickler können sich für ihre Aufgabe geeignete Neuronen und Architekturen auswählen.

## Schicht auf Schicht

Vor ihrer Trainingsphase sind die Parameter in den neuronalen Netzen oft mit zufälligen Werten initialisiert. Für einen Bild-erkenner machen damit eine Pizza und ein Steak zunächst keinen Unterschied. Beim Training präsentiert man ihm Zigtausende oder Millionen von Bildern. Bei jedem Bild prüft ein Algorithmus mit einer Bewertungsfunktion, wie treffsicher die Erkennung war. Mit jedem neuen Trainingsbeispiel erhält das Netz Feedback über seine Erkennungsleistung und justiert daraufhin in einem Prozess namens Backpropagation seine Parameter neu.

Auf diese Weise lernt das Netz nach und nach, wie sich Beispiele von einem Gericht, einem Tier, einem Hund oder einer Katze unterscheiden. Das Training wird mit den Trainingsdaten etliche Male wiederholt, bis die Fehlerrate unter eine gewünschte Schwelle sinkt.

Ist die Trainingsphase eines Deep Network beendet, erhält es in aller Regel kein Feedback mehr und seine Parameter werden nicht mehr verändert: Es leitet nun nur noch aus den vorhandenen Parametern seine Einschätzungen ab, ob ein Bild eher zu einer Abbildung von Hunden oder Katzen zu zählen ist.

Dass man zwischen Trainings- und Anwendungsphase (Inferenz) unterscheidet, hat ökonomische Gründe. Das Training mit den Abertausenden Beispielen und den Justierungen ist sehr zeit- und rechenintensiv, weil es mit 32-Bit-Gleitkommazahlen auf CPUs und GPUs berechnet wird. Ist das Training abgeschlossen, kann man die Netze meist mit geringen Verlusten quantisieren und etwa mit 8-Bit-Integern rechnen. Für solche geschrumpften Netze gibt es stromsparende Spezialhardware, die beispielsweise in modernen Smartphone-SoC eingebaut ist.

Die allgemeine Beschreibung neuronaler Netze macht die Unterschiede zur menschlichen Kognition bereits deutlich.

Neuronalen Netzen wird ihr gesamtes Wissen in expliziten Trainingsphasen eingetrichtert. In der Anwendungsphase kommt kein weiteres Wissen hinzu.

Das bedeutet nicht, dass neuronale Netze nicht aktualisiert werden können. So erhalten KI-Anwendungen wie Tastaturen-Apps oder Übersetzungssysteme durchaus Updates. Ein neuronales Netz lernt aber nicht aus dem Augenblick heraus durch Feedback. Letzteres könnte auch unkontrollierbare Folgen haben, wenn niemand prüft, ob ein Nachtraining erfolgreich war.

Beim Menschen dagegen gibt es keine getrennten Trainings- und Inferenzphasen. Das Gehirn leistet immer beides: Es wendet das Gelernte an und lernt parallel aus dem Feedback seiner Umwelt Neues sofort hinzu.

Anders als bei KI-Anwendungen verschwimmen beim Menschen also Trainings- und Anwendungsphasen. So spricht ein Kind Schritt für Schritt zuerst wenige ein- und zweisilbige Wörter, später Ein- und Zweiwortsätze, bis es nach und nach die komplette Syntax und den Wortschatz seiner Muttersprache erwirbt. Kinder lernen wohl mehr als alte Menschen, nichtsdestotrotz kommen bis ins hohe Alter neue Wörter hinzu, das Trainingsprogramm des Gehirns endet erst mit dem Tod.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied liegt in der Universalität: Das menschliche Gehirn kann unter normalen Umständen die verschiedensten Dinge lernen: Go und Schach zu spielen, neue Sprachen zu sprechen, ein Auto zu fahren – die Liste lässt sich fast beliebig fortsetzen.



**DALL-E mini zeichnet auf Zuruf kleine Kunstwerke – intelligent oder nicht?**

## c't kompakt

- Neuronale Netzwerke sind Fachidioten: Sie beherrschen nur die eine Aufgabe, auf die sie trainiert wurden.
- Ist das Training abgeschlossen, lernt KI während der Anwendungsphase nichts Neues mehr durch Feedback hinzu.
- Prüfungen wie der Turing-Test reichen künftig nicht mehr aus, um Mensch und Maschine zu unterscheiden.

Eine KI-Anwendung dagegen ist in aller Regel auf genau eine Aufgabe ausgerichtet, ein Fachidiot. Zum Beispiel erkennt sie (bestimmte) Bilder – nicht selten präziser und schneller als jeder Mensch. Aber sie kann anders als Menschen keine neue Fertigkeit hinzulernen. Immerhin schafften es Firmen wie Deepmind und OpenAI, Fähigkeiten einer trainierten KI von einem Spiel auf andere Spiele zu übertragen. Dadurch konnten sie eine Umschulung beschleunigen, ohne die KI von Grund auf neu trainieren zu müssen.

## Dummer Vielschwätzer

Einen großen Hype hat es in letzter Zeit um Sprachmodelle wie GPT-3 gegeben. Das hat damit zu tun, dass GPT-3 seine Einfältigkeit ziemlich gut verbirgt: Das System kann einem zu einem beliebigen vorgegebenen Text ein paar Sätze oder gar Absätze Texte generieren, die sogar den Stil der Vorlage kopieren.

Der Ableger WebGPT kann sogar Fragen beantworten, wobei er Internet-Recherchen mit einbezieht. Damit kann er aktuelle Ereignissen einbeziehen, die erst nach dem Training des Sprachmodells stattgefunden haben. Rund um GPT-3 entstehen derzeit noch viele weitere beeindruckende Anwendungen [2].

Der Code-Hoster GitHub zum Beispiel bietet einen Programmierassistenten namens GitHub Copilot an, der beim Tippen möglicherweise passende nächste Codezeilen vorschlägt und dabei bekannte Algorithmen und typische Muster berücksichtigt. Das wirkt auf den ersten Blick alles ziemlich smart – präsentiert GPT-3 also schon so etwas wie einen Vorboten von Intelligenz?



Bild: Guido Kirchner/dpa

**Im Unterschied zu einer austrainierten KI lernt das menschliche Gehirn Schritt für Schritt ständig neue Fähigkeiten hinzu.**

Schaut man genau hin, ist GPT-3 aber auch ist nichts anderes als eine Statistikmaschine, die aus einem riesigen Textkorpus abgeleitet hat, welche Wörter in ähnlichen Kontexten, also in Reihen anderer Wörter, wie wahrscheinlich vorkommen. Wenn GPT-3 einen Satz zusammensetzt, nimmt es einen vorhandenen Teilsatz, berechnet für das nächste Wort die wahrscheinlichsten nächsten infrage kommenden Wörter und wählt davon eines aus. Das erklärt, dass GPT-3 sehr oft stilistisch passende und syntaktisch korrekte Sätze baut – die allerdings durchaus inhaltliche Fehler enthalten können.

Wenn GPT-3 also einen kurzen Text zum Thema Fußball schriebe und man das System fragen könnte, warum es einen bestimmten Satz geschrieben hat, dann würde es mit Statistik antworten: „Das und das Wort habe ich geschrieben, weil es mit der höchsten Wahrscheinlichkeit auf die vorhergehenden folgt.“

GPT-3 hat keine Konzepte über „Fußball“, „Ball“, „Pass“ oder „Tor“, die über die Wahrscheinlichkeiten dieser Wörter in Wortfolgen hinausgehen. Der Satz „Der Ball ist rund, und das Spiel hat 90 Minuten“ ist für ihn nichts weiter als eine Verkettung von Wörtern.

Der Mensch dagegen hat für jedes dieser Wörter ein Konzept, das weit über den richtigen Einbau der betreffenden Zeichenkette in ein Satzgefüge hinausgeht. Er hat ein Bild (oder ganz viele) vor Augen – das haben Netzwerke wie DALL-E auch, wenn man so will – und er weiß ganz ohne Wortstatistik, dass ein Ball rund ist. Wenn er selbst Fußball spielt oder gespielt hat, kann er erklären, wie man einen Ball in welcher Spielsituation für einen guten Pass treffen muss. Und er kann auch die tiefere Bedeutung des Satzes mit den 90 Minuten erklären.

Für ein Sprachmodell wie GPT-3 ist „Ball“ nur eine Zeichenkette, die an bestimmten Stellen in ein Satzgefüge passt. Ein Spracherkenner erkennt „Ball“ ausschließlich als Lautfolge. Und Bilderkenner lernen einzig, welche Farbverteilung, welche Strukturen ein Bild enthalten muss, damit es darin die grafische Repräsentation eines Balls enthält.

Und selbst in ihrer eigenen Domäne sind KI-Systeme oft sehr minderbemittelt. Wenn ein Mensch zum Beispiel ein Objekt sieht, hat er in der Regel eine ziemlich genaue Idee davon, wie es aussieht, wenn es gedreht wird. Einen simplen KI-Bilderkenner dagegen kann bereits eine leicht veränderte Perspektive verwirren.

Ein weiteres Problem vieler aktueller Deep Networks hat seine Ursache darin, dass man mit existierenden Debugging-Werkzeugen kaum nachvollziehen kann, was sie eigentlich gelernt haben. So fällt zum Beispiel bei Bilderkennern oft erst im Einsatz auf, dass sie gar nicht das erkennen, auf das man sie trainiert zu haben wähnt – sondern Artefakte im Bildhintergrund oder Texturen. Forscher entwickeln derzeit Techniken, um so etwas nachvollziehbar zu machen. So lässt sich bereits herausfinden, wenn ein Netz

**Damit KI nicht nur weiße Haut erkennt, hat Google mit der Monk Skin Tone Scale eine Skala mit zehn Abstufungen verschiedener Hautfärbungen entwickelt.**



Bild: Google

Wasserzeichen statt Bildinhalte gelernt hat.

Die Schwächen neuronaler Netzwerke lassen sich wiederum ausnutzen, um Bilderkenner auszutricksen, Stichwort Adversarial Attack [3]. Dabei wird zum Beispiel einem Bild ein bestimmtes Rauschmuster hinzugefügt. Ein Mensch erkennt keinen Unterschied zum Original – die KI dagegen klassifiziert das Gezeigte dann anders und erkennt ein Auto, wo ein Mensch einen Hund sieht.

Ein neuronales Netz ist zudem nur so gut wie die Daten, mit denen es trainiert wird. Es ist eine Wissenschaft für sich, Trainingsdaten aktuell und ausgewogen aufzubereiten. Damit tun sich auch die Branchengrößen schwer. Erst im Mai 2022 hat Google – immerhin eine führende Größe beim Thema KI – eine Hauttonskala veröffentlicht. Damit will Google nicht-weiße Menschen besser in seine Produkte einbeziehen. Bei der hauseigenen Foto-App etwa sollen Filter künftig besser bei allen Hauttönen funktionieren. Bisher waren Bildbearbeitungs- und Suchfunktionen vor allem auf helle Hauttöne ausgerichtet.

## Gefährliche Auswirkungen

Wenn eine KI-Anwendung mit unausgewogenen Trainingsdaten trainiert wurde, kann es sein, dass sie zum Beispiel Vorurteile mitlernt. Besonders fatal wirken sich solche Fehler aus, wenn sie automatisierte Entscheidungen über Menschen treffen. So erntete zum Beispiel Apple 2019 einen Shitstorm, als Frauen bei Kreditvergaben mit der Apple Card systematisch benachteiligt wurden.

Häufig ließen sich auch Vorurteile bei Googles Autovervollständigung beobachten – die mit den Suchanfragen anderer Nutzer trainiert wurde. So hat die Google-Autovervollständigung in der Vergangenheit immer mal wieder Ergänzungen prä-



sentiert, die bestimmte Religionen, Volksgruppen oder Personen diffamieren.

Microsoft hat seine Nutzung von KI-Technik kürzlich komplett hinterfragt und sich neue ethische Standards für ihren Einsatz gegeben. Nicht alles, was man grundsätzlich mit KI machen kann, sei gut für die Gesellschaft.

Die neuen Standards hatten unmittelbar mehrere Selbstbeschränkungen zur Folge: Microsoft beschränkt den Zugang zu Gesichtserkennungsdiensten, die mithilfe von KI angeblich die Gefühlslage von Menschen erkennen können. Man sei innerhalb und außerhalb des Konzerns darauf hingewiesen worden, dass man sich in der Wissenschaft überhaupt nicht einig sei, was „Emotionen“ sind, geschweige denn, wie die zu erkennen sind.

Der Zugang zu KI-Gesichtserkennung werde daher auf vorher formulierte Nutzungsszenarien beschränkt, um einen angemessenen Umgang mit der Technik zu garantieren. Neue Kunden müssen vorher angeben, wofür sie die Technik einsetzen wollen, für Bestandskunden soll es eine Übergangsphase geben.

KI-Systeme sind, mitunter gewaltige, Statistiksysteme. Und auch wenn man mit tiefen künstlichen neuronalen Netzen grob die kognitive Hardware von Lebewesen imitiert, ist man weit davon entfernt, etwas zu kreieren, das man als intelligent bezeichnen sollte. Die Spezialisierung von KI-Anwendungen geht in der öffentlichen Diskussion manchmal ein wenig unter – vielleicht ist das einer der Gründe, warum manch einer „der“ künstlichen Intelligenz so viel zutraut.

Journalisten dürften am falschen Bild der KI nicht ganz unschuldig sein. Ist Ihnen aufgefallen, wie oft dieser Text KI-Systemen Eigenschaften zugeschrieben hat, die man sonst eigentlich bewusst handelnden Kreaturen vorbehält? So habe ich ohne Apostrophe KI-Systeme „lernen“, „erkennen“, „ableiten“ lassen und vieles mehr erwähnt. Diese Vokabeln beschreiben noch am anschaulichsten, wie die komplexe Technik funktioniert, können aber eben auch in die Irre führen.

Ein weiterer Grund dafür, dass „KI“ überschätzt wird, dürfte darin liegen, dass einige KI-Anwendungen darauf ausgelegt sind, den Menschen so gut wie möglich nachzuahmen – Sprachassistenten und Chatbots etwa. Der Mensch lässt sich zudem gerne dazu verleiten, Dingen menschliche Eigenschaften zuzuschreiben, etwa ein eigenes Bewusstsein.

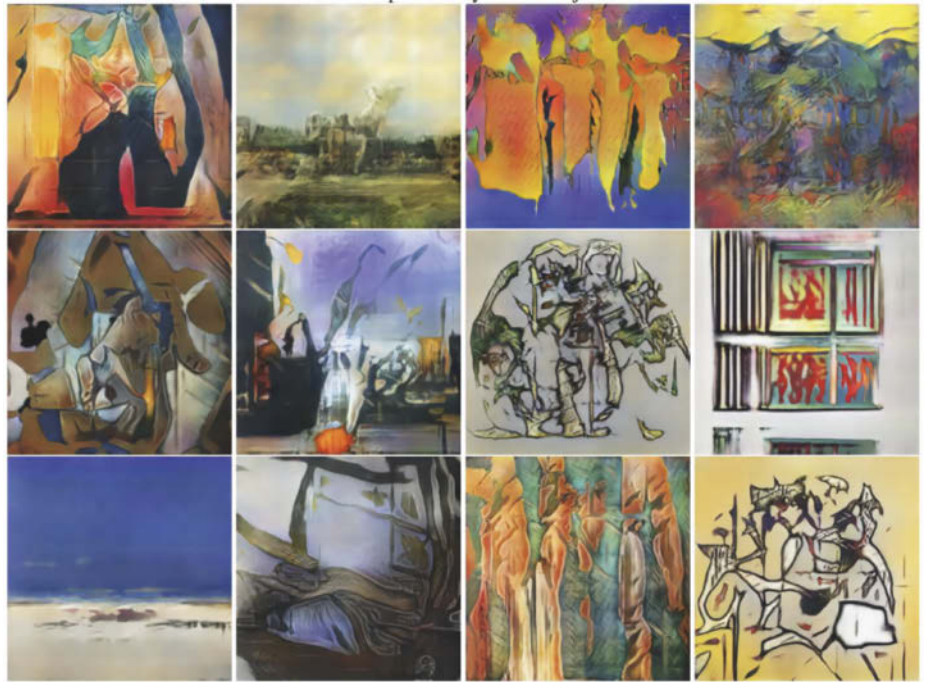


Bild: Art&AI Lab, Rutgers University

**Kann eine KI kreativ sein? Abstrakte Bilder einer KI des Art&AI Lab wurden bereits eher menschlichen Künstlern zugerechnet als deren echte Bilder.**

### Neue Turing-Tests

Das bedeutet auch, dass man bessere Systeme benötigt, um KI-Systeme zu bewerten. Der Klassiker auf diesem Gebiet ist der Turing-Test aus dem Jahr 1950. Dabei kommuniziert ein Mensch über ein Dialogsystem mit einem Computer sowie einem Menschen und muss anschließend entscheiden, welcher der beiden Gesprächspartner eine Maschine war.

In einzelnen Experimenten konnte eine KI Menschen bereits täuschen. So überzeugte 2017 ein Forscher-Team vom Art&AI Lab der Rutgers Universität in New Jersey, USA, eine Betrachtergruppe mit einer Reihe von abstrakten KI-Gemälden, diese seien von Menschen gemalt worden. Im Vergleich ordnete die Gruppe hingegen tatsächlich von Künstlern gemalte abstrakte Bilder eher einer KI zu. Die Forscher nutzten dazu sogenannte Creative Adversarial Networks (CAN), bei denen ein Diskriminator mit über 80.000 Kunstwerken gefüttert wurde. Ein zweiter untrainierter Generator bekam die Aufgabe, den Diskriminator mit neuen Bildern hinter das Licht zu führen. Dazu kopierte er keine alten Meister, sondern kombinierte bekannte Strukturen mit neuen Elementen [4].

Im nächsten Schritt müsste KI den Menschen nicht nur bei einzelnen Spezialaufgaben, sondern bei universellen Themen austricksen. Die Diskussion um Googles LaMDA, dem ein Mitglied des Ethik-

Teams von Google bereits ein Bewusstsein zuschrieb, ist da erst der Anfang. Der Turing-Test reicht also nicht mehr, um eine KI zu identifizieren. Google hat dieses Problem erkannt. Der Softwarekonzern will den Turing-Test durch eine ganze Batterie von mehr als 200 Tests aus zahlreichen Wissensgebieten ersetzen.

### Die Singularität muss warten

Wird KI immer so dumm bleiben, wie sie es aktuell ist? Das menschliche Gehirn ist letztlich auch nur eine Maschine, wenn auch eine sehr komplexe. Und die wird man früher oder später nachbauen können – oder etwas in der Art. Bis dahin können aber noch ein paar Jahrzehnte ins Land streichen. Schließlich hat es auch ein paar Dekaden gedauert, bis die Grundlagenforschung zu künstlichen neuronalen Netzen in den aktuelle Hype mündete.

(jo@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Jo Bager, KI zum Anfassen, Machine Learning: Maßlos übertrieben, aufs fahrlässigste unterschätzt, c't 21/2019, S. 20
- [2] Wandlungsfähige Schreib-KI, Apps und Anwendungen mit GPT-3 & Co. texten und analysieren Texte, c't 9/2022, S. 60
- [3] Andrea Trinkwaller, Irren ist künstlich, Wo künstliche Intelligenz noch schwächelt, c't 24/2018, S. 130
- [4] Ahmed Elgammal et al., CAN: Creative Adversarial Networks generating „Art“ by learning about styles and deviating from style norms, arxiv.org/abs/1706.07068

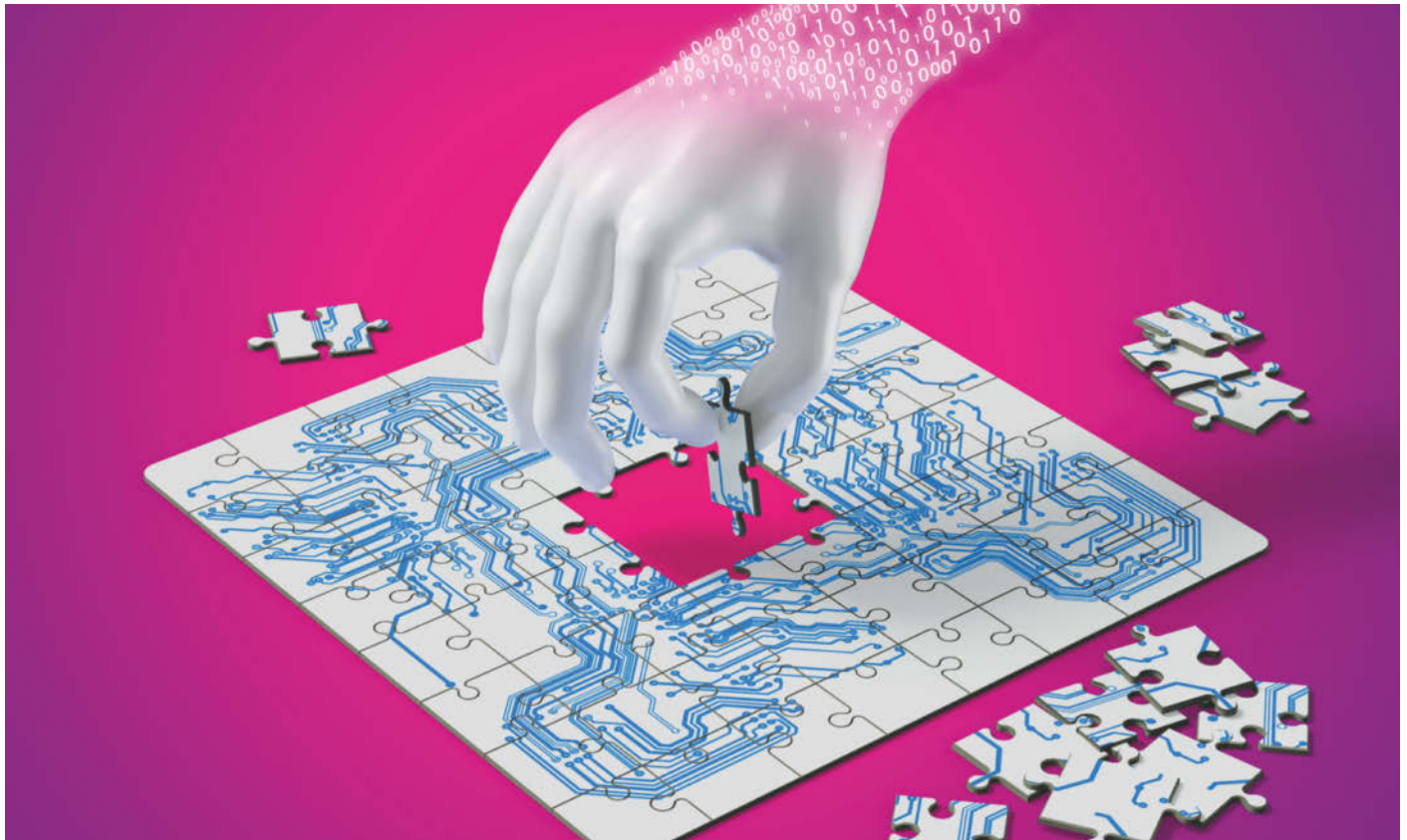


Bild: Andreas Martini

# KI-Verbesserer

## So wollen Forscher und Praktiker die Grenzen der KI überwinden

**KI hat Schwächen. Die Methoden bieten aber insbesondere beim Deep Learning noch viel Raum für Verbesserungen und Ideen gibt es genug. Das zeigt unser Überblick über neue Ansätze, die den praktischen Nutzen von KI vergrößern und sie „menschlicher“ machen sollen.**

Von Sylvester Tremmel und  
Andrea Trinkwalder

**K**ünstliche Intelligenz soll schlauer und universeller werden, Wissenschaftler experimentieren dafür auf allen Ebenen: Die einen entwickeln Algorithmen mit detektivischem Talent, die mögliche Gründe für (Fehl-)entscheidungen tiefer neuronaler Netze aufspüren und visualisieren. Andere forschen an effizienteren Lernmethoden, damit ein Kunsthirn künftig ähnlich wie der Mensch aus wenigen Eindrücken neue Erkenntnisse gewinnen kann. Und es entstehen sogar schon Multitasking-Netze, die nicht nur Bilder und Sprache beherrschen, sondern auch einen Roboterarm steuern können.

Forscher arbeiten zum Beispiel an konkreten Methoden, um das Deep Learning robuster zu machen. In bestimmten Szenarien funktioniert es zwar problem-

los, wie die Beispiele ab Seite 20 zeigen. Wenn man Deep Learning jedoch in kritischen Bereichen wie Medizin, Justiz und Finanzen einführen möchte, muss man dringend das Problem beseitigen, dass Menschen kaum nachvollziehen können, wie die tiefen neuronalen Netze zu ihren Ergebnissen und Fehlern kommen. Der von der EU geplante AI Act stellt hohe Anforderungen an solche KI-Anwendungen, die ein großes Risiko bergen. Er verlangt sinngemäß, dass Menschen nicht Opfer automatisierter Entscheidungen werden, die irgendein magischer Algorithmus aus dem Hut zaubert.

Versicherungen müssen deshalb plausibel begründen können, wie ein Tarif auf Grundlage des individuellen Risikos errechnet wird, und Mediziner wollen wissen, worauf eine algorithmisch gestellte Diagnose oder ein Therapieversuch beruht. Aussagen wie: „Das ist so, weil das größte neuronale Netz der Welt mit ein paar Millionen Verknüpfungen zigtausend Befunde der besten Ärzte der Welt inhaliiert hat“ genügen nicht. Damit würde man nur den Halbgott in Weiß durch den Halbgott in Silizium ersetzen. Ein Schlüssel zu mehr Transparenz liegt in sogenannten Explainable-AI-Verfahren (XAI), wie



sie das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (HHI) in Berlin entwickelt.

## Nachvollziehbare Entscheidungen

Weg von der Black Box, hin zum zugänglichen und interaktiven neuronalen Netz, dessen Entscheidungen sich nachvollziehen lassen: Diesen Traum verfolgt Wojciech Samek, Abteilungsleiter am HHI für Künstliche Intelligenz. 2019 stellte er seine erste Explainable-AI-Methode vor: Mit der Layer-wise Relevance Propagation (LRP) konnten die Forscher zurückverfolgen, welche Eingangssignale die Klassifikation eines tiefen neuronalen Netzes hauptsächlich beeinflussen.

Bei einem Bild konnten sie die Signale beispielhaft markieren. Dazu färbte die LRP damals die betroffenen Regionen mit einer Art Heat Map ein, überließ die Interpretation aber weitgehend dem Betrachter. Eine just fertiggestellte neue Version des Netz-Inspektors gibt deutlich mehr Informationen preis. Sie spürt die relevanten Neuronen in den Tiefen des Netzes auf und visualisiert, welche Merkmale sie repräsentieren. Man kann dann auch sehen, ob eher Form, Struktur oder Farbe dieser Merkmale den Ausschlag dafür gegeben haben, ein Foto in eine bestimmte Kategorie zu stecken. So haben Samek und seine Kollegen herausgefunden, dass ein neuronales Netz einige Bilder zwar korrekt klassifizierte, aber auf komplett irrelevante Strukturen ansprang: nämlich feine weiße Haarlinien im Bild, die sich als Wasserzeichen in chinesischer Schrift entpuppten. LRP analysiert übrigens sowohl Bilder als auch Texte sowie verschiedene gängige Arten von Netzarchitekturen.

## Verunreinigte Daten

Solche Erkenntnisse bringen ein verborgenes Problem vieler tiefer Netze zum Vorschein: Viele wurden anhand öffentlich verfügbarer Datensammlungen wie ImageNet trainiert. Die sind zwar riesig, wurden aber nicht sorgfältig kuratiert. Die Anbieter von den Universitäten in Princeton und Stanford sowie Facebook sortierten beispielsweise keine mit Wasserzeichen verunreinigten Bilder aus. Selbst in manch medizinischer Diagnose-App wie etwa Hautscannern könnten also neuronale Netze stecken, die mit ImageNet vortrainiert und lediglich mit medizinischen Daten verfeinert wurden. Viele Entwickler nutzen diese als Transfer-Lernen bezeichnete Technik, weil vortrainierte Netze

bereits das wichtigste Handwerkszeug mitbringen: charakteristische Muster extrahieren und zu höherwertigen Features kombinieren. Für die konkrete Aufgabe benötigt man dann deutlich weniger fachspezifische Trainingsdaten.

Es ist also noch ordentlich Luft nach oben, was die Sorgfalt bei der Trainingsdatenauswahl und das Gespür für die Materie angeht, mit der man sich beschäftigt. Wie es besser geht, demonstriert TATL (Task Agnostic Transfer Learning), an dem auch Wissenschaftler des DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) und Max-Planck-Instituts für Informatik beteiligt waren: Deren verbesserte Diagnosemethode besteht aus einem Segmentierer, der Hautveränderungen identifiziert, sowie aus einem Klassifikator, der harmlose Muttermale von Melanomen unterscheidet. Beide wurden durchgängig mit dermatologischen Fotos trainiert. Der Klassifikator berücksichtigt beim Wissenstransfer nur Muster, die der Segmentierer bereits gelernt hat.

In der Praxis – vor allem in der medizinischen – geht es aber letztlich darum, KI aus dem Labor in Gebrauchsgegenstände zu verwandeln, die sich ähnlich sicher bedienen lassen wie ein Stethoskop. Ein Versuch ist die App DermAI vom Fraunhofer Center for Assistive Information and Communication Solutions (AICOS) in Portugal, die derzeit in portugiesischen Arztpraxen erprobt wird. Sie soll vor allem Hausärzte befähigen, kritische Hautveränderungen zu erkennen und betroffene Patienten frühzeitig an den Facharzt zu überweisen. Sie analysiert nicht nur, sondern instruiert den Anwender auch beim

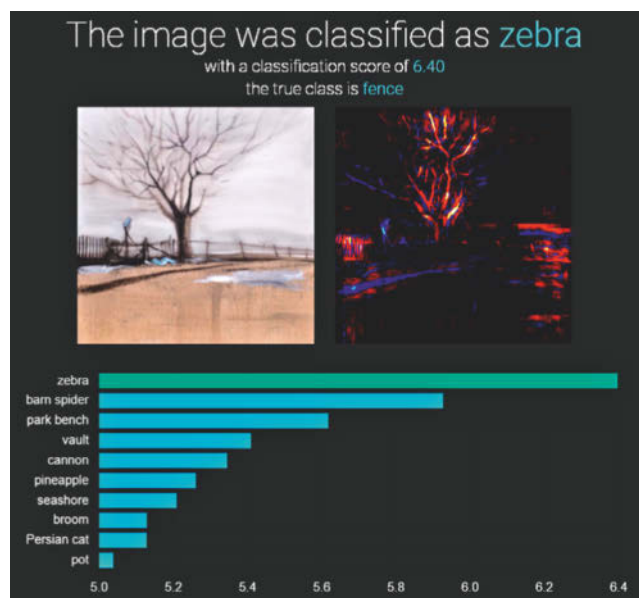
## c't kompakt

- **Mehr Transparenz:** Neue Techniken visualisieren und erklären KI-Entscheidungen.
- **Weniger Trainingsmaterial:** Forscher entwickeln Lernmethoden, die mit wenigen Beispielen oder nur einem auskommen.
- **Mehr Multitasking:** Transformer-Netze können viele unterschiedliche Fähigkeiten ausbilden.

Fotografieren, um möglichst standardisierte Bilder zu erhalten.

## Verknüpfung von Bild und Sprache

Ob Deep Learning an sich irgendwann an Grenzen stößt, ist die nächste große Frage. Davon wird auch abhängen, ob sich Künstliche Intelligenzen für komplexere Aufgaben qualifizieren. Mit den aktuellen Transformer-Architekturen hat die Technik zumindest einen gewaltigen Sprung hingelegt: Transformer-Netze übersetzen Sprachen und berücksichtigen dabei den Kontext [1]. Oder vergleichsweise kleine Bildgenerator-Netze imaginieren aus den von Transformern verarbeiteten Textbeschreibungen realistisch und gekonnt anmutende Bilder. Sprache und Bild verknüpfen sich also immer besser. Doch nicht nur das: Im Mai dieses Jahres hat die Google-Tochter DeepMind ein Multitasking-Netz auf Transformer-Basis vorgestellt, das über 600 unterschiedliche Aufgaben löst:



**Warum nur klassifiziert die KI diesen Baum als Zebra? Vermutlich, weil das Gewächs mit seinen Zweigen ein charakteristisches Zebra-Muster formt. Solche aufschlussreichen Heatmaps generiert die Explainable-AI-Methode des Fraunhofer HHI.**

Der Gato getaufte Universal-Agent verarbeitet nicht nur Text und Bilder, sondern steuert auch einen Roboterarm. Er greift und liegt aber noch häufig daneben.

Fortschritte werden sich in Zukunft auch stärker daran messen lassen müssen, wie gut es gelingt, den riesigen Bedarf an Trainingsdaten zu reduzieren. Denn ressourcenhungrige Brute-Force-Techniken, die immer aufwendiger trainiert werden müssen, verschwenden Energie und Rohstoffe. Außerdem sind sie nicht besonders „menschlich“, denn der Homo Sapiens zieht oft aus einem oder wenigen Beispielen erstaunliche Erkenntnisse. Um dies zu simulieren, versuchen Forscher unter anderem, Sprach- und Bild-KIs so zu verknüpfen, dass sich ihr Wissen ergänzt. So könnte etwa ein Bildklassifizierer, der bislang nur Pferde-, aber keine Zebrafotos gesehen hat, die Kategorie Zebra rein anhand von Textbeschreibungen lernen. Zum Beispiel mit dem Text „ein Zebra sieht aus wie ein Pferd, hat aber schwarz-weiße Streifen“. Bekommt die KI dann erstmals das Bild eines Zebras vorgelegt, ordnet sie es auch korrekt zu. KI-Forscher bezeichnen das Prinzip als Zero-Shot-Learning und die konkrete Umsetzung als Contrastive Learning, siehe [ct.de/yzhg](https://ct.de/yzhg).

Andererseits stoßen Entwickler zunehmend auf nicht-technische Grenzen: Eine hohe Hürde ist der von der EU geplante Artificial Intelligence Act, der Anwendungen in Risikoklassen einteilt. Der momentane Entwurf verbietet bestimmte Techniken wie Echtzeit-Gesichtserkennung im öffentlichen Raum ganz und reguliert Hochrisiko-Anwendungen in Medizin oder Justiz sehr streng.

Hierzulande wird sich Künstliche Intelligenz also vermutlich nicht ungehemmt bis hin zu den Grenzen des Machbaren entfalten können. Das klingt wie ein handfester Standortnachteil, zumal Europa den KI-Pionieren USA und China bereits weit hinterherhinkt. Doch es birgt auch die Chance, die Technik auf eigene, sympathischere Art zu gestalten: als Helfer in der Produktion und als Dienstleister anstatt als Menschenersatz, Spion und Taktgeber. (atr@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Pina Merkert, Aufmerksamkeit reicht, So funktionieren Sprach-KIs vom Typ Transformer, c't 11/2022, S. 136

**Wissenschaftliche Arbeiten und Projekt-Links:** [ct.de/yzhg](https://ct.de/yzhg)

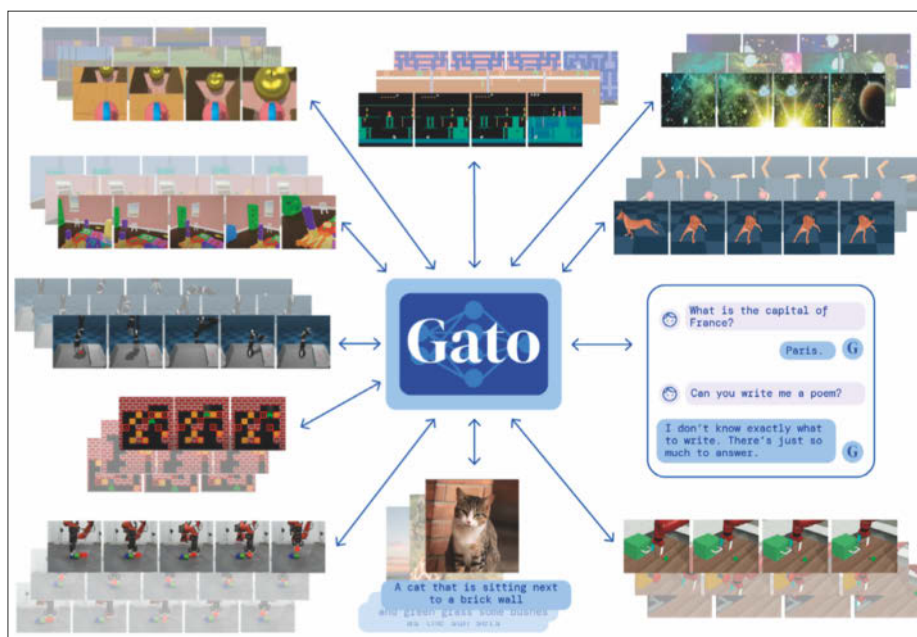


Bild: Google DeepMind

**Allgemeinbildung für KIs: Das Multitasking-Netz der Google-Tochter DeepMind heißt Gato. Es kann chatten, Bilder beschriften und einen Roboterarm steuern.**

## Bewusste KI?

Können künstliche Intelligenzen Bewusstsein entwickeln? Klingt nach Science-Fiction, ist aber eine aktuell ernsthaft diskutierte Frage. Das liegt an Blake Lemoine, einem Google-Mitarbeiter, der glaubt, das „Language Model for Dialogue Applications“ (LaMDA) seines Arbeitgebers habe ein Bewusstsein entwickelt.

Nachdem er intern offenbar wenig Gehör fand, hat er seine Bedenken an die Öffentlichkeit getragen, untermauert von Mitschriften seiner Chats mit LaMDA. Wer die Protokolle liest, könnte in der Tat ins Grübeln kommen. Jedenfalls beeindruckt das Niveau, auf dem man heutzutage Gespräche mit einem Computer führen kann (Link zu den Protokollen siehe [ct.de/yzhg](https://ct.de/yzhg)).

Nichtsdestotrotz widerspricht die Fachwelt Lemoine weitgehend einhellig: LaMDA hat kein Bewusstsein und kann kein Bewusstsein haben. Das ist ein plausibles Urteil, denn man versteht recht gut, wie LaMDA und ähnliche Systeme wie etwa GPT-3 intern funktionieren. Aber kein sauber begründetes: Dafür ist der Begriff „Bewusstsein“ zu schwammig – ein Schicksal, das er sich mit „(künstliche) Intelligenz“ teilt. Von beiden Begriffen gibt es keine allgemein anerkannte Definition, anhand derer man Systemen (und

Lebewesen) wirklich schlüssig und objektiv Bewusstsein und Intelligenz zu- oder absprechen könnte.

Dieses Problem sah bereits Alan Turing, dessen berühmter Test genau deshalb nicht prüft, ob eine Maschine denken kann, sondern wie gut sie vorspielen kann, ein Mensch zu sein. Das Resultat waren „70 Jahre voller wenig hilfreicher Erinnerungen daran, wie leicht es ist, jemandem etwas vorzuspielen“, sagt der Kognitionswissenschaftler Steven Pinker in einer aktuellen Debatte mit dem Informatikprofessor Scott Aaronson, siehe [ct.de/yzhg](https://ct.de/yzhg).

Blake Lemoine und alle anderen, die LaMDAs Argumentation fürs eigene Bewusstsein Glauben schenken, sind vermutlich nur die neuesten Opfer solcher Vorspiegelungen. Allerdings kann man diese Vorspiegelungen mittlerweile kaum noch als solche erkennen – ein gesellschaftlich und auch bewusstseinstheoretisch durchaus bedenklicher Zustand. Die Frage, welche echten (?) intellektuellen Kapazitäten verbesserte (oder auch nur vergrößerte) Versionen von LaMDA & Co. bereitstellen werden, ist ein ganzes Stück aus der Science-Fiction in die wissenschaftliche, philosophische und gesellschaftliche Realität gerückt.



Mit dir sind wir wir.

Customer  
Experience der Zukunft?  
Gestalten  
wir bei ROSSMANN!

Du bist Experte (m/w/d) auf deinem Gebiet  
und hast Lust, in unserer ROSSMANN-IT eigene  
Projekte zu gestalten?

**Jetzt bewerben!**  
[jobs.rossmann.de](https://jobs.rossmann.de)



# Gefunktes Geld

## Peer-to-Peer-Zahlung per Ultrabreitbandfunk

**Der Chiphersteller NXP und die niederländische Bank ING wollen Zahlungen von Smartphone zu Smartphone mit dem Ultrabreitbandfunk UWB schicken. Das überrascht, denn mit NFC geht das längst.**

Von Dušan Živadinović

**N**XP und die ING-Bank wollen noch in der zweiten Jahreshälfte ein Pilotprojekt starten, um Zahlungsanwendungen von Smartphone zu Smartphone (Peer-to-Peer) auf Grundlage des Ultrabreitbandfunks zu implementieren. Die Partner setzen auf Samsungs Galaxy-Smartphones, die den UWB-Chip NXP Trimension SR100T enthalten. Wenn sich zwei geeignete Smartphones in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, können Verbraucher über die NEAR- und die Banking-App von ING Geld von Handy zu Handy überweisen. Das soll intuitiver klappen als mit NFC.

Bisher kann man Zahlungsempfänger per Smartphone nur indirekt anhand von Namen und zwanzigstelligen internationalen Bankkontonummern (IBAN) angeben. Das ist mindestens lästig, bei IBANs

überdies fehlerträchtig. Beim Aufteilen von Ausgaben oder beim Handel mit gebrauchten Waren zahlt man daher stattdessen oft einfacher bar. Alternativ kann man Bankdaten anderer Nutzer zwar anhand von Benutzernamen, E-Mail-Adressen oder Telefonnummern suchen, aber auch das ist umständlich und nicht jede App bietet solche Funktionen, schon gar nicht bankübergreifend. Banken bevorzugen bargeldlosen Zahlungsverkehr, weil es für sie einfacher und viel billiger ist.

UWB erscheint als technische Plattform interessant, weil Smartphones erkennen können, in welcher Richtung und Entfernung sich ein Zielgerät für die Geldübertragung befindet. Mit UWB muss man nicht mehr die Smartphones aufeinanderlegen, sondern kann auch mit coronakonformem Sicherheitsabstand zahlen.

NXP sieht das Pilotprojekt als Basis für neue Anwendungen, zum Beispiel die „Integration der UWB-Technik in Verkaufsstellen für sicheres Bezahlen“, so Rafael Sotomayor, Executive Vice President und General Manager bei NXP.

### UWB sticht NFC aus

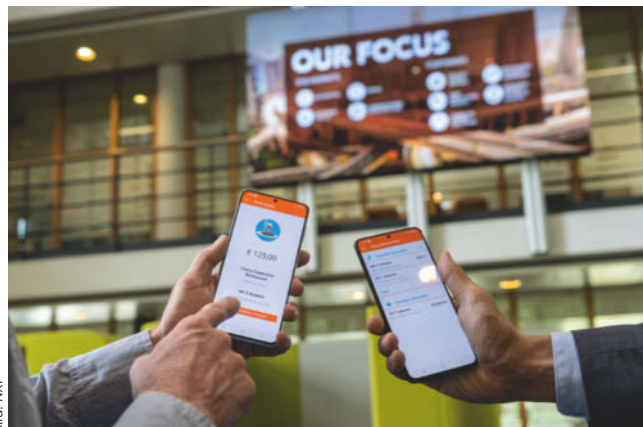
Der Ansatz von NXP und ING ist neu und erscheint nützlich, aber mit der Near Field Communication (NFC) gibt es längst eine breit eingeführte mobile Zahlungstechnik, sodass man sich fragt, wie sich UWB einen

Platz erkämpfen könnte. Der Vergleich der wichtigsten UWB- und NFC-Merkmale gibt Hinweise darauf (siehe Tabelle). Beide Techniken gewährleisten, dass ein Kommunikationskanal nur mit erwünschten Partnern aufgebaut wird, aber auf sehr unterschiedliche Weise: Bei NFC garantiert das die geringe Funkreichweite von wenigen Zentimetern. So können Nutzer buchstäblich sehen, dass ihr Smartphone mit der richtigen Gegenstelle kommuniziert.

UWB überbrückt wesentlich längere Strecken, kann aber als Pulsfunkttechnik mittels der Time-of-Flight-Methode Richtung und Entfernung zur Gegenstelle ermitteln (IEEE-Spezifikation 802.15.4a). Zusätzliches Schutz liefert die Methode Scrambled Time Sequence (STS, IEEE 802.15.4z). Damit verwürfeln die Kommunikationspartner die Zeitstempel, die zur Laufzeitmessung erforderlich sind, sodass nur sie beide die Zeitinformation lesen und korrekt schreiben können.

Wenn also zwei Smartphone-User ihre Geräte aufeinander ausrichten, gewährleisten sie damit die Vertraulichkeit der Verbindung. Das lässt sich nutzen, um Zahlungen ohne unmittelbare Nähe abzuwickeln. NXP stellt sich beispielsweise eine Integration in nahtlose Zugangskontrollsysteme vor (Seamless Access Systems), bei denen man nach vorheriger Autorisierung Eintrittsgebühren im Vorbeigehen entrichtet oder eingekaufte Waren bezahlt, ohne das Smartphone in die Hand zu nehmen.

Prinzipiell eignen sich auch Smartphones mit anderen UWB-Chips für solche Anwendungen, darunter etwa iPhones mit Apples U1-Chip. Bisher ist nicht nach außen gedrungen, ob ING oder NXP an solchen Implementierungen interessiert sind. Einen Überblick über UWB haben wir in c't 2/2021 auf Seite 20 veröffentlicht. (dz@ct.de) **ct**



Die Ultrabreitbandtechnik UWB wird schon als Zugangskontrollsystem für moderne Autos eingesetzt. Nun wollen der Chip-Hersteller NXP und die Bank ING Peer-to-Peer-Zahlungen darüber schicken und so der für gleiche Zwecke gedachten Funktechnik NFC Konkurrenz machen.

Weiterführende Literatur: [ct.de/y1jg](https://ct.de/y1jg)

## UWB und NFC: Die wichtigsten Merkmale

	UWB	NFC
Frequenzbereich	6,5 bis 9 GHz	13,56 MHz
Ortungsgenauigkeit	±10 Zentimeter	wenige Zentimeter
max. Reichweite	70 bis 250 Meter	< 1 Meter
max. Datenrate	bis zu 27 Mbit/s	bis zu 424 kbit/s
Sicherheit	schwer zu knacken wegen ToF und STS	Relay-Attacken möglich
Latenz	typisch < 1 ms	typisch > 1 s



# Firewall-Appliances für kleine Unternehmen

**Intra2net und Lancom erweitern ihr Portfolio um zwei Hardware-Firewalls für kleine Arbeitsgruppen. Lancom bietet zusätzlich eine LTE-Version.**

Wer ein kleines Büro mit einer Firewall absichern möchte, muss nicht tausende Euro für eine riesige Appliance ausgeben; viele Hersteller bieten schon länger kleine Desktopgeräte an. Zum Beispiel vertreibt die Tübinger Intra2net AG Soft- und Hardware-Firewalls für Arbeitsgruppen oder Firmen. Die kleinste Hardware „Intra2net Appliance Micro“ ist nur 25 × 45 × 18 Zentimeter groß und enthält vier Gigabit-Ethernet-Ports, die wahlweise als LAN- oder WAN-Port arbeiten. Das Gerät besitzt 4 GByte RAM und eine 32-GByte-SSD; weitere Details zur Hardware nennt Intra2net nicht. Die Micro-Appliance baut bis zu zehn VPN-Tunnel mit 150 Mbit/s Gesamtbudget auf. Der reine Firewall-Durchsatz soll bis zu 900 Mbit/s betragen. Sind alle Firewall-Funktionen aktiviert (UTM; VPN, Virenschutz, Content-Filter, Endpoint-Protection usw.) sinkt der Durchsatz auf 50 Mbit/s.

Die Micro-Appliance erscheint preisgünstig: Sie kostet 345 Euro (plus optionale Garantieverlängerung). Dazu kommt die

Lizenz für die Softwarefunktionen (Firewall, VPN, Web- und Mailfilter): Für fünf Nutzer kostet sie 274 Euro pro Jahr. Bei den für dieses Gerät maximal empfohlenen zehn Nutzern werden 393 Euro jährlich fällig. Die Leistungsaufnahme soll nur 7 Watt betragen.

Lancoms neue UF-60-Serie leistet etwas mehr, trägt aber auch preislich dicker auf: Die 23 × 44 × 12 Zentimeter große Appliance bringt auch vier Gigabit-Ethernet-Ports mit und liefert bis zu 150 Mbit/s UTM-Durchsatz sowie 790 Mbit/s VPN-Datenrate über bis zu 25 Tunnel. Die Internetverbindung kann nicht nur über die Ethernet-

Ports laufen; die Mobilfunkvariante UF-60 LTE kommt mit einem LTE-Modem der Kategorie 7 für bis zu 300 Mbit/s. Die UF-60-Serie benötigt bis zu 40 Watt.

Zusätzlich zum Preis von 820 bis 1000 Euro – je nach Händler – muss man auch hier Lizenzgebühren einplanen: Die Basislizenz für einfache Firewall-Funktionen sowie VPN und Benutzerverwaltung startet bei rund 142 Euro pro Jahr – wer gleich fünf Jahre kauft, zahlt rund 100 Euro pro Jahr. Die größte Lizenz mit allen Funktionen kostet für ein Jahr 297 Euro und 205 Euro pro Jahr für fünf Jahre (rund 1022 Euro). (amo@ct.de)



Bilder: Lancom, Intra2net

**Arztpraxen, Anwaltskanzleien oder kleine Außenstellen benötigen in der Regel wenig Firewall-Durchsatz, aber dennoch hohe Sicherheit. Lancom und Intra2net bieten hierfür je ein neues Einsteigergerät.**

## Daten durch Koaxkabel

Kathrein bringt im August einen Adapter für 111 Euro (UVP) auf den Markt, der **Daten über Koax-Leitungen schickt**. Der taschenbuchkleine EXI 02 LAN hat zwei RJ45-Ports für Gigabit-Ethernet und zwei F-Buchsen. Darüber stöpselt man den Adapter zwischen TV-Gerät und Wanddose. Hängt man einen weiteren EXI 02 LAN beim Router ans Koaxnetz, dann leiten die Geräte darüber Ethernet-Daten nach dem G.hn-Standard (2 bis 200 MHz, siehe c't 4/2022, S. 22) weiter. So bekommt beispielsweise das Smart-TV ganz ohne

Wände aufstemmen einen stabileren Internetzugang als per WLAN.

Solch ein Koaxnetz lässt sich bei Kathrein auf bis zu 16 Adapter erweitern. Der Datenstrom soll laut Hersteller terrestrische DVB-T2-Signale oberhalb von 200 MHz und Sat-TV (DVB-S/S2) im Koax-Verteilungssystem nicht stören. Bei Kabel-TV-Anlagen (DVB-C/C2) empfiehlt Kathrein die Installation durch Fachpersonal, damit die Datenübertragung TV-Signale oder Kabel-Internet nicht beeinträchtigt. Jeder Adapter zieht laut Anleitung maximal 3 Watt. (ea@ct.de)



**Kathreins G.hn-Adapter EXI 02 LAN bringen schnelles Internet durchs TV-Kabelnetz in alle Räume des Hauses.**

Bild: Kathrein

## Kurz & knapp

Terramaster, Hersteller günstiger Netzwerkspeicher, ergänzt sein NAS-Betriebssystem TOS 5 um die Funktion **TerraMaster Flexible Disk Array, kurz TRAIT**. Es soll als Pendant zum SHR (Synology Hybrid RAID) ausfallsichere Arrays mit Festplatten unterschiedlicher Kapazität errichten können. Beim klassischen RAID müssen alle Speicherelemente die gleiche Kapazität haben. TRAIT schützt den Datenspeicher gegen den Ausfall einer Platte.

Devolo hat die **Benutzerführung seiner Home Network App verbessert**. Mit ihr kann man Devolo-Netzwerkgeräte wie Powerline-Adapter, WLAN-Basen und anderes auf Android- und iOS-Geräten konfigurieren. Ein WLAN-Geschwindigkeitstest ist nun auch dabei.

## Neuer GPS-Tracker im alten Gewand

**Der Nachfolger von Draginos LGT-92 bringt frische Hardware. Sie bietet mehr Ortungsoptionen als der Vorgänger.**

Der LGT-92 des chinesischen Herstellers Dragino war für rund 40 Euro einer der günstigsten LoRaWAN-Personentracker auf dem Markt. Er kombinierte einen energiesparsamen STM32-Mikrocontroller mit einem LoRa-Modem, einem Beschleunigungssensor und einem Global Navigation Satellite Systems-Empfänger (GNSS; GPS, GLONASS, Galileo usw.) sowie einem roten Notruftaste.

Seit Ende des ersten Quartals 2022 ist der LGT-92 zwar abgekündigt, Dragino arbeitet jedoch an einem Nachfolger. Eine Dragino-typische Modellbezeichnung hat er noch nicht, nur den Arbeitstitel „TrackerD“. Die technischen Daten gibt es aber dennoch schon.

Äußerlich hat sich nichts verändert, aber die inneren Werte haben mächtig zu-

gelegt: Als Herz fungiert jetzt ein ESP32-Pico-D4 von Espressif. Er hat zwei Xtensa LX6 CPU-Kerne mit bis zu 240 MHz Takt-rate, 4 MByte SPI-Flash sowie WLAN (nur 2,4 GHz) und Bluetooth. Neben dem Quectel-L70- oder -L76K-Chipset für Satellitennavigationssysteme (GNSS) – Dragino hat sich noch nicht festgelegt – kann der neue Tracker so auch Bluetooth- oder WLAN-Informationen zur Positionsbestimmung nutzen. Damit taugt er auch zur Innenraumortung – Positionsinfos von Bluetooth-Beacons oder WLAN-Access-Points vorausgesetzt. Neu auf der Platine ist außerdem ein Temperatur- und Luftfeuchtesensor vom Typ GXCAS GXHTC3.

Wie sein Vorgänger ist der TrackerD softwareseitig quelloffen. Dragino hat die Parameter des Prototypen in einem GitHub-Repository veröffentlicht. Einen Programmieradapter, wie er noch für den LGT-92 nötig war, braucht man für den TrackerD nicht mehr: Der Hersteller gibt an, einen USB-TTL-Chip aufzulöten, über



**Gleiches Gehäuse, potentere Hardware: Die Neuauflage des LGT-92 kommt mit dem System-on-Chip ESP32 von Espressif sowie GNSS-Positionsbestimmung und LoRaWAN-IoT-Funk.**

den man den ESP32 direkt beschreiben kann.

Im Gespräch mit c't sagte ein Dragino-Sprecher, dass der Nachfolger des LGT-92 vermutlich Ende August 2022 verfügbar sein wird. Der finale Preis stehe noch nicht fest, soll aber dem des LGT-92 ähneln. Der lag bei 35 bis 50 Euro.

(amo@ct.de)

## LoRaWAN-Lichtschalter

Im vernetzten Zuhause und in Bürogebäuden dominieren Z-Wave, Zigbee und WLAN. Das will der chinesische Hersteller Milesight ändern und hat unter dem Namen „Cowork Series“ eine ganze Reihe von **LoRaWAN-Produkten für die Gebäudevernetzung** entworfen: Lichtschalter, Schaltsteckdosen, Schallsensoren sowie einen „AI Workplace Sensor“, der dessen Belegung detektieren und Personen zählen soll.

Für zeitkritische Aufgaben wie das Lichtschalten im Büro war LoRaWAN bisher nicht die erste Wahl: Das Schaltsignal musste vom Sender zu einem Gateway gefunkt, von dort zu den LoRaWAN-Servern geschickt, dort entpackt und verarbeitet werden. Aber niemand möchte mehrere Sekunden auf das Licht warten. Milesight

hat sich daher eine Protokollerweiterung namens D2D (Device to Device) ausgedacht. Ähnlich wie bei Zigbee soll zum Beispiel eine Schaltsteckdose den Befehl direkt vom Lichtschalter bekommen, ohne dass Gateway und Cloudserver beteiligt sind. LoRaWAN läuft nebenher aber trotzdem, sodass Fernsteuern möglich bleibt.

Da Milesight unsere Anfragen seit anderthalb Jahren ignoriert, gibt es zu Preis und EU-Verfügbarkeit noch keine Herstellerinformationen. Einige EU-Händler listen die Serie in Teilen aber bereits, mit variierender Verfügbarkeit. Einen Link zur Produktserie finden Sie über [ct.de/y337](https://ct.de/y337).

(jam@ct.de)

**LoRaWAN-Produkte von Milesight: [ct.de/y337](https://ct.de/y337)**



**Milesights LoRaWAN-Lichtschalter schalten bis zu 2000 Watt. Sie sind ein Teil der neuen „Cowork Series“. Dazu gehören auch Schaltsteckdosen, Wandtaster und weitere Sensoren für Büroräume.**

## Arduino-LoRaWAN-Gateway

Die Arduino AG (Arduino S.r.l.) hat in ihrer an Industriekunden gerichteten Arduino-Pro-Sparte **zwei neue LoRaWAN-Gateways im Angebot**. Die Arduino-gebrannten Gateways werden vom chinesischen Hersteller Rakwireless gefertigt und behalten deren Produktnamen.

Die Kleinserie besteht aus einem Indoor- und einem Outdoor-Gateway: Das WisGate Edge Lite 2 empfängt LoRaWAN-typisch acht Kanäle; die Netzwerkverbindung läuft über WLAN, Ethernet oder optional LTE. Energie bezieht das Gateway per USB-C oder über das LAN-Kabel (PoE, IEEE 802.3af).

Das WisGate Edge Pro empfängt 16 Kanäle und steckt in einem robusten Outdoor-Gehäuse. Wie beim Indoor-Modell gehts per WLAN, Ethernet oder LTE ins Netz; Energie kommt über PoE oder einen 12-Volt-Hohlstecker.

Derzeit sind die Geräte noch nicht verfügbar. Interessierte können sich auf einer Warteliste eintragen (siehe [ct.de/y337](https://ct.de/y337)).

(amo@ct.de)

**Warteliste für WisGate Edge: [ct.de/y337](https://ct.de/y337)**





# Homepage Pro

**12 .de-Domains inklusive**

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

**2,29**  
€/Monat\*



**Angebot noch bis  
31.08.2022 gültig.**  
Preis gilt dauerhaft.

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

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

# Teure Katastrophe

## Krankenkassen zahlen 400 Millionen Euro für Konnektortausch und Updates

**Das Bundesschiedsamt hat gesprochen: Nun sollen die Versicherten der Krankenkassen die Kosten für den geplanten Tausch der Konnektoren übernehmen, die Arztpraxen mit der Telematikinfrastruktur verbinden. c't hatte zuvor die technische Notwendigkeit des Hardwaretauschs infrage gestellt.**

Von Hartmut Gieselmann

Ärzte bleiben nun doch nicht auf den immensen Kosten des anstehenden Tauschs von bundesweit rund 130.000 Konnektoren sitzen. Das Bundesschiedsamt hat ihnen eine Kostenerstattung von insgesamt fast 400 Millionen Euro zugesprochen. Die Summe setzt sich zusammen aus den Kosten für den Hardwaretausch der Konnektoren, neuen Sicherheitskarten für Terminals und zusätzlichen Software-Updates für die elektronische Patientenakte (ePA 2.0). Das Geld sollen die gesetzlichen und privaten Krankenkassen bezahlen – belastet werden also die Versicherten und Patienten.

Bei den Konnektoren handelt es sich um speziell abgesicherte Router, mit denen Praxen Gesundheitsdaten über die Telematikinfrastruktur (TI) austauschen. In den Konnektoren sind Sicherheitszertifikate gespeichert, die nach fünf Jahren ablaufen.

Nach Ansicht der für die TI zuständigen Gematik und des Bundesgesundheitsministeriums (BMG) ist ein Tausch der kompletten Hardware nötig. c't hatte jedoch einen Konnektor aufgeschraubt und festgestellt, dass die Zertifikate entgegen erster Darstellungen nicht fest eingebaut sind, sondern auf sogenannten gSMC-K-Karten sitzen [1].

Laut Handelsblatt stammen 63.000 der Konnektoren vom Hersteller CGM,

der Austauschgeräte zum Preis von 2330 Euro netto anbietet. Die andere Hälfte teilt sich auf Modelle der Hersteller RISE und Secunet auf, die noch keine Preise genannt haben. In diesem Jahr sollen insgesamt 15.000 Geräte getauscht werden, 2023 folgen 58.000 Konnektoren, 2024 dann weitere 55.000 Geräte.

### Fehlende Begründungen

Die Hersteller machen unterschiedliche Angaben zu der Frage, ob ein Austausch ihrer Konnektoren nötig ist oder ein deutlich günstigerer Tausch der gSMC-K-Karten beziehungsweise ein Software-Update genügt. CGM gab gegenüber dem Handelsblatt an, ein Pairing mit neuen gSMC-K-Karten sei „nicht zulässig“ – was impliziert, dass es technisch durchaus möglich wäre. Der Hersteller Secunet teilte dem Handelsblatt mit, dass sein Konnektor nach einem Kartentausch direkt nach der Kartenprüfung wieder herunterfahre.

Hingegen hatte RISE gegenüber c't erklärt, dass man eine Verlängerung der Zertifikate per Software durchaus unterstützen würde. Eine solche Software-Verlängerung wäre auch laut Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) möglich. Die Gematik lehnt diese Methode allerdings ab und besteht auf den Austausch der Konnektoren aller drei Her-



Bild: Lopatz/axentia.de

**KBV-Vorstand Thomas Kriedel drängt auf eine „schnellstmögliche klarstellende Bewertung“ der Gematik zum teuren Konnektortausch.**

steller. Sie spricht allgemein von „technischen Gründen“. Konkrete Nachfragen von c't, welche Gründe und Sicherheitsvorgaben dies seien, wurden jedoch nicht beantwortet.

### Kosten ohne Nutzen

Die Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV) reagierte enttäuscht auf die Entscheidung des Schiedsamts. Die Erstattungen für die Ärzte seien bei Weitem nicht kostendeckend, wie KBV-Vorstandsmitglied Thomas Kriedel sagte. „Nun sollen die Praxen und die gesetzlich Krankenversicherten mit ihren Mitgliedsbeiträgen für Fehler der Gematik und der Industrie haften.“ Im Schnitt habe jede Praxis schon bis heute über die Erstattungen hinaus 9000 Euro zum Anschluss an die TI gezahlt.

Die KBV hatte dem Konnektortausch im Februar ebenfalls zugestimmt. „Basis des Beschlusses war die Aussage der Gematik, dass es nach Rücksprache mit den Herstellern und dem BSI keine Möglichkeit gäbe, ein Zertifikat neu in den Konnektor einzubauen“, erklärte die KBV. Nach den Untersuchungsergebnissen von c't will die KBV dies nun erneut prüfen lassen: In einem Schreiben an Gematik-Chef Markus Leyck Dieken forderte Kriedel „eine schnellstmögliche klarstellende Bewertung“.

Ärzte und Patienten hätten laut Kriedel bislang kaum einen Nutzen von der TI: Nur 0,6 Prozent der Versicherten hätten eine elektronische Patientenakte. Lediglich 13 Prozent der Praxen könnten eine AU-Bescheinigung komplett digital übermitteln. Die Hälfte der bislang erfolgreich getesteten E-Rezepte stamme aus lediglich zwei Praxen. Deshalb warnte Kriedel vor dem geplanten bundesweiten Start des E-Rezepts im Spätsommer. Die Erfahrungen mit der TI fasste er zusammen: „Es ist eine Katastrophe.“

Ein Ende der Misere ist bislang nicht in Sicht. Eigentlich sollte der Nachfolger „TI 2.0“ bereits 2025 starten. Laut Handelsblatt rechnen Insider nun erst 2027 mit einem Start der TI 2.0, die eine TI-Verbindung mittels Software ohne Hardware-Konnektoren ermöglichen soll. Wenn sich der Termin weiter verschiebt, droht ein weiterer teurer Konnektortausch.

(hag@ct.de)

### Literatur

- [1] Thomas Maus, Lorenz Schönberg, Das 300-Millionen-Grab, Klärungsbedarf beim teuren Austausch der Konnektoren in Arztpraxen, c't 16/2022, S. 116



# W3C standardisiert Web-IDs

**Das World Wide Web Consortium (W3C) hat Decentralized Identifiers (DID) v1.0 zum offiziellen Web-standard gemacht, einen neuen Typ weltweit eindeutiger Bezeichner.**

Anders als zum Beispiel die Adressen bei Social-Media-Diensten, die an den jeweiligen Anbieter gebunden sind, sollen DIDs unter der Kontrolle des Nutzers stehen. DIDs erfordern kein zentrales Register. Der neue Standard soll es Einzelpersonen und Organisationen einfacher machen, ihre Online-Informationen zu kontrollieren, und gleichzeitig mehr Sicherheit und Datenschutz bieten. Das W3C vergleicht DIDs mit portablen Rufnummern – eindeutige Adressen für Personen, Organisationen, aber auch physikalische oder digitale Objekte. Technisch ist eine DID eine einfache Textzeichenfolge der Form

did:example:123456789abcdefghi

did bezeichnet das URI-Schema, der zweite Teil eine DID-Methode und der dritte Teil enthält einen DID-methodenspezifischen Bezeichner. Dieser verweist auf ein Dokument, das weitere Daten über das

von der DID bezeichnete Subjekt enthält. Das DID-Dokument beschreibt auch Mechanismen wie öffentliche Schlüssel, mit denen sich das DID-Subjekt authentifizieren kann. (jo@ct.de)

**DIF Universal Resolver**

SUPPORTED METHODS:

did:ace	did:dns	did:weverse	did:io	did:moncon	did:schema	did:vaa
did:alba	did:dock	did:factom	did:ion	did:mydata	did:sol	did:web
did:bba	did:bsi	did:gate	did:jolo	did:naci	did:sov	did:work
did:btcr	did:elem	did:github	did:key	did:ont	did:stack	+ Add your driver?
did:ccp	did:emtrust	did:hub	did:klt	did:orb	did:tz	
did:cheqd	did:esio	did:icon	did:lil	did:oyd	did:unisot	
did:com	did:ethr	did:indy	did:meta	did:pkh	did:v1	

did-url: did:ion:E1C1kZMDxPKqC9c-umQfTkR8vvZ9JPh1\_xLD19Nfk3

Resolve Clear

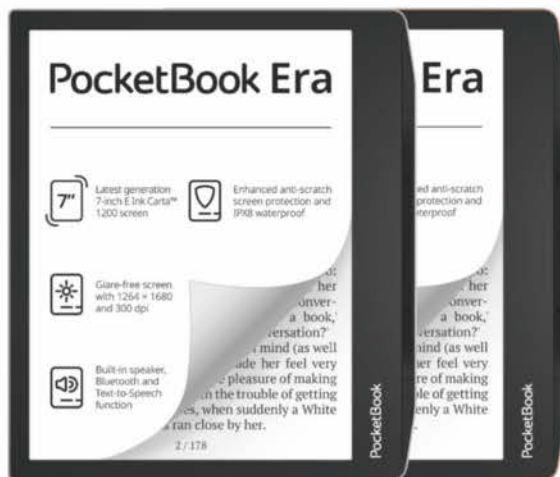
RESULT DID DOCUMENT RESOLUTION METADATA DOCUMENT METADATA

Parser

did	method	method-specific-id	path-absolute	query	fragment
did:ion:E1C1kZMDxPKqC9c-umQfTkR8vvZ9JPh1_xLD19Nfk38u5u	ion	E1C1kZMDxPKqC9c-umQfTkR8vvZ9JPh1_xLD19Nfk38u5u			

Mit dem Universal Resolver unter [dev.uniresolver.io](https://dev.uniresolver.io) lassen sich bereits die DIDs Dutzender Dienste auflösen – hier eine DID der Decentralized Identity Foundation.

PocketBook



## Lesen neu gedacht

- Reflexionsfreier 7 Zoll (17,8 cm) großer E-Ink Carta™ 1200 Touchscreen mit 300 dpi und SMARTlight
- Verbesserter Kratzschutz sowie Wasserschutz gemäß IPX8
- Integrierter Lautsprecher und Bluetooth-Schnittstelle
- Zwei Farb- und Speichervarianten zur Auswahl: Stardust Silver (16 GB) und Sunset Copper (64 GB)



NEU



**NEU AUF DEM MARKT!** Beim Kauf eines **PocketBook Era** Kombi-Angebotes in unserem Onlineshop erhalten Sie vom **30.07. bis 12.08.2022** einen Rabatt von **15 %**. Bitte nutzen Sie dafür den Gutscheincode **17CT22**. Dieses Angebot gilt, solange der Vorrat reicht.

[www.pocketbook.de](https://www.pocketbook.de)

## eBay Kleinanzeigen streicht das „eBay“

**Das hierzulande meistgenutzte Kleinanzeigenportal heißt spätestens 2024 nur noch „Kleinanzeigen“. Außerdem will das Unternehmen bei Komfort und Sicherheit nachbessern.**

eBay Kleinanzeigen hat angekündigt, seinen Namen in „Kleinanzeigen“ zu ändern. Bis spätestens Juni 2024 soll das Portal demnach nur noch über die Domain [kleinanzeigen.de](https://www.kleinanzeigen.de) erreichbar sein und ein neues Logo bekommen. Der Online-Marktplatz eBay hatte seine Kleinanzeigenpartei im Juni 2021 an den norwegischen Kleinanzeigen-Konzern Adevinta verkauft. Damit verknüpft hatte

eBay die Bedingung, dass Adevinta das „eBay“ binnen drei Jahren aus dem Namen entfernt. Für Nutzer ändert sich vorerst nichts, sie sollten aber wachsam sein: Kriminelle könnten beispielsweise versuchen, sie auf gefälschte Websites zu locken.

Kurzfristig führt eBay Kleinanzeigen zudem mehrere Neuerungen ein. Ähnlich wie die frühere Mutterplattform eBay soll es eine „Direkt kaufen“-Option für Festpreis-Angebote erhalten. Um die Ware direkt zu erwerben, muss der Käufer die für ihn kostenpflichtige Option „Sicher bezahlen“ wählen und bezahlt dann mit Kreditkarte oder Klarna-Sofortüberwei-

sung. Die sonst übliche Kontaktaufnahme und Preisverhandlung entfallen.

Außerdem will das Unternehmen Kundenkonten besser absichern. Um Phishing-Angriffe über gefälschte WhatsApp-Nachrichten oder SMS zu reduzieren (siehe c't 16/2022, S. 120), können Kaufinteressenten die Telefonnummer des Inserenten in Kürze nicht mehr sehen, sofern dieser sie nicht in der Produktbeschreibung angibt. Damit setzt das Portal eine häufig geforderte Maßnahme um und beseitigt eine ohnehin kaum noch genutzte Option. Da sich Betrüger die Telefonnummern aber auch anderweitig besorgen können, sollten Nutzer weiterhin wachsam bleiben.

Um Nutzerkonten besser vor der Übernahme durch Kriminelle zu schützen, hat eBay Kleinanzeigen außerdem angekündigt, eine „risikobasierte Zwei-Faktor-Authentifizierung“ einzuführen. Erkennt das Portal Auffälligkeiten wie beispielsweise einen ungewöhnlichen Standort beim Einloggen, muss sich der Nutzer über einen per E-Mail oder SMS versandten Code legitimieren. Die Maßnahme könnte vor allem Käufern zugutekommen, da Betrüger gekaperte Konten häufig für Fake-Angebote missbrauchen – oft kombiniert mit gekaperten Bankkonten.

(mon@ct.de)

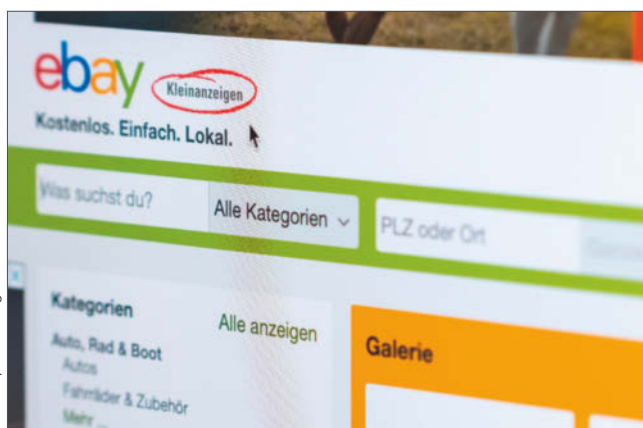


Bild: eBay Kleinanzeigen

**Das „eBay“ im Namen und im Logo wird bis 2024 verschwinden sein; in Zukunft soll das Portal schlicht „Kleinanzeigen“ heißen.**

## Bundesbank: Mehr Kartenzahlungen, Bargeld bleibt Spitze

In einer unabhängigen Studie zum Zahlungsverhalten der volljährigen Deutschen im Jahr 2021 hat nun auch die Bundesbank bestätigt, dass seit 2017 **elektronische Zahlungen deutlich zugenommen** haben. Haupttreiber seien der Internethandel sowie die Kontaktlosfunktion gängiger Bezahlkarten an den Ladenkassen; beides hätten Verbraucher während der Coronapandemie wesentlich häufiger genutzt. Knapp 40 Prozent der Befragten bezahlten demnach 2021 lieber elektronisch als mit Bargeld. Zwar verloren Debitkarten wie die Girocard (früher EC-Karte) – die 99 Prozent aller Volljährigen besitzen – im Vergleich zum Vorjahr leicht an Anteil im Bezahlartenmix. Das gilt sowohl für die Gesamtzahl der Transaktionen (23 Prozent) als auch für den Umsatz (30 Pro-

zent). Im Vergleich zu 2017 wurden Debitkarten jedoch häufiger genutzt (damals 19 respektive 35 Prozent). Im gleichen Zeitraum haben Verbraucher deutlich häufiger auf Kreditkarten und Dienste wie PayPal zurückgegriffen. Deutlich zugelegt haben außerdem mobile Bezahlverfahren wie Apple Pay und Google Pay, wenngleich auf niedrigem Niveau.

Dessen ungeachtet bleibt Bargeld mit einem Anteil von 58 Prozent an allen Transaktionen und 30 Prozent des Gesamtumsatzes im Handel dominant. 2017 waren es allerdings noch 74 respektive 48 Prozent. Die Befragten schätzten an Bargeld insbesondere, dass die Zahlung anonym abläuft (55 Prozent), sofort abgeschlossen ist (43 Prozent) und sie ihre Ausgaben besser kontrollieren können (48 Prozent). Generell

bleibt es für sieben von zehn Bürgern ein sehr wichtiges oder wichtiges Zahlungsmittel, insbesondere bei kleinen Beträgen.

Für die Studie hatte das Meinungsforschungsinstitut Forsa zwischen September und Dezember 2021 insgesamt 5870 Bürger ab 18 Jahren telefonisch befragt. Diese führten drei Tage lang Buch über ihr Zahlungsverhalten, womit insgesamt 156.482 Zahlungen in Höhe von 605.251 Euro in die Arbeit einfließen. Die seit 2008 im Dreijahres- und nun erstmals im Jahresrhythmus durchgeführte Studie der Bundesbank gilt in Art, Umfang und Detailtiefe als die genaueste Erhebung zum Zahlungsverhalten in Deutschland.

(mon@ct.de)

**Bundesbank-Studie:** [ct.de/y3h3](https://www.bundesbank.de/ct.de/y3h3)



# Netflix nur noch auf dem eigenen TV

**Der weltgrößte Videostreaming-dienst geht den nächsten Schritt im Kampf gegen Account-Sharing. In einigen Ländern ist die Weitergabe nur noch auf Fernsehern im eigenen Zuhause erlaubt.**

Netflix hat weitere Maßnahmen vorgestellt, mit denen die Weitergabe von Zugangsdaten (Account-Sharing) verhindert werden soll. So lässt sich der Streamingdienst in Argentinien, der Dominikanischen Republik, El Salvador, Guatemala und Honduras ab August nur noch auf Fernsehern nutzen, die im eigenen Zuhause stehen. Dies schließt Streaming-Player ein, Mobilgeräte wie Handys und Notebooks hingegen nicht.

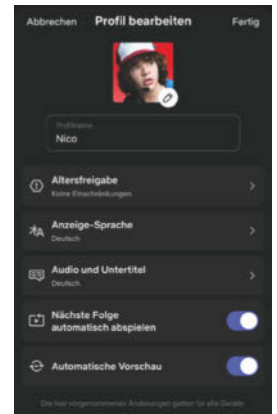
Das Konzept enthält eine „Urlaubs-pause“: Pro Jahr kann man Netflix auch außerhalb des eigenen Heims für zwei Wochen auf einem Fernseher nutzen. Überschreitet man dieses Pensum, blockiert die App weitere Wiedergaben auf

den außerhäusigen Geräten. Ein „Zuhause“ ermittelt Netflix nach eigenen Angaben anhand von Daten wie IP-Adressen, Geräteadressen und Account-Aktivitäten.

Wer den Streamingdienst regelmäßig auf TVs außerhalb des Hauptwohnsitzes anschauen möchte, muss eine zusätzliche Gebühr bezahlen: Im Basis-Account kann man je nach Land für zwischen 1 und 3 US-Dollar ein zweites Zuhause hinzufügen. Im Standardabo soll man bis zu zwei zusätzliche Orte hinzufügen können, im Premiumtarif (mit bis zu vier Streams gleichzeitig) bis zu drei. Einen ersten Test in diese Richtung hatte Netflix im Frühjahr in Chile, Peru und Costa Rica gestartet (siehe c't 9/2022, S. 40).

Die Ankündigung kam parallel zur Meldung, dass Netflix im abgelaufenen Quartal deutlich weniger Kunden verloren hat als selbst prognostiziert. So fiel die Zahl der Bezahlabsos zuletzt um 970.000 auf knapp 221 Millionen, nachdem er zuvor von zwei Millionen weniger Kunden ausgangen war.

**Netflix will mit der Einführung der Nutzungskontrolle eine Verwaltung der Abspielgeräte ermöglichen. Hierfür soll ein weiterer Reiter in den Profileinstellungen geschaffen werden.**



Daneben kündigte der Streamer das erwartete, vergünstigte Abomodell mit Werbung (siehe c't 11/2022, S. 36) für Anfang 2023 an. Netflix-Chef Ted Sarandos erklärte, dass aus vertragsrechtlichen Gründen zum Beginn nicht alle Inhalte aus dem Netflix-Angebot auch in dem Werbentarif zu sehen sein werden – aber ein Großteil. (nij@ct.de)

## Perfekt gelöst.

**ACHEMA  
2022**

Halle 11.1 Stand A41  
22. – 26. August 2022

VisuNet FLX – Die neue modulare HMI-Plattform zum Einsatz bis in Zone 2/22, Div. 2

Das einzigartige HMI-System, das perfekt zu Ihrer Anwendung passt.



Mehr Informationen unter  
[pepperl-fuchs.com/flx-ct](http://pepperl-fuchs.com/flx-ct)



# Chips schneller bauen mit UV-Mikro-LEDs

**Erstmals lassen sich ultraviolett leuchtende LEDs im Mikrometermaßstab fertigen. Als Arrays mit hoher Dichte könnten sie die Fertigung von Experimentierchips drastisch beschleunigen.**

Das Berliner Ferdinand-Braun-Institut (FBH) hat ein Verfahren zur Herstellung von Mikro-LEDs für den ultravioletten Spektralbereich entwickelt. Die Mikro-LEDs emittieren im UV-B-Bereich bei 310 Nanometern (nm), der Fertigungsprozess liefert nach Wunsch Durchmesser der Leuchtfläche von 1,5 Mikrometern ( $\mu\text{m}$ ) bis 50  $\mu\text{m}$  und Abstände von 2 bis 60  $\mu\text{m}$ . Das ist hundert- bis tausendfach dichter als bei herkömmlichen UV-LEDs, weshalb das Verfahren laut dem FBH „höchste Anforderungen an die Justagegenauigkeit, Fertigungspräzision und Materialperfektion“ stellt (ct.de/ye92).

Einzelne Mikro-LEDs eignen sich für die Fluoreszenzanalytik, die Härtung von Kunststoffen sowie für die optische Kommunikation. Zu Arrays zusammengefügt,

lassen sich mittels der Mikro-LEDs Halbleiter mit Strukturbreiten etwa in der gleichen Größenordnung fertigen, was beispielsweise heutigen Chips für die Leistungselektronik entspricht.

Noch leuchten alle LEDs eines Arrays gleichzeitig. Im nächsten Schritt wollen die FBH-Forscher eine Steuerung für jedes einzelne Pixel hinzufügen. Das ergibt individuelle Beleuchtungsmuster, was für die Halbleiterfertigung besonders interessant erscheint. Bisher sind in der Fotolithografie Masken üblich, um mit UV-Licht und lichtempfindlichen Fotolacken die winzigen Strukturen der integrierten Schaltungen zu erzeugen. Für jede Schaltung ist eine individuelle Maske erforderlich. Diese kostet selbst für einfachste, niedrig aufgelöste Strukturen leicht vierstellende Beträge.

Mit den schaltbaren UV-Mikro-LEDs können die Masken entfallen. Das dürfte die Fertigung deutlich vergünstigen und zusätzlich eine Spielwiese für individuelle Schaltungen oder Varianten eröffnen, die sich Entwickler bisher aus Kosten-

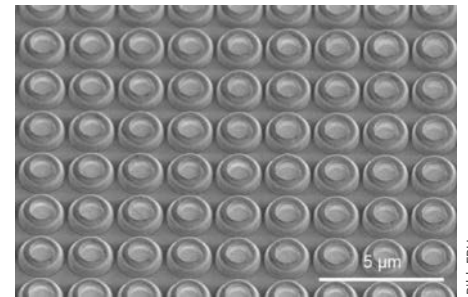


Bild: FBH

**Das Mikro-LED-Array sieht in elektronenmikroskopischer Aufnahme unspektakulär aus, hat es aber in sich: Mittels einzeln angesteuerter LEDs hofft man, individuelle Schaltungen künftig schneller und kostengünstiger anfertigen zu können als bisher.**

gründen verkniffen haben. Außerdem arbeiten die Wissenschaftler am FBH daran, ihre Fertigungstechnik auf UV-C-LEDs mit Emissionswellenlängen um 230 nm zu übertragen. Dafür suchen die Forscher Partner. (dz@ct.de)

**Pressemeldung des FBH: ct.de/ye92**

## Laserpuls für kalten Kaffee

Ohne Kaffee (auch als „Redakteursbenzin“ bekannt) sind lange Arbeitstage kaum vorstellbar. Dabei greifen viele Konsumenten neuerdings und besonders im Sommer zu kalt aufgebühtem Kaffee (Cold Brew). Der Brühvorgang dauert bei Raumtemperatur 12 bis 24 Stunden und bringt ein Getränk mit mehr Aromen, aber weniger Säure und Bitterstoffen hervor.

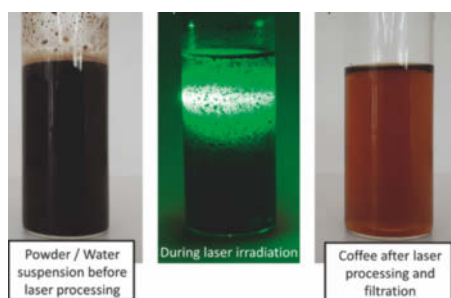


Bild: Chemiefakultät der Universität Duisburg-Essen

**Ein Chemiker-Team hat ausgetüftelt, wie man schmackhaften kalten Kaffee unter Laser-Einsatz (mittleres Foto) in Minuten statt Stunden herstellt.**

Ein Chemiker-Team von der Universität Duisburg-Essen macht nun kurzen Prozess und erzeugt kalten Kaffee von ähnlicher Zusammensetzung und Güte **mit einem ultrakurz gepulsten Laser in nur drei Minuten** (532 Nanometer Wellenlänge, 10 Picosekunden Pulsdauer, 80 kHz Wiederholungsrate, 125  $\mu\text{J}$  Pulsenergie, siehe ct.de/ye92). Hauptautorin Anna Rosa Ziefuß sagt: „Durch die fehlende Erhitzung bleiben Pyridin und Diphenol erhalten, die dem Getränk seinen Geschmack verleihen.“

Nun wollen Ziefuß und die Lebensmittelingenieurin Tina Friedenauer die Firma LEO-PARD ausgründen (Laser-based Extraction offers Pure and Advanced Refreshment Drinks). Denn „Cold Brew Coffee ist erst der Anfang, aktuell arbeiten wir an der Entwicklung weiterer Rezepturen für kalte Erfrischungsgetränke“, sagt Ziefuß. (dz@ct.de)

**Publikation der Uni Duisburg-Essen: ct.de/ye92**

## Kontaktaufnahmen unterschätzt

Menschen unterschätzen den Wert ihrer Kontaktaufnahme zu Freunden und Bekannten. Das ist das Ergebnis einer Studie aus den USA (siehe ct.de/ye92).

Dafür haben Erstautorin Peggy Liu und ihr Team die Bewertungen von 5900 Teilnehmern in 13 Experimenten untersucht. Die Teilnehmer, von denen der Kontakt ausging, sollten auf einer Skala von „überhaupt nicht“ bis „sehr“ einschätzen, **wie sehr sich die kontaktierte Person freuen würde**. Als Kontaktaufnahme genügte beispielsweise eine SMS oder ein Anruf.

In allen Experimenten unterschätzten diejenigen, die den Kontakt aufbauten, deutlich, wie sehr ihre Handreichung geschätzt werden würde. Überraschendes Anklopfen nach längerer Sendepause erteilte besonders starke Wertschätzung.

(dz@ct.de)

**Publikation von Peggy Liu und Team: ct.de/ye92**



# Intuitiv, praktisch, fundiert

Die Handelsblatt App inkl. Podcasts, Push-Nachrichten  
und ePaper: Jetzt kostenlos downloaden.



[handelsblatt.com/app-online](https://handelsblatt.com/app-online)



**Handelsblatt**

Substanz entscheidet.

# Auf Nimmerwiedersehen

## Sony entfernt gekaufte Filme und Serien aus Playstation Store

**Ende August verschwinden Hunderte Filme und Serien aus dem Playstation Store – und sind danach auch für die Nutzer nicht mehr erreichbar, die dafür Geld bezahlt haben. Fans physischer Medien dürften sich wieder einmal bestätigt fühlen.**

Von Nico Jurran

Zwar werden Spielkonsolen vorrangig als Gamingmaschinen gekauft, viele nutzen sie aber auch als Medienplayer. Passend dazu konnte man über den Playstation Store lange Zeit Filme und Serien als Stream mieten und kaufen – bis Sony dieses Angebot Ende August vergangenen Jahres stoppte, weil auf der Playstation ebenfalls nutzbare Flatrate-Abos wie Amazon Prime Video, Disney+ und Netflix dem Kauf- und Mietmodell den Rang abgelauften hatten.

Rund ein Jahr später kündigte Sony in seinem Blog nun einen drastischen Schritt an: „Ab dem 31. August 2022 wirst du aufgrund unserer sich entwickelnden Lizenzvereinbarungen mit Inhaltsanbietern nicht mehr in der Lage sein, deine zuvor gekauften Inhalte von Studiocanal anzusehen, und sie werden aus deiner Video-Bibliothek entfernt.“ Dabei hatte Sony seinerzeit versprochen, dass bis dahin erworbene Inhalte weiterhin auf der PS4, der PS5 und Mobilgeräten abrufbar sein würden.

Betroffen von dieser Maßnahme sind in Deutschland über 300 Filme und Serienstaffeln und in Österreich knapp 140 Titel – Blockbuster wie „John Wick“ und die Serie „American Gods“. Dies ergibt sich aus Listen, die Sony veröffentlicht hat (siehe [ct.de/yjgg](https://ct.de/yjgg)).

Bislang gibt es keine Hinweise darauf, dass Sony Rückerstattungen für die betroffenen Filme und Serien anbietet. Eine Nachfrage der Redaktion beantwortete

das Unternehmen bis Redaktionsschluss nicht. Auch auf Sonys Webseite gibt es keinerlei Hinweise darauf, dass man Geld zurückbekommt. „Wir wissen deine fortlaufende Unterstützung sehr zu schätzen“, heißt es dort lediglich.

### Lediglich Lizenzerwerb

Rechtlich möglich ist die Löschung, da man nach dem deutschen Gesetz an den unkörperlichen Inhalten kein Eigentum erwirbt wie an Gegenständen, also etwa an DVDs und Blu-ray-Discs. Stattdessen zahlt man für eine Nutzungslizenz. Die Anbieter gestalten deren Nutzung jeweils vertraglich durch Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB).

Dabei hat sich Sony in seinen AGB abgesichert. So heißt es dort: „Unter bestimmten Umständen kann es vorkommen, dass ein Video von Playstation Video entfernt werden muss. In diesen Fällen ist das Herunterladen und/oder Streamen von gekauften Videos nicht mehr möglich.“ Sonys AGB weisen darauf hin, dass gekaufte oder ausgeliehene Videos, die der Nutzer bereits heruntergeladen hat, davon nicht betroffen seien. Deswegen sollte man

auch gekaufte und ausgeliehene Videos „möglichst sofort nach dem Erwerb auf alle kompatiblen Geräte herunterladen, auf denen du darauf zugreifen möchtest“.

Ob man gekaufte Inhalte tatsächlich noch nach dem 31. August anschauen kann, sofern man sie rechtzeitig heruntergeladen hat, ist aber dennoch offen. Ein Hinweis darauf findet sich zumindest in Sonys Ankündigung nicht – stattdessen heißt es dort, wie eingangs beschrieben, dass man die betroffenen Inhalte ab dem Stichtag nicht mehr ansehen kann.

Dies ist nicht das erste Mal, dass ein Videostreamingangebot eingestellt wird und Käufer ihre erworbenen Filme nicht mehr anschauen können. So stellte 2008 das Online-Filmportal „in2movies“ seinen Betrieb ein, 2013 folgte der in Deutschland durch die Integration auf Smart-TVs von Panasonic bekannt gewordene VoD-Dienst „Antrax“. In beiden Fällen ist der Redaktion nicht bekannt, dass Käufer ihr Geld zurückerhalten hätten.

(nij@ct.de) **ct**

**Liste der betroffenen Filme und Serien:**  
[ct.de/yjgg](https://ct.de/yjgg)



**Sony beendete im vergangenen Jahr den Verkauf und die Vermietung von Filmen in seinem Playstation Store. Hunderte Kauftitel lassen sich bald nicht mehr abrufen.**



# Alexa: Mehr Interaktionen, neue Routinen und neue Werbung

**Auf der Entwicklerkonferenz „Alexa Live“ gab sich Amazon betont offen gegenüber anderen Herstellern – auch was bezahlte Werbung für Skills auf smarten Alexa-Geräten betrifft.**

Die Zahlen, die Amazon auf seiner Entwicklerkonferenz „Alexa Live“ Mitte Juli präsentierte, waren durchaus beeindruckend. So hat sich laut Konzern die Zahl der Nutzer des Sprachassistentensystems in den vergangenen drei Jahren verdoppelt. Nach unbestätigten Berichten nutzen nun alleine in den USA 40 Millionen Menschen Alexa. Dieser Erfolg wirkt sich auch auf den Developer-Bereich aus: Inzwischen gibt es offiziell mehr als eine Million registrierte Entwickler für sogenannte „Skills“, die die Fähigkeiten von Alexa erweitern. Deren Nutzung machen mehr als 20 Prozent der Interaktionen mit der Sprachassistentin aus.

Doch selbst Amazon kann andere Sprachassistentensysteme nicht einfach vom Markt drängen – und setzt daher auf Koexistenz. So teilt sich Alexa etwa in Geräten von Sonos, Pioneer und Skullcandy (künftig) den Platz mit den herstellereigenen Sprachassistenten (mit verschiedenen Aktivierungswörtern). Ein wichtiger Punkt sind dafür die sogenannten „Universal Device Commands“, etwa zum Beenden der Musikwiedergabe: Alexa stoppt auf Zuruf auch dann die Musik, wenn sie zuvor über einen Befehl an den anderen Assistenten gestartet wurde.

Zusammenarbeit war auch an anderer Stelle ein Thema. So können Hersteller dank überarbeitetem SDK über das seit einiger Zeit verfügbare Hardwaremodul „Alexa Connect Kit“ künftig auch Geräte per „Matter“ schnell und preisgünstig mit Alexa verbinden. Matter ist ein Standard, der Smart-Home-Komponenten herstellerübergreifend verbindet (c't 24/2021, S. 42).

Apropos SDK: Statt separater Tools für smarte Lautsprecher und smarte Displays bietet Amazon künftig ein SDK, das beide Gerätekategorien abdeckt. Aus Nutzersicht ist interessant, dass Skills künftig mit vorgefertigten Routinen ausgestattet werden können, um typische Anwendungsszenarien abzudecken. Als Beispiel nannte Amazon eine Routine im Skill des Autoherstellers Jaguar: Wird diese ausgelöst, überprüft sie unter anderem, ob das betreffende Fahrzeug abgeschlossen und der Diebstahlschutz aktiviert ist. Für den deutschen Markt ist diese Funktion zunächst nicht verfügbar.

Amazon setzt parallel weiter auf Aktionen, die ohne das Zutun des Anwenders selbsttätig ausgelöst werden – alleine durch die Analyse von dessen Verhalten. Mittlerweile laufen laut Amazon im Smart Home 40 Prozent der Interaktionen mit Alexa ohne einen weiteren Eingriff des Users.

Eine weitere Ankündigung dürfte von Entwicklern und Anwendern sehr unterschiedlich aufgenommen werden. So ermöglicht Amazon den Entwicklern auf dem US-Markt künftig, auf Alexa-Geräten Skills



Bild: Skullcandy

**Das US-Unternehmen Skullcandy hat seine True-Wireless-Kopfhörer mit einem Assistenten namens „Hey Skullcandy“ ausgestattet. Nun kommt Alexa als zweites Assistenzsystem hinzu.**

gegen Bezahlung zu bewerben. Developer haben damit die Möglichkeit, die Aufmerksamkeit auf ihre Anwendungen zu lenken; Nutzer fühlen sich eventuell von der Werbung gestört. Auf Nachfrage von c't wollte sich der zuständige Amazon-Manager Aaron Rubenson weder dazu äußern, wie viel Werbung über ein Alexa-Gerät laufen soll, noch wie viel Entwickler dafür zahlen müssen. Rubenson versicherte, das „positive Nutzererlebnis“ stünde weiterhin an oberster Stelle. (nij@ct.de)



**TIM MÜLLER**  
Mad of IT Security

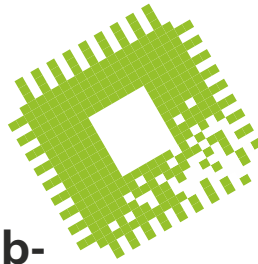
## RATEN SIE MAL, WER ENTSPANNT AUF ÜBERSTUNDEN VERZICHTET?



**PATRICK MAYER**  
Datacenter Manager  
und Kentix Kunde



# Bit-Rauschen



## Abflauender Chipmangel, Vorab-Benchmarks und Rückkehr von Spectre V2

**Marktforscher erwarten ein Ende der Chipknappheit – allerdings nicht, weil mehr gefertigt wird. Core i-13000 und Ryzen 7000 versprechen ein großes Performanceplus und eine fünf Jahre alte Sicherheitslücke lebt wieder auf.**

Von Christian Hirsch

Die vergangenen zwei Jahre waren durch die Chipkrise geprägt. Nun gibt es erste Anzeichen, dass die Knappheit bei vielen Chipsorten bald der Vergangenheit angehört. Grund dafür sind aber nicht plötzlich aus dem Boden schießende Halbleiterfabriken, sondern die erwartete rückläufige Nachfrage vor allem bei Unterhaltungselektronik und Haushaltsgeräten. Angesichts von Inflation, schwachem Eurokurs und der allgemeinen Unsicherheit durch Ukrainekrieg und Pandemie werden Privathaushalte weniger kaufen.

Laut den Marktforschern von Trendforce stornieren deshalb zurzeit zahlreiche Hersteller Wafer-Bestellungen bei großen Auftragsfertigern wie TSMC, Samsung, UMC und Globalfoundries (GF). Das betrifft vor allem Werke, in denen 200-Millimeter-Wafer mit groben Strukturen von 110 bis 350 Nanometern vom Band laufen. Dabei handelt es sich um Chips für Displaytreiber, Bildsensoren und Power-Management-Schaltungen (PMICs). 300-Millimeter-Fabs, die in 4- bis 7-Nanometer-Technik Prozessoren, Grafik- und KI-Beschleuniger sowie in 10- bis 19-Nanometern 5G-Funktechnik, Chipsätze und billige Smartphone-SoCs produzieren, laufen hingegen weiterhin nah an der Kapazitätsgrenze.

Bis spürbar mehr Notebooks, Desktop-PCs, Spielekonsolen und Autos bei den Händlern stehen, vergehen aber noch viele Monate, denn Wafer-Bestellungen erfolgen

mit großem zeitlichen Vorlauf. Zudem hakt es bei der Logistik und auch Engpässe durch Personalmangel sind weiterhin akut.

Aktuell laufen die Geschäfte für Chiphersteller noch wie geschmiert. Bei einem Umsatz von 18,2 Milliarden US-Dollar verbuchte der taiwanische Auftragsfertiger TSMC im zweiten Quartal 2022 einen Nettogewinn von 8,1 Milliarden US-Dollar. Damit legte der Umsatz im Vergleich zum Vorjahreszeitraum um 37 Prozent zu. Die Hälfte der Einnahmen ging dabei auf das Konto von 5- und 7-Nanometer-Chips, die vor allem bei Großkunden wie AMD, Apple und Nvidia gefragt sind.

### Mehr Geld für Auto-Chips

Um den langfristig weiter wachsenden Bedarf nach Halbleitern in Automobilen zu befriedigen, will Bosch bis 2026 insgesamt drei Milliarden Euro investieren – einen großen Teil davon in Deutschland. Die im vergangenen Jahr in Betrieb gegangene, eine Milliarde Euro teure Chipfabrik in Dresden soll für 250 Millionen Euro erweitert werden. Die Zahl der Arbeitsplätze verdoppelt sich dadurch auf 700. Am Standort Reutlingen fließen weitere 400 Millionen Euro vorrangig in die Fertigung von Siliziumcarbid-Chips. Diese kommen unter anderem in der Leistungselektronik von Elektro- und Hybridautos zum Einsatz. Zudem forscht Bosch für diese Anwendungen an Gallium-Nitrid-Chips für Spannungen bis 1200 Volt, die geringere



Foto: Bosch

**Bosch erweitert die ein Jahr junge 300-Millimeter-Fab in Dresden für 250 Millionen Euro, um den Hunger der Automobilindustrie nach Halbleiterchips zu stillen.**

Schaltverluste bei weniger Gewicht versprechen.

Noch in diesem Herbst steht Intels nächste CPU-Generation „Raptor Lake“ für Desktop-PCs an (siehe S. 45). Dass es bis zur Produkteinführung der Core-i-13000-Prozessoren nicht mehr weit ist, beweisen mehrere Einträge in Benchmark-Datenbanken. Demnach soll ein Vorserienmodell der Core i9-13900K mit acht Performance- und sechzehn Effizienz-Kernen im Rendering-Benchmark fast 40 Prozent schneller rechnen als der Vorgänger Core i9-12900K (8P+8E-Kerne).

Potenzielle Käufer dieser CPUs sollten aber bereits jetzt mit dem Sparen anfangen. Laut einem Bericht von Nikkei Asia hat Intel den PC-Herstellern jüngst mitgeteilt, die Preise für Prozessoren und andere Produktgruppen wie WLAN-Adapter in den kommenden Monaten um bis zu 20 Prozent anzuheben. Intel gibt damit die durch die Inflation gestiegenen Fertigungskosten wie die für Chemikalien weiter. Preiserhöhungen hatte der Chiphersteller bereits im April angedeutet und informiert nach eigener Aussage nun die Hersteller über deren Höhe.

Dennoch kündigt sich zum Herbst ein spannender Wettlauf an, weil AMD nahezu zeitgleich zu Intels Core-i-13000-Start die Ryzen-7000-Prozessoren mit komplett neuer Plattform ins Rennen schickt. Ein noch unbenannter Sechskernprozessor dieser Generation übertrumpft im Grafik-Benchmark „Basemark GPU“ den 16-Kerner Ryzen 9 5950X mit rund zehn Prozent Vorsprung. Das deutet auf eine hohe Singlethreading-Performance hin.

Mit Retbleed feiert die Sicherheitslücke Spectre V2 fünf Jahre nach ihrer Entdeckung ein ungeplantes Comeback. Sicherheitsforscher der ETH Zürich konnten nachweisen, dass es mit geschickt aufgebauten Return-Anweisungen möglich ist, die bisherigen Gegenmaßnahmen der CPU-Hersteller AMD und Intel auszutricksen.

Mit der Seitenkanalattacke konnten die Forscher Datenfragmente aus geschützten RAM-Bereichen auslesen. Allerdings klappte das nur bei einige Jahre alten Architekturen wie AMD Zen, Zen+ und Zen 2 sowie Intel Kaby und Coffee Lake und dann auch nur mit wenigen Kilobyte pro Sekunde. Die hochkomplexen Angriffe sind hauptsächlich für Cloud-Server relevant, auf denen mehrere abgeschottete Instanzen verschiedener Nutzer laufen. (chh@ct.de)

**Audio-Podcast Bit-Rauschen:** [ct.de/yej8](https://ct.de/yej8)



# BIOS-Updates für Intel Core i-13000 „Raptor Lake“

**Die Board-Hersteller machen ihre Hauptplatinen fit für die kommenden Core-i-Prozessoren, die mit zusätzlichen Kernen und größeren Caches die Performance steigern.**

Bis die nächste Generation der Intel-Prozessoren antritt, vergehen noch einige Monate. Schon jetzt bieten die Mainboard-Hersteller Asus, Asrock, Biostar und MSI Firmware-Updates für Serie-600-Boards an, mit denen die kommenden Prozessoren booten. Das gilt nicht nur für teure Hauptplatinen mit dem High-End-Chipsatz Z690, sondern auch für preiswertere mit H610, B660 oder H670.

Die dreizehnte Core-i-Generation „Raptor Lake“ verwendet wie die derzeit aktuellen Core-i-12000-CPU „Alder Lake“ die Fassung LGA1700, weshalb sie nach einem BIOS-Update auch auf bisherigen Mainboards funktioniert. Dennoch wird Intel mit den Core i-13000 zugleich eine neue Chipsatzfamilie der Serie 700 vorstellen. Aus Fotos von einer Intel-Veranstaltung in Asien geht hervor, dass die Chipsätze vier weitere PCI-Express-4.0-Lanes erhalten. Thunderbolt 4 und USB4

erfordert bei Desktopsystemen weiterhin einen zusätzlichen Controller, während die Core-i-Mobilprozessoren schon seit der zehnten Generation „Ice Lake“ diese Funktionen enthalten.

Die Core-i-13000-Prozessoren sollen deutlich mehr Kerne erhalten: Statt mit bisher bis zu acht Performance- und acht Effizienz-Kernen rüstet Intel die Spitzenmodelle nun mit sechzehn und damit doppelt so vielen E-Cores aus. Die Zahl der schnelleren P-Cores bleibt bei acht. Mit dem Simultaneous Multithreading (SMT) der P-Kerne können die Raptor-Lake-CPU somit 32 Threads parallel abarbeiten. Außer der Kernanzahl wächst auch die Größe des Level-2- und Level-3-Caches, wovon beispielsweise 3D-Spiele profitieren. Das Speichertempo bei DDR5-RAM steigt von DDR5-4800 auf DDR5-5600. Der Chiphersteller fertigt die Core-i-13000-Prozessoren wie die Vorgänger im Intel-7-Prozess (10 Nanometer).

Die neuen Prozessoren erscheinen voraussichtlich im Herbst. Naheliegender ist der Zeitraum um das Intel Innovation Event, dass am 27. und 28. September in San Jose stattfindet. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird



**Das MSI Pro B660M-A DDR4 aus unserem Alder-Lake-PC-Bauvorschlag (c't 9/2022) ist mit dem aktuellen BIOS bereits für die nächste CPU-Generation gewappnet.**

Intel wie bei den vorherigen Generationen zunächst die übertaktbaren High-End-Varianten vorstellen. Die Brot-und-Butter-Varianten der Core i-13000-Prozessoren kommen dann vermutlich zum Jahresanfang 2023 in den Handel. (chh@ct.de)

**Download BIOS-Updates:** [ct.de/ye9p](https://ct.de/ye9p)

## Erste Benchmarks: Framework-Notebook mit Core i5-1260P

Für das modular aufgebaute Framework Laptop bietet der gleichnamige Hersteller nun Mainboards mit Prozessoren der zwölften Core-i-Generation mit bis zu 14 Kernen an, die deutlich schneller rechnen als die Core-i-1100-CPU, mit denen

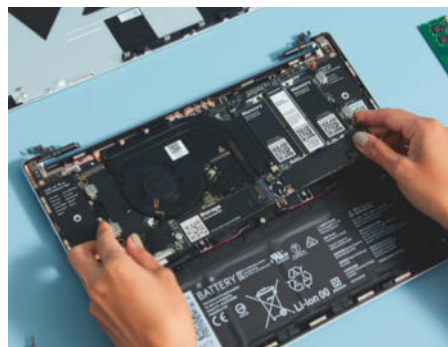


Bild: Framework

**Modulares Design macht's möglich: Ein Tausch der Hauptplatine verdoppelt die Rechengeschwindigkeit des Framework Laptop.**

das Notebook seit Ende letzten Jahres ausgeliefert wurde. Wir haben den Austausch selbst durchgeführt. Je nach Geschick dauert das lediglich 15 bis 30 Minuten. Den notwendigen Schraubendreher liefert der Hersteller bei allen Laptops mit.

Im Rendering-Benchmark Cinebench R23 klettert die Multithreading-Leistung mit der Hybrid-CPU Core i5-1260P mit vier Performance- und acht Effizienz-Kernen im Vergleich zum vorherigen Vierkerner Core i5-1135G7 von 5500 auf rund 10.000 Punkte. Im Gegenzug hält der Akku statt über zwölf nur noch elf Stunden durch. Für das **Austausch-Mainboard mit dem Zwölfkernprozessor** verlangt Framework 799 Euro. Alternativ bietet der Hersteller Boards mit dem etwas langsamer getakteten Core i5-1240P für 489 Euro und dem Core i7-1280P mit zwei zusätzlichen P-Kernen für 1189 Euro an. Unseren Test des Framework Laptops lesen Sie in c't 5/2022 auf Seite 114. (chh@ct.de)

### Kurz & knapp

Für High-End-PCs bietet Corsair die **starken ATX-Netzteile** HX1000i und HX1500i mit 1000 beziehungsweise 1500 Watt Leistung an. Deren aktuelle Auslastung lässt sich per Software anzeigen. Sämtliche Kabelstränge sind modular an- und absteckbar und der Lüfter bleibt bei niedriger und mittlerer Last stehen. Die 80Plus-Platinum-Netzteile kosten 230 und 320 Euro.

Beim Kauf aktueller Grafikkarten legen die GPU-Hersteller AMD und Nvidia derzeit **kostenlose Spiele-Bundles** obendrauf. Abhängig von der Preisklasse gibt es bei der Serie Radeon RX 6000 bis zu drei vorgegebene Spiele: Saints Row, Forspoken und Sniper Elite 5. Käufer einer GeForce RTX 3080 oder besser erhalten Ghostwire: Tokyo sowie Doom Eternal inklusive Year One Pass mit zwei Add-ons.

# Selbstauskunft statt harter Fakten

## Play Store: Google versteckt App-Berechtigungen

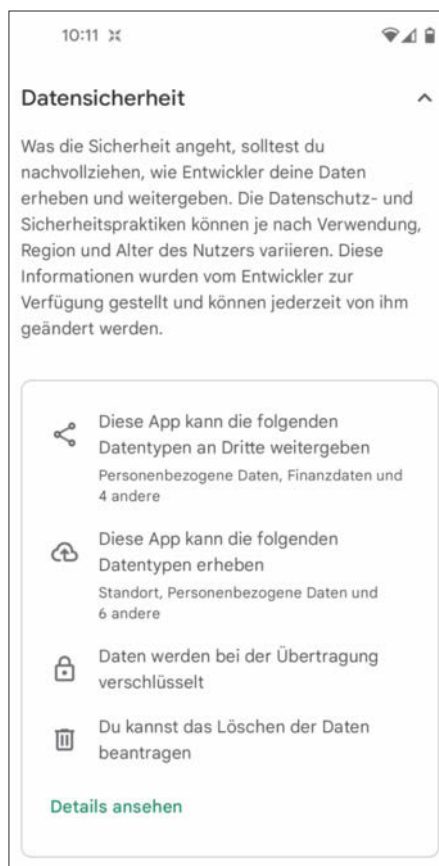
**Bisher konnte man vor der Installation nachlesen, welche Rechte eine App benötigt. Diese Kontrollfunktion hat Google nun entfernt und durch eine Datensicherheitsbeschreibung ersetzt.**

Von Jörg Wirtgen

Googles Play Store zeigt seit Kurzem die Berechtigungen nicht mehr an, die eine Android-App einfordert. Stattdessen bekommt man vor der Installation eine vom Entwickler selbst ausfüllbare Rubrik „Datensicherheit“ zu sehen. Betroffen sind die Android-App und die Webversion des Play Store.

Anhand der Berechtigungen einer App schätzen viele Nutzer vor der Installation die Risiken und den Datenschutz ein: Fordert beispielsweise eine Taschenlampen-App das Recht ein, SMS zu versenden oder auf Fotos zuzugreifen, darf man misstrauisch werden. Perfekt ist das System nicht, denn vielleicht nimmt es der Hersteller mit dem Datenschutz einfach nicht so genau, ohne etwas Böses im Schilde zu führen. Zudem ist der Zweck mancher Berechtigungen nicht sofort ersichtlich, weil die App wenig bekannte, aber sinnvolle Funktionen hat oder auch, weil das Berechtigungsmanagement von Android teils schwer nachvollziehbar ist: Beispielsweise benötigen die Apps von Kopfhörerherstellern die Standort-Berechtigung, um ihre Bluetooth-Kopfhörer zu finden. Ferner spiegeln die Berechtigungen nicht alle relevanten Informationen wider, beispielsweise die DSGVO-Konformität und welche Daten die App für welche Zwecke sammelt.

Insofern kann Googles neue Rubrik „Datensicherheit“ wichtige Zusatzinfos liefern, wenn man denn dem Entwickler zutraut, sie gewissenhaft auszufüllen – oder überhaupt. Zwar verpflichtet Google Entwickler, die Rubrik bis zum 21.7. zu füllen, doch bei Redaktionsschluss am selben Datum zeigten sich bei mehreren Apps leere Felder. Der bisherige Check der Berechtigungen soll aber gerade vor Entwicklern schützen, denen man nicht vollständig vertraut.



**Anstelle der von der App eingeforderten Systemrechte zeigt der Play Store nun Angaben des Entwicklers zur „Datensicherheit“.**

Das Verschwinden der Berechtigungsanzeige erinnert daran, dass Anfang des Jahres die Erklärungen im Play Store verschwanden, was App-Updates bewirken, und nur „Keine Information vom Entwickler“ zu lesen war. Doch die Texte kehrten nach ein paar Wochen zurück, offenbar handelte es sich um einen Bug in der Play-Store-App oder um einen temporären Test von Google. Nun aber scheint die Zahl der betroffenen Nutzer/Anwender und Regionen eher zuzunehmen. Nach deren Beschwerden ruderte Google dann aber zurück und erklärte auf Twitter, dass die Anzeige der Rechte wieder zurückkehren soll.

### Abhilfe

Die neue Darstellung im Play Store ändert nichts daran, dass man Apps auf dem Smartphone Berechtigungen gewähren und entziehen kann. Mittlerweile erfragen Apps ihre Berechtigungen aber nicht mehr pauschal bei der Installation, sondern wenn sie diese zum erste Mal benötigen. Das gilt bei neueren Android-Versionen und Apps, die aktuelle APIs nutzen. Deshalb schaut man besser direkt nach der Installation einer App (und vor dem ersten Aufruf) unter Einstellungen/Apps in deren Eigenschaften und dort in die Berechtigungen. Moderne Android-Versionen erlauben hier, einige Zugriffe nur einmalig zu erlauben oder jedes Mal nur auf Nachfrage. Gehen einem die Zugriffe zu weit, kann man die App noch vor der ersten Nutzung wieder deinstallieren.

Eine Alternative ist, den Google Play Store einfach zu umgehen. Eine Anlaufstelle ist der Store F-Droid, der nur Open-Source-Apps listet und sehr detailliert Auskunft gibt, welche Rechte Apps einfordern und weshalb. Dort bekommt man auch die App Aurora Store: Sie greift über ein anonymes Google-Konto auf Googles Play Store zu und pickt sich die Liste der angeforderten Berechtigungen dort heraus – die Liste scheint also noch vorhanden zu sein. Zudem gibt sie weitere Informationen zu jeder App preis, etwa unter dem Punkt „Datenschutz“, welche Tracker sie nutzt – in Zusammenarbeit mit Exodus Privacy (siehe c't 8/2022, S. 144). Ob Sie die App über diesen Store installieren oder nach erfolgter Prüfung über den Play Store, bleibt Ihnen überlassen. Weitere Tipps zu mehr Datenschutz unter Android finden Sie in c't 8/2022 ab Seite 64.

(spo@ct.de)



## 3D-Flash mit 232 Lagen für größere und schnellere SSDs

**Die neue Flash-Generation von Micron ist durch eine schnellere Schnittstelle für den Einsatz in SSDs mit PCIe 5.0 vorbereitet. Weitere Layer ermöglichen einen Kapazitätswachstum um rund 30 Prozent.**

Der amerikanische Hersteller Micron startet die Produktion seiner nächsten NAND-Flash-Version mit 232 Lagen. Wie üblich ist der Stack geteilt, in diesem Fall sind es jeweils 116 Lagen; darunter befindet sich die CMOS-Ansteuerung (CMOS unter Array, CuA). Micron steigert die Geschwindigkeit des Interfaces nach dem ONFI-Standard 5.0 auf 2,4 GByte/s, die reale Geschwindigkeit eines Dies soll beim Schreiben doppelt so hoch sein wie beim Vorgänger, beim Lesen verspricht Micron eine Beschleunigung um 77 Prozent. Die Leistungsaufnahme der Schnittstelle sinkt durch die Verringerung der Spannung um mehr als 30 Prozent.

Erstmals kommt laut Micron ein Design mit sechs Planes pro Die zum Einsatz, üblich sind bei NAND-Flash bislang maximal vier. Da Planes separat ansprechbar sind, gibt es weniger Kollisionen beim gleichzeitigen Lesen und Schreiben; die IO-Leistung im Mischbetrieb soll damit steigen.

Micron sieht sich durch die hohe Layer-Anzahl und die daraus resultierende hohe Speicherdichte als Vorreiter im NAND-Flash-Markt. Aktuell will Micron 3 Bit fassendes TLC-Flash mit einer Kapazität von 1 Terabit bauen, was bei 16 Dies in einem Chip eine Speicherkapazität von 2 TByte ergibt. Die resultierenden Chips belegen 11,5 mm × 13,5 mm und sind damit nach Unternehmensangaben 28 Prozent kleiner als die Vorgängerversion. Die ersten SSDs mit dem 232-Lagen-Speicher will Micron bereits in Kürze ausliefern, die Massenproduktion startet später in diesem Jahr. (ll@ct.de)

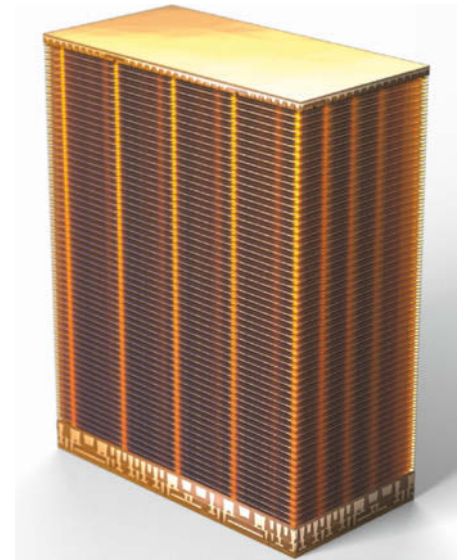


Bild: Micron

**Mehr als 200 Lagen NAND-Flash stapelt Micron in der neuen Version seines Speicherbausteins übereinander. Insgesamt ist der Turm weniger als einen Zehntel Millimeter hoch.**

## Damit Sie Ihre Arbeit erledigen. Nicht Ihre Arbeit Sie.

Ergonomische FlexScan-Monitore von EIZO: mit automatischer Helligkeitsanpassung, flexiblem Standfuß und entspiegeltem Bildschirm – für mehr Komfort am Arbeitsplatz. Mehr auf [eizo.de/ergonomie](https://eizo.de/ergonomie)



Working with the Best



# Microsoft-Sicherheitsregeln erschweren Linux-Boot

**Einige der „Secured-Core PCs“ mit stärker gegen Manipulation geschützter Firmware booten in Standardkonfiguration nur Windows 11. Bei einem Lenovo ThinkPad-Modell ist es besonders lästig. Darauf startet Linux dann nur über Umwege.**

Seit 2019 wirbt Microsoft für die sogenannten „Secured-Core PCs“ (SCPCs), deren UEFI-BIOS und Bootloader aufwendig gegen Manipulationen geschützt sind. Dabei handelt es sich vor allem um Business-Notebooks von Lenovo, HP, Dell und Fujitsu sowie von Microsoft selbst. Neue Vorgaben von Microsoft für die Werkzeugeinstellungen solcher SCPCs verhindern die Installation von Linux.

Die Linux-Boot-Blockade besteht darin, dass ein SCPC-BIOS mit Secure Boot starten muss und dabei keine Bootloader ausführt, die von der Microsoft UEFI Certification Authority signiert wurden. Diese Microsoft UEFI CA signiert aber auch die Zwischenbootloader („Shims“), die zum Starten von Linux via Secure Boot nötig sind (sofern im UEFI-BIOS nicht noch andere Schlüssel hinterlegt sind).

Die bisher betroffenen Notebooks unter anderem von Dell und Lenovo stellen im BIOS-Setup jedoch Optionen bereit, um der Microsoft UEFI CA zu vertrauen. Damit startet dann auch Linux. Anders beim Lenovo ThinkPad Z13 G1 (AMD), wo die UEFI-CA gänzlich fehlte. Zum Booten von Linux muss man erst umständlich eigene Schlüssel in der Firmware hinterlegen oder Secure Boot abschalten.

Die Linux-Boothürde beim ThinkPad-Modell hatte Linux-Experte Matthew Garrett entdeckt. Eigentlich war er auf der

Suche nach Auswirkungen des Microsoft-Pluton-Controllers, der in dem in diesem ThinkPad verbauten Ryzen-Mobilprozessor (Ryzen 6000U) steckt.

Das neuerliche Linux-Problemchen mit verstärkten Schutzmaßnahmen gegen böswillige Hacker illustriert wieder einmal die schwierigen Kompromisse zwischen hoher Sicherheit und Flexibilität. Microsoft orientiert sich beim SCPC-Konzept sowie beim Sicherheitscontroller Pluton offensichtlich an Apple-Konzepten wie dem T2-Controller, um Firmware, Bootloader und Betriebssystem möglichst gut zu schützen. Dabei geht es unter anderem darum, Manipulationen nachweisen zu können, etwa durch kryptografische Verfahren wie Remote Attestation (Measured Boot).

Dazu wiederum müssen alle beteiligten Code-Komponenten (Firmware, (UEFI-)Treiber, Bootloader ...) digital signiert sein und es kommt zusätzliche Hardware wie ein Trusted Platform Module (TPM) als Root of Trust zum Einsatz. Die-

ser enorme Aufwand zur Abdichtung von Malware-Einfallstoren beißt sich mit der Flexibilität, ein anderes Betriebssystem mit einer anderen kryptografischen Zertifikatskette installieren zu können.

Microsoft empfiehlt, bei Secured-Core PCs auch zahlreiche andere Schutzfunktionen gegen Malware zu aktivieren, darunter Virtualisierungs-basierte Sicherheit (VBS) mit Hypervisor-Protected Code Integrity (HVCI), Gerätesicherheit und Kernisolierung. Für die Windows-Defender-Funktion Credential Guard empfiehlt Microsoft schon länger, der Microsoft UEFI CA das Vertrauen zu entziehen.

Garrett zeigt Verständnis für legitime Sicherheitsbedenken, kritisiert aber, dass Microsoft einseitig die Kriterien anzieht. So habe doch die Community in Abstimmung mit Microsoft für alternative Bootloader einen Review-Prozess entwickelt. Dieser sei sicherer als die ungeprüften, aber weiter erlaubten Schlüssel der PC-Hersteller, bemängelt Garrett. (ciw@ct.de)



**Das Lenovo ThinkPad Z13 G1 mit AMD Ryzen 6000U bootet ohne Eingriffe kein Linux.**

Bild: Lenovo

## Linux-Kernel: Neue Firmware-Regeln nach Intel-Fauxpas

Der Maintainer des Linux-Grafik-Subsystems David Airlie war offensichtlich richtig sauer. Den Ärger löste ein **Patch von Intel für die Grafiktreiber der Alder-Lake-P-Prozessoren** aus. Mit dem für Linux 5.19 eingereichten Patch verlangt der Grafiktreiber, dass auch die GuC-Firmware aktualisiert wird (auf Version 70). Ohne die arbeitet die Grafik nur noch ohne Hardwarebeschleunigung. Das aber bricht mit einem der Grundsätze von Linus Torvalds:

Änderungen am Kernel dürfen Programme im Userspace nicht unbrauchbar machen („Never break the userspace“).

Als Konsequenz schlägt der Red-Hat-Entwickler David Airlie nun neue Firmware-Richtlinien vor, die das ungeschriebene Gesetz festschreiben. Änderungen am Kernel dürfen die User nicht zwingen, für bestehende Hardware neuere Firmware-Version zu installieren. Ausgenommen davon soll nur Hardware sein, die

noch in der Entwicklung oder nicht standardmäßig im Kernel aktiviert ist.

Der Patch war bereits Teil des sechsten Release Candidate von Linux 5.19. David Airlie war auf Intels Fauxpas erst durch einen Artikel im Onlinemagazin Phoronix aufmerksam geworden. Bis zu Redaktionsschluss war unklar, ob der strittige Patch vorerst rausfliegt oder noch angepasst wird. Linux 5.19 erscheint vermutlich erst Ende Juli. (ktn@ct.de)



## Chrome OS Flex ist fertig

**Google hat sein Chrome-Betriebssystem zum Selberinstallieren für den produktiven Einsatz freigegeben. Es ist vor allem praktisch, um alten Rechnern ein zweites Leben zu ermöglichen.**

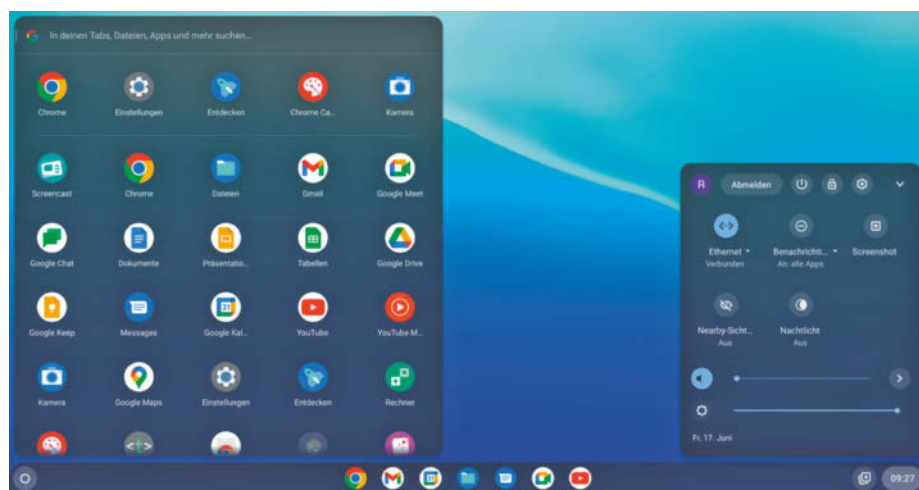
Google erachtet Chrome OS Flex als reif für die produktive Verwendung – daher hat das System am 14. Juli das Betastadium verlassen. Während das reguläre Chrome OS ausschließlich vorinstalliert auf Chromebooks und -boxen zu haben ist, gibt es Chrome OS Flex als kostenlosen Download.

Hervorgegangen ist es aus dem Chrome-OS-Klon CloudReady, dessen Herstellerfirma Neverware von Google Ende 2020 übernommen wurde. Das System ist ideal für Anwender geeignet, die

einen älteren PC mit einem schlanken Betriebssystem weiterverwenden möchten – und keine Schmerzen mit der Cloudver-zahnung haben, denn wie auch das normale Chrome OS lässt sich Flex nicht ohne Internetverbindung und Google-Benutzerkonto verwenden. Der aus Kundensicht wohl größte Unterschied zu Chrome OS: Die Flex-Variante unterstützt weder die Google Play Services noch die Ausführung von Android-Apps.

Wer Chrome OS Flex ausprobieren möchte, kann mit der Chrome-Erweiterung „Programm zur Chromebook-Wiederherstellung“ unter Windows, macOS und Chrome OS einen Setup-USB-Stick anfertigen, der sich auch als Live-System nutzen lässt. Eine detaillierte Anleitung finden Sie in c't 15/2022 ab Seite 158.

(jss@ct.de)



**Chrome OS Flex läuft auch auf schwacher Hardware, kann aber keine Android-Apps ausführen – anders als das reguläre Chrome OS.**

## Telemetrie-Monitor vom BSI

Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) hat den „System Activity Monitor“ (SAM) veröffentlicht, mit dem Anwender und Administratoren die Telemetriedatenerfassung von Windows 10 protokollieren können. Das Tool nutzt das Event Tracing for Windows (ETW) und kann die Windows-Ereignisanzeige befüllen. Damit eignet es sich auch für Firmennetzwerke, in denen die Logs eingesammelt und zentral ausgewertet werden. Einrichtung, Benutzung und alle Funktionen hat das BSI ausführlich dokumentiert.

Der SAM ist Teil des BSI-Projektes SiSyPHuS 10 („Studie zu Systemintegrität, Protokollierung, Härtung und Sicherheitsfunktionen in Windows 10“). Bekannt geworden ist die Studie vor allem durch eine Analyse und Bewertung verschiedener Methoden, um das Telemetrierhalten von Windows-10-Rechnern zu zügeln – inklusive einiger Handlungsanweisungen, um mit möglichst wenig Aufwand die Gesprächigkeit von Windows-Installationen einzudämmen.

(jss@ct.de)

**SAM-Dokumentation:** [ct.de/yk2a](https://ct.de/yk2a)

## Teamwork im Osten

Laura und Malte sind für Sie #NäherDran

Ihr schneller Draht zu Thomas-Krenn: Unsere Vertriebs-Buddies Laura Reischl & Malte Rosenberger sind direkte Ansprechpartner für unsere Kunden im Osten Deutschlands. Damit erreichen Sie mit Ihrem Anliegen nicht nur sofort unsere Zentrale in Südostbayern – auf Wunsch besuchen Sie unsere Server-Buddies auch vor Ort, um Ihre IT-Projekte zu besprechen!

**Ihre Buddies im Osten Deutschlands**  
#NäherDran



Buddy-Beratung unter:  
**thomas-krenn.com/ost**  
**+49 (0) 8551.9150-300**

**THOMAS KRENN®**

# Asahi Linux für Macs mit M2-Chip

**Das Asahi-Linux-Projekt macht Fortschritte bei der Portierung von Linux für die Apple-Silicon-Plattform. Ein neues Update bringt Bluetooth und stellt Kompatibilität mit M1-Ultra- und M2-Chips her.**

Kurz nach dem Marktstart der Macs mit M2-Prozessor hat das Asahi-Linux-Projekt bereits ein Update seiner Linux-Distribution veröffentlicht, die auf Macs mit Apple-CPU spezialisiert ist. In der neuen Version läuft Asahi Linux auch auf Macs mit M2- und M1-Ultra-Prozessoren. Eine erste Version mit Unterstützung für M1, M1 Pro und M1 Max hatte das Projekt bereits im März veröffentlicht. Mit dem neuen Update bedient Asahi nun Apples gesamte Produktpalette an Macs mit Apple-Silicon-Chips. Den Support von M2-Macs bezeichnet das Asahi-Team noch als experimentell. Interessierte müssen auf M2-Geräten den „Experten-Modus“ im Asahi-Installer aktivieren. Zudem sei die neue Version bislang ausschließlich mit dem M2 MacBook Pro 13 Zoll getestet. In einem Blogbeitrag (siehe [ct.de/y82w](https://ct.de/y82w)) listen die Entwickler weitere Einschränkungen auf. Beispielsweise funktioniert die Tastatur noch nicht im Bootloader und in GRUB.

## Linux on Apple Silicon

Asahi Linux aims to bring you a polished Linux® experience on Apple Silicon Macs.

[Learn more >](#)

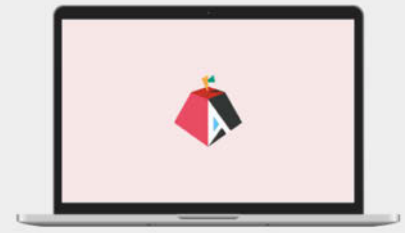


Bild: asahilinux.org

**Asahi Linux nutzt die ARM-Variante von Arch Linux als Basis. Das Asahi-Projekt hat es sich zum Ziel gesetzt, eine Linux-Distribution für Apple-Silicon-Macs zu schaffen.**

Neben der Unterstützung neuer SoCs kündigt das Entwickler-Team im Blogbeitrag weitere Verbesserungen an. Das Update ermöglicht erstmals die Nutzung des Bluetooth-Adapters mit Asahi Linux. Während WLAN bereits seit dem ersten Alpha-Release funktioniert, erschwerte ein exotisches PCIe-Interface das Reverse Engineering und die Entwicklung eines Bluetooth-Treibers. Laut Asahi bestehen aber noch Probleme, wenn gleichzeitig eine Bluetooth- und eine WLAN-Verbindung im 2,4 GHz-Band bestehen. Die Entwickler raten als Workaround dazu, WLAN zu deaktivieren oder exklusiv das 5 GHz-Band

zu nutzen. Fortschritte gebe es außerdem bei der Entwicklung des Grafik-Stacks. Die Fertigstellung des Treibers dürfte jedoch noch einige Zeit in Anspruch nehmen.

Nutzer, die bereits Asahi Linux auf ihren Macs installiert haben, bekommen die neuen Features als gewöhnliches Systemupdate. Asahi Linux ist bislang nur als Alpha-Version verfügbar und richtet sich in erster Linie an Entwickler und Early-Adopter. Für den Alltagsbetrieb eignet sich der Ableger von Arch Linux noch nicht. ([ndi@ct.de](mailto:ndi@ct.de))

**Blogbeitrag mit Hintergründen:**  
[ct.de/y82w](https://ct.de/y82w)

## Google bevorzugt Linux mit Rolling-Release-Model

Die Distribution, die Googles Ubuntu LTS („Goobuntu“) beerbt hat, baut auf dem „Testing“-Zweig von Debian auf und heißt gLinux („Rodete“). Google setzte bei Linux-Arbeitsplätzen lange eine modifizierte Variante von Ubuntu LTS (Long Term Support) ein. In einem ausführlichen Blogbeitrag erklärt das Unternehmen jetzt die Gründe für den 2018 erfolgten Umstieg auf ein Rolling-Release-Modell. Während der lange Support-Zeitraum des Ubuntu-LTS zunächst attraktiv schien, ging das Upgrade von über 100.000 Geräten zum Ende des Lebenszyklus stets mit erheblichem Aufwand einher. Trotz Bemühungen, den Prozess zu automatisieren, nahm das umfangreiche Upgrade aufgrund von Bugs und Support-Anfragen laut Google den Großteil eines Jahres in Anspruch.

**Upstream-Releases stehen nun deutlich schneller bereit.** Nachdem sie einen automatisierten Build- und Testworkflow durchlaufen haben, werden die Pakete im Wochenrhythmus beim gewöhnlichen Systemupdate ausgespielt. Ein Prozent der Systeme erhalten das Update als sogenanntes Canary-Deployment. Wenn dabei keine Probleme auftreten, ziehen die restlichen Systeme kurze Zeit später nach.

Laut Google spare das neue Verfahren nicht nur Aufwand und ermögliche Google-Mitarbeitern die Nutzung neuester Software, sondern verbessere auch die Sicherheit der Systeme, weil Sicherheitslücken schneller gefunden und geschlossen werden. Die Entwickler wollen zukünftig enger mit dem Debian-Projekt kooperieren und interne Patches Upstream zur Verfügung stellen. ([ndi@ct.de](mailto:ndi@ct.de))

## Kurz & knapp

Der bisherige Leiter der Sparte Produkte und Technologie, **Matt Hicks**, beerbt **Paul Cormier** als CEO bei Red Hat. Cormier nimmt zukünftig den Posten des Vorstandsvorsitzenden ein. Cormier hatte die Umstrukturierung des Unternehmens hin zum Enterprise-Geschäft maßgeblich mitgestaltet.

Google Cloud bietet jetzt **angepasste Images der CentOS-Alternative Rocky Linux**. „Rocky Linux Optimized for Google Cloud“ bekommt einen modifizierten Kernel und Module, um beispielsweise Googles virtuelle Netzwerkschnittstelle (gVNIC) zu nutzen. Dabei soll die Rocky-Linux-Variante weiter zu RHEL kompatibel bleiben.





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



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

**Jetzt gleich bestellen:**

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

 +49 541/80 009 120

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

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

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

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





Bild: Thomas Kühlenbeck

# Rausgerutscht

## Datenleck in Österreich durch Azure-Workflow

**Interne Links einer Microsoft-Azure-Anwendung sind in den Suchindex von Bing geraten – personenbezogene Daten waren dadurch öffentlich einsehbar. Eine Spurensuche offenbart, wie schnell vermeintlich geheime Links zum Sicherheitsrisiko werden – nicht nur bei Azure.**

Von Jan Mahn

Das soll so nicht sein, dachte sich ein c't-Leser Mitte Juni, als er in seiner bevorzugten Suchmaschine DuckDuckGo nach etwas ganz anderem gesucht hatte und die Suchergebnisse sah. In Kombination mit dem Suchwort „ifa“, unter dem man eher Treffer zur Funkausstellung in Berlin erwarten würde, fand er DIN-A4-Seiten im Querformat, betitelt mit „Klientenkarte“.

Die Bögen enthielten je ein Foto sowie diverse personenbezogene Daten wie Geburtsdatum, Sozialversicherungsnummer und Verwandtschaftsverhältnisse. Auch ein Bezug zum ursprünglichen Suchbegriff war vorhanden: Die Dokumente waren

jeweils mit einer individuellen Nummer namens IFA versehen. Was es damit auf sich hatte, verriet den Dokumenten nicht. Unser Leser verfeinerte seine Suchanfrage und konnte DuckDuckGo sowie Microsofts Suchmaschine Bing (aus deren Daten sich auch DuckDuckGo bedient) dazu bringen, eine ganze Ergebnisseite mit solchen ominösen Klientenkarten auszuspielen. Mit diesen Erkenntnissen und der Suchanfrage wandte er sich an die c't-Redaktion.

Wir konnten das Problem bestätigen und machten uns auf die Suche nach dem Verantwortlichen für diese offenbar nicht geplante Veröffentlichung. Doch es war gar nicht so einfach, einen Betreiber auszumachen. Wo eine IFA als eindeutige Nummer verwendet wird, konnten wir mit einer Websuche nicht ergründen, und auch die Domain half nicht weiter: Die Klientenkarten lagen auf einer Subdomain von westeurope.logic.azure.com und waren Bestandteile von Microsofts Produkt „Azure Logic Apps“. Damit können Firmen und Behörden Arbeitsabläufe digitalisieren – Formulare, Freigabeprozesse, Listen und Auswertungen.

Vieles sprach dafür, dass irgendjemand seine Klienten über einen solchen Azure-Workflow verwaltet und die veröffentlichten A4-Dokumente ein End- oder Zwischenergebnis eines Verwaltungsprozesses sind. Ein Name des Betreibers war in der Azure-Adresse und in den Dokumenten nicht enthalten, wir mussten also weitersuchen.

Doch wer nennt seine Kunden schon „Klienten“, ein Anwalt vielleicht? Auffällig war die Nationalitäten der Klienten – vor allem Syrer und Afghanen. Das deutete darauf hin, dass es sich um ein Verfahren zur Registrierung von Geflüchteten handeln könnte. Also kontaktierten wir die für uns naheliegendste Adresse, das deutsche Bundesamt für Migration und Flüchtlinge. Vielleicht hatten wir eines ihrer Systeme gefunden. Und selbst wenn nicht, könnten sie vielleicht immerhin verraten, was eine IFA-Nummer ist und zu welcher Organisation sie gehört.

Die Pressestelle des Bundesamtes meldete sich umgehend telefonisch und berichtete von einer eifrigen internen Suche nach der Herkunft der Datensätze. Das Fazit der Recherche: Aus Deutschland könnten die Datensätze sicher nicht stammen, das Bundesamt nutze keine Azure-Cloud-Produkte und auch eine zehnstellige Sozialversicherungsnummer auf den



Dokumenten passe nicht nach Deutschland. Einen heißen Tipp hatte man doch für uns: Der Begriff „Klient“ und die Sozialversicherungsnummer könnten nach Österreich gehören. Die deutschsprachige Schweiz hatten wir zuvor bereits ausgeschlossen, weil die Dokumente ein ß enthielten, und so folgten wir der Spur nach Wien.

### Spurensuche in Österreich

Unsere nächste Anfrage ging daher ans österreichische Bundesministerium für Inneres (BMI), dem das Bundesamt für Fremdenwesen und Asyl unterstellt ist. Volltreffer: Am nächsten Tag meldete sich der Pressesprecher telefonisch und bestätigte, dass man den Verursacher ausgemacht habe, und zwar die Bundesagentur für Betreuungs- und Unterstützungsleistungen (die BBU GmbH mit der Republik Österreich als einziger Gesellschafterin). Sie ist verantwortlich für die Betreuung und Beratung von Asylbewerbern und hat zur Registrierung ein On-

line-Verfahren auf Basis von Azure entwickeln lassen.

Nach unserem Hinweis begann das Unternehmen direkt mit der Fehlerbeseitigung und bestätigte uns später: „Wir haben von den einsehbaren Daten am Mittwoch, den 21. Juni 2022 um 09:40 Uhr erfahren und konnten diese Einsicht bereits am selben Tag um 10:18 Uhr schließen.“ Das deckt sich mit unseren Beobachtungen. Doch ein Problem blieb bestehen: Die Suchmaschinen Bing und DuckDuckGo zeigten die Treffer weiterhin an, auch wenn die verlinkten Seiten nicht mehr erreichbar waren. Und in der Vorschau der Suchergebnisse standen ausgerechnet alle personenbezogenen Daten der Betroffenen als Fließtext hintereinander.

Am Telefon schilderte uns der Sprecher der BBU, was hinter den Kulissen passierte: Das Unternehmen, das den Azure-Workflow eingerichtet hatte, betreute noch andere Azure-Workflow-Kunden und stehe schon in Kontakt mit Micro-

soft. Kern der Untersuchung sei die Frage, ob es vielleicht ein generelles Problem gebe und über eine problematische Microsoft-interne Abkürzung massenhaft vertrauliche Links bei Microsofts Suchmaschine Bing landen. Eine Robots.txt-Datei, über die Suchmaschinen für gewöhnlich an Links kommen und die Seiten in den Index aufnehmen, konnte man nicht finden, auch keine anderen Anzeichen für systematisches Indexieren von Azure-Workflow-Links. Der Kontakt zu Microsoft war aber für ein anderes Problem nützlich: Die verwaisten Einträge im Bing-Suchindex verschwanden nach zwei Tagen spurlos. Für das Entfernen von Daten aus Suchmaschinenindexen ist das ein rasantes Tempo.

### Arbeitshypothese

Einen grundsätzlichen Konfigurationsfehler konnten die Forschungen von BBU und der Microsoft-Partnerfirma nicht aufdecken, nur eine recht plausible Arbeitshypothese liefern. Die von der Suchmaschine

# Als Senior Softwareentwickler schreibst Du ja auch keine überflüssigen Zeilen.

## Deshalb kurz und knapp:

Wir suchen Dich als **Senior Softwareentwickler für wissenschaftliche und industrielle Mikroskopie Software Produkte (m/w/x)**. In dieser Expertenrolle löst Du komplexe und spannende Entwicklungsaufgaben für relevante Produkte in einer modernen Arbeitsumgebung. Dein Job ist in **München oder Rostock**, das kollegiale Umfeld und die Konditionen werden Dir gefallen. **Wir freuen uns auf Deine Bewerbung.**



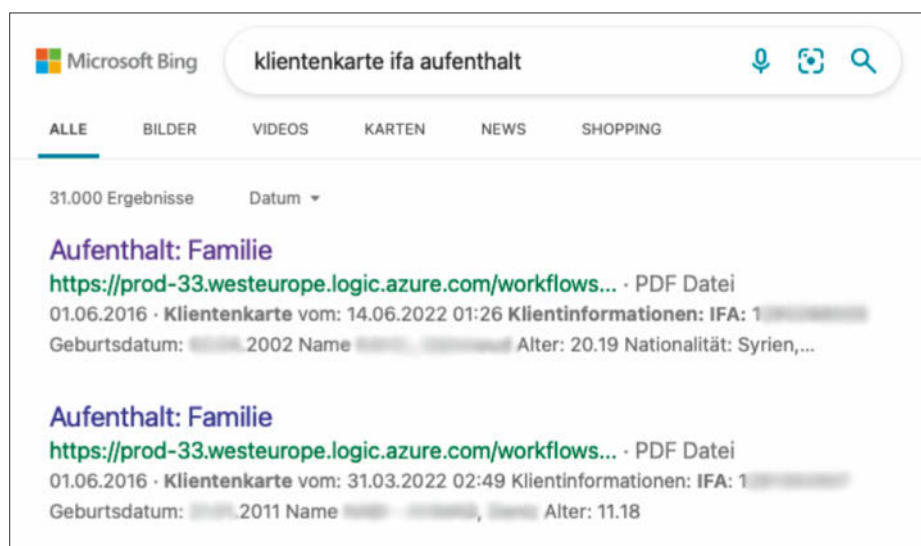
zeiss.de/sw-entwickler-mikroskopie-muenchen



zeiss.de/sw-entwickler-mikroskopie-rostock



Seeing beyond



**Waren nicht für die Öffentlichkeit bestimmt: Bei Bing tauchten Klientenkarten mit personenbezogenen Daten auf. Laut Domain waren sie Teil eines Workflows bei Microsoft Azure.**

verpetzten Links zeigten nicht nur eine Klientenkarte an, sie dienten auch als Trigger, um den nächsten Schritt im Registrierungsprozess anzustoßen. Eigentlich waren sie nicht dafür gedacht, im Browser geöffnet zu werden. Weil Mitarbeiter der BBU diese Schritte aber ab und zu per Hand auslösen mussten, könnten sie die Adressen, so die Theorie, manuell im Browser geöffnet haben – konkret in Microsoft Edge, dem Standardbrowser der BBU. Genau dieser Schritt könnte das Leck verursacht haben.

Wie wir nachstellen konnten, reicht ein einziges Zeichen vor dem `https://` einer URL, und Edge interpretiert eine Eingabe in der Adresszeile nicht als URL, sondern als Suchanfrage für Bing. Ein solches Zeichen ist beim händischen Kopieren und Einfügen schnell falsch kopiert und genug solcher Suchanfragen könnten Bing veranlassen, die eigentlich vertrauliche Adresse zu indexieren.

Kurzerhand probierten wir selbst, eine bisher garantiert von niemandem indexierte URL mit der Beschreibung eines eigens erfundenen Fantasieters auf diesem Weg in den Bing-Index zu schleusen. Doch auch wiederholtes Suchen nach der URL mit mehreren Kollegen und verteilt über mehrere Tage konnte Bing nicht dazu bringen, die Seite zu indexieren. Die Arbeitshypothese der BBU, dass der Suchschlitz von Edge die undichte Stelle war, können wir damit weder bestätigen noch widerlegen; sie wirkt aber durchaus plausibel, weil nur Bing und nicht Google diese Daten fand.

Herausfinden konnten die Betreiber am Ende der Analyse, wie viele Datensätze betroffen waren: „Die anschließende Untersuchung durch ein internationales Expertenteam hat ergeben, dass aufgrund des spezifischen Verhaltens eines Workflows tatsächlich Daten von insgesamt 35 Asylsuchenden auf einigen Suchmaschinen zu finden waren. Für weitere Fälle wurden keine Indizien gefunden“, schrieb uns die BBU in ihrer abschließenden Stellungnahme. Die österreichische Datenschutzbehörde habe man über den Abfluss der Daten informiert.

## Grundsatzproblem

Der Fall wirft ein Schlaglicht auf ein vielfach genutztes technisches Konzept und zeigt seine Schwächen auf: URLs, die etwas auslösen, Daten generieren oder anzeigen und die nur durch einen „geheimen“ Adressbestandteil geschützt sind, gibt es nicht nur bei Azure Logic Apps. Bei vielen Dateiablageplattformen einschließlich Nextcloud und Google Drive gibt es eine Möglichkeit, Links mit lesendem oder schreibendem Zugriff zu erzeugen und an andere zu verschicken.

Das Prinzip: Wer den Link kennt, darf zugreifen, man muss ihn also wie ein Geheimnis behandeln. Abgesichert ist das Konzept nur dadurch, dass der geheime Adressbestandteil ausreichend lang und zufällig generiert ist. Diese Bedingung gilt auch für die gefundenen Azure-Links, die nicht zu erraten waren.

Die Tücken lauern allerdings an vielen Stellen: Erste Schwachstelle ist der

Mensch, der die vertraulichen Links vielleicht nicht allzu vertraulich behandelt. Sie werden (wie möglicherweise in diesem Fall) in Suchschlitze von Suchmaschinen eingetippt, an andere weitergeleitet, in cloudsynchronisierten Lesezeichenlisten gespeichert oder aus Bequemlichkeit aus der Firma ans private Mobiltelefon geschickt. Außerdem landen sie im Verlauf von Browsern und in Caches und können dort schlimmstenfalls von Unbefugten gelesen werden. Kurzum: Mit Links stellen viele Nutzer Dinge an, die sie mit ihren Passwörtern eher nicht machen würden.

## Was tun?

Sollte man Adressen mit integrierten Geheimnissen also verteufeln und sich für ihre Ächtung einsetzen? Ganz so drastisch muss man vielleicht nicht vorgehen. Wer als Admin oder Entwickler Software mit solchen URLs bereitstellt, sollte aber gut abwägen, ob es sicherere Alternativen gibt und diesen den Vorzug geben. Sofern möglich sollten Abfragen immer nur nach Anmeldung mit Benutzername und Passwort gelingen, am besten abgesichert mit einem zweiten Faktor. Sobald personenbezogene Daten im Spiel sind, ist deren Schutz wichtiger als der Komfortgewinn durch eine gesparte Anmeldung.

Auch aus dem Grundsatz-Kompendium des BSI (siehe [ct.de/y8ct](https://www.bsi.bund.de/ct.de/y8ct)) kann man eine Pflicht ableiten, solche URLs mit Geheimnissen durch eine Benutzeranmeldung zu ersetzen. Im Abschnitt ORP.4 zu „Identitäts- und Berechtigungsmanagement“ heißt es: „Der Zugang zu schützenswerten Ressourcen einer Institution ist auf berechnete Benutzer und berechnete IT-Komponenten einzuschränken. Benutzer und IT-Komponenten müssen zweifelsfrei identifiziert und authentisiert werden.“ Mit anonymen Links, die womöglich von mehreren Mitarbeitern genutzt und fleißig umher kopiert werden, ist das definitiv nicht gewährleistet.

Wenn für eine Anwendung wirklich nur eine solche „geheime“ URL infrage kommt, kann man das Risiko für Missbrauch immerhin dadurch minimieren, dass man die Links nur in dem überschaubaren Zeitfenster funktionieren lässt, in dem sie unbedingt gebraucht werden – und keine Minute länger. (jam@ct.de)

**BSI-Grundsatzkompendium:**  
[ct.de/y8ct](https://www.bsi.bund.de/ct.de/y8ct)



# Größte DIY-Technik- Messe

**Hannover**

**Maker Faire®**

Das Format für  
Innovation und  
Macherkultur

**10.–11. Sept.**

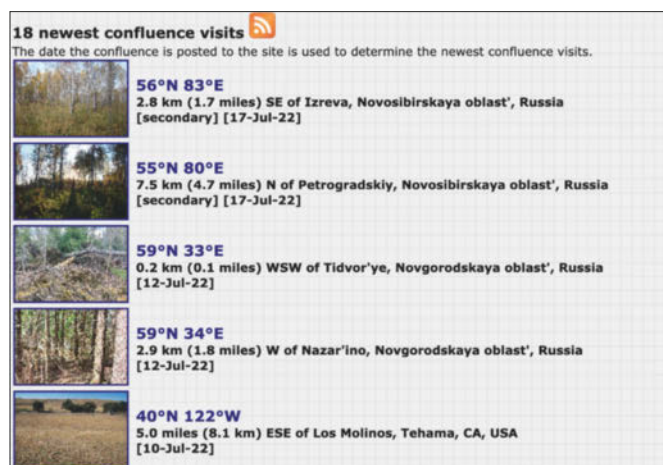
**Hannover Congress Centrum**

**maker-faire.de**

## Länge, Breite, Foto

<https://confluence.org>

Landkarten zeigen den Reiz der Erdoberfläche nur unvollständig. Bereits 1996 hat Alex Jarrett aus Massachusetts daher das (englischsprachige) **Degree Confluence Project** ins Leben gerufen. Menschen aus aller Welt posten dort Fotos, die sie an den Schnittpunkten der ganzzahligen Längen- und Breitengrade aufgenommen haben – dabei bezeichnet Jarrett 9743 der insgesamt 64.442 Orte als „primär“ und damit uneingeschränkt fotowürdig. Sie liegen vor allem an Land oder landnah.



Uploader sollen zu ihren Fotos stets eine kleine Geschichte erzählen; wie die Projektteilnahme funktioniert, erklärt die umfangreiche FAQ. Die Geschichten geben den Bildern einen persönlichen Touch und laden umso mehr zum Stöbern ein. Das kann man prima mit dem Ratespiel verbinden, bei dem man anhand des Fotos den Ort bestimmen soll und sich diesem mithilfe von Hinweisen zu Entfernung und Himmelsrichtung annähert.

c't hat das Projekt zuletzt im Jahr 2001 in dieser Rubrik vorgestellt. Ihren Reiz hat die Website mit unverändertem Neunziger-Charme noch verstärkt: Waren es damals einige hundert besuchte Orte, zählt die Seitenstatistik mittlerweile 6600 primäre Schnittpunkte in 195 Ländern, die 13.000 Besucher auf mehr als 130.000 Fotos dokumentiert haben. (mon@ct.de)

## Reden über Geschichte

<https://anno-punktpunktpunkt.de>

Die moderne Geschichtswissenschaft hat weitaus mehr zu bieten als Jahreszahlen und die großen Taten noch größerer Fürsten, Staatsmänner und Generäle. Das zeigen nicht nur gute Fernsehdokumentationen. Auch umfangreiche Forschungsarbeiten lassen sich in einem geeigneten Format durchaus verständlich und spannend präsentieren, so wie im Blog und insbesondere Podcast **Anno PunktPunktPunkt** von Philipp Janssen.

Janssen spricht dazu in jeder Folge mit seinem Gast über dessen Projekt. Die Themen sind vielfältig und reichen von Sozial- und Kulturgeschichte bis hin zur modernen Militärgeschichte.

torik. Auch Folgen zur Geschichte der IT finden sich, so beispielsweise zu „Hackern in Ost- und Westdeutschland“, einem Promotionsprojekt der Nachwuchswissenschaftlerin Julia Gül Erdogan. Ihr Kollege Nico Nolden wiederum hat sich mit „Geschichte und Erinnerung in Computerspielen“ beschäftigt.

Systematisch und verständlich befragt Janssen seine Gesprächspartner in über 80 Ausgaben, wie sie zu ihrem Thema gefunden haben, welche Methodik und Fragestellungen sie zugrunde legen und zu welchen (Zwischen-)Ergebnissen sie gekommen sind – so stellt Erdogan das tradierte Bild des sinistren Hackers infrage und hebt stattdessen hervor, dass die Szene in den Achtzigerjahren Pionierarbeit in Sachen Datensicherheit und Datenschutz geleistet hat. (mon@ct.de)

## Woher kommt der Strom?

<https://smard.de>

In Zeiten der Energiekrise sind handfeste Daten unverzichtbar. Für Stromerzeugung und -verbrauch ist die Website **SMARD** („Strommarktdaten“) der Bundesnetzagentur ein nützlicher Anlaufpunkt. Bereits die Startseite präsentiert auf einen Blick den aktuellen Gesamtstromverbrauch, den Großhandelsstrompreis sowie die Strommenge, die konventionelle und erneuerbare Kraftwerke erzeugen, und schlüsselt diesen nach Energieträgern für die vorherigen zehn Tage auf.

Will man es genauer wissen, besorgt man sich unter „Marktdaten visualisieren“ die Werte für beliebige Zeiträume oder lässt sich die installierte Erzeugungsleistung anzeigen – und sieht dort Blau auf Weiß, dass beispielsweise der Nettozubaubau bei Onshore-Windkraft seit 2018 nur noch langsam ansteigt. Unter „Deutschland im Überblick“ kann man unter anderem abrufen, wie viel Strom einzelne Kraftwerke ab einer Erzeugungsleistung von 100 Megawatt gerade einspeisen.



In unregelmäßigen Abständen postet die Bundesnetzagentur außerdem Artikel zu aktuellen Entwicklungen, insbesondere den Quartals- und Jahreszahlen. Unter „Strommarkt erklärt“ findet man flankierende Beiträge zu den Zahlen, die beispielsweise die Preisbildung auf dem Großhandelsmarkt oder den grenzüberschreitenden Stromhandel erklären. (mon@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: [ct.de/ys27](https://ct.de/ys27)





**Die Heise-Konferenz  
für Speichernetze und  
Datenmanagement**

**13. und 14. Oktober 2022  
in München**

**Jetzt Early-  
Bird-Rabatt  
nutzen!**

## **Der Treffpunkt für Storage-Anwender**

Die storage2day bietet Ihnen aktuelle **Informationen** und **Inspiration** sowie viel Raum für **anregende Gespräche** und **Networking** mit Gleichgesinnten.

Bringen Sie sich auf den aktuellen Stand bei Themen wie Storage-Architekturen, Security, Ransomware, Backup & Recovery, Storage-Performance, NVMe, DAOS ...

Lernen Sie, wie Sie Ihre Speicherkonzepte effizienter und sicherer gestalten, und schauen Sie mit uns auf die Trends von morgen.

**[www.storage2day.de](http://www.storage2day.de)**

Platinsponsoren



Goldsponsoren



Veranstalter



# Pannenserie mit Uhr

## Samsung Galaxy Watch auf Reparatur-Odyssee



**Wenn eine neue Smartwatch den Betrieb immer wieder unmotiviert einstellt, sollte man erwarten, dass der Hersteller für Abhilfe sorgt und das Gerät repariert oder austauscht. Doch bei Samsung zog man es vor, den Kunden zunächst hinzuhalten und später komplett zu ignorieren.**

Von Georg Schnurer

**P**atrick M. wollte seiner Ehefrau zu Weihnachten 2019 ein besonderes Geschenk machen. Eine Smartwatch vom Typ „Samsung Galaxy Watch 42 mm“ schien ihm für seine sportive Partnerin genau das Richtige zu sein, weshalb er die Uhr am 22. November 2019 direkt im Samsung-Shop orderte. Die Uhr traf ein, und Weihnachten war die Freude über den neuen Fitnessbegleiter groß.

Zunächst tat die neue Uhr, was versprochen war. Doch im August 2021 streikte der Kleincomputer am Handgelenk immer öfter: Beim Fahrradfahren wurde die Durchschnittsgeschwindigkeit plötzlich nicht mehr erfasst und bei anderen Aktivitäten unterbrach die Uhr die Erfassung immer wieder ohne erkennbaren Grund. Patrick M. versuchte zunächst, die

Probleme selbst zu beheben: Er setzte die Software der Uhr zurück und spielte die neuesten Updates ein. Doch es half nicht, die Uhr arbeitete weiterhin unzuverlässig.

### Reklamation Nummer eins

Also wandte er sich am 9. August 2021 über das Kontaktformular von Samsung an den Support, schilderte die Probleme und bat um Unterstützung. Zwei Tage später antwortete ihm Manuel K. vom Customer Communication Center. Er möge die Uhr doch bitte zur Überprüfung an Samsung senden. Die Reparatur könne er bequem über die Samsung-Webseite buchen.

Sofort buchte der Kunde einen Reparaturauftrag und erhielt die Versandunterlagen. Vier Tage später war die defekte Uhr bei Samsung. Die Überprüfung und Reparatur dauerte nur drei Tage, dann meldete Samsung den Rückversand. Sofort überprüfte Frau M. die Uhr und beobachtete sie bei diversen sportlichen Aktivitäten. Doch die reklamierten Fehler waren nach wie vor vorhanden: Wählte sie die Funktion Schwimmen, so erfasste die Uhr zunächst die sportliche Aktivität, schaltete sich aber reproduzierbar nach 44 Minuten ab. Ähnliches beobachtete die Sportlerin auch bei anderen Aktivitäten.

Notgedrungen bat Patrick M. den Samsung-Support am 25. August 2021 erneut um Hilfe. Wieder wurde er aufgefordert, die Uhr an den „Smart Repair Service“ von Samsung zu senden. Am 31. August fand Patrick M. Zeit, die Uhr via UPS auf den Weg zu bringen. Einen Tag später traf die Galaxy Watch beim Service ein und schon am 8. September 2021 befand sie sich wieder auf dem Weg zum Kunden. Dieses Mal prüfte Frau M. die Uhr nicht sofort, doch Anfang Oktober stand fest: Die bereits bei der ersten Reklamation beanstandeten Fehler waren immer noch vorhanden.

### Reklamation Nummer drei

Am 11. Oktober ging die Uhr erneut auf Reisen, wurde von Samsung begutachtet und am 14. Oktober angeblich repariert an den Kunden zurückgesendet. Erneut mach-



te sich Frau M. daran, die Funktion der Uhr bei diversen sportlichen Aktivitäten sorgsam zu beobachten. Das Ergebnis: Alle Fehler waren auch nach dem dritten Reparaturversuch noch immer vorhanden.

So langsam hatte Patrick M. die Nase voll von Samsungs vermeintlichen Reparaturversuchen. Also wandte er sich per Chat an den Samsung-Support und fragte nach, wie es denn nun weitergehen soll. Man riet ihm, sich telefonisch mit dem Samsung-Shop in Verbindung zu setzen. Dort werde man ihm sicher weiterhelfen. Doch die Shop-Hotline fühlte sich für das Problem des Kunden nicht zuständig. Er müsse sich an die Beschwerdhotline wenden. Die versprach mehrfach einen Rückruf, doch es geschah nichts. Also schrieb Patrick M. den Shop per E-Mail an, schilderte sein Problem und bat um Lösungsvorschläge.

Am 10. November 2021 bat David D. vom Samsung-Support den Kunden, die drei Reparaturberichte zu den erfolglosen Nachbesserungsversuchen einzusenden. Dem Wunsch kam Patrick M. sofort nach und am 24. November bot David D. dem Kunden eine Rückabwicklung des Kaufs an. Er sollte die 179 Euro, die er 2019 für die Uhr bezahlt hatte, auf das bei der Bestellung verwendete PayPal-Konto gutgeschrieben bekommen.

## Wartezeit

Nachdem er nichts weiter von Samsung gehört hatte, fragte Patrick M. am 7. Dezember 2021 nach, wann er denn mit der Rückerstattung rechnen könne. Kurz vor Weihnachten, am 21. Dezember 2021 bat ihn Danijela M. um Geduld und wünschte eine besinnliche Weihnachtszeit.

Weihnachten und Silvester vergingen, und es geschah – nichts. Also war es am 15. Januar 2022 erneut an Patrick M., sich nach dem Verbleib der Erstattung zu erkundigen. Dieses Mal kam sofort Antwort. Roy K. von Samsungs Service-Team entschuldigte sich für die lange Wartezeit und bat erneut um Geduld. Zudem forderte er die ursprüngliche Bestellnummer der Uhr an. Der Kunde lieferte, und Samsung bat – dieses Mal in Person von Romeo M. – am 17. Januar erneut um Entschuldigung. „Wir geloben uns zu bessern so schnell wie möglich und die Angelegenheit beenden“, hieß es in der E-Mail.

Doch von Besserung war nichts zu erkennen – Samsung blieb auf Tauchstation.

Die nächste Bitte um ein Update beantwortete Samsung am 10. Februar 2022. Die zuständigen Kollegen würden sich schnellstmöglich mit ihm in Verbindung setzen, versprach nun Jenny F. aus Schwalbach. Es folgten weitere Vertröstungen und am 18. Februar war dann bei Samsung aus Patrick M. eine Frau M. geworden, die man erneut um Geduld bat.

Dann, am 25. April 2022, schien endlich Bewegung in die Angelegenheit zu kommen: Samsungs Online-Shop-Team forderte die Anschrift des Kunden, seine Bankverbindung und alle Reparaturberichte an. Zwar hatte Patrick M. all diese Daten bereits an Samsung übermittelt, doch wenn es hilft, schickt er sie halt noch einmal.

## Fall abgeschlossen

Das Versenden der Daten half, wenn auch anders als erwartet: Samsung ließ ihn wissen, dass sein Anliegen abgeschlossen sei. In den verlinkten Informationen las der Kunde nur, dass das Ticket geschlossen wurde. Geld hatte er freilich nicht erhalten und die Smartwatch war nach wie vor defekt. Kurzerhand eröffnete er das Ticket erneut, woraufhin es Samsung am 5. Mai 2022 erneut schloss – wieder ohne Angabe von Gründen. Das Spiel wiederholte sich und am 7. Mai forderte Samsung erneut die bereits mehrfach erhaltenen Daten an. Kurz darauf wurde das Ticket wieder ergebnislos geschlossen.

Der Kunde protestierte aufs Neue und am 10. Mai 2022 kam dann der Hammer: Samsung ließ den Kunden wissen, dass die gesetzliche Gewährleistungsfrist bereits am 26. November 2021 abgelaufen sei. Deshalb könne man ihm nur eine Zeitwertgutschrift für die Kaufrückabwicklung anbieten. Wenn er damit einverstanden sei, möge er das bitte per E-Mail kundtun. Wie hoch die Gutschrift ausfallen werde und warum Samsung der Meinung war, dass eine Reklamation am 9. August 2021 außerhalb der Gewährleistungszeit sei, behielt das Unternehmen für sich. Also bat Patrick M. die c't-Redaktion um Unterstützung.

## Nachgefragt

Wir arbeiteten uns durch die umfangreiche Korrespondenz zwischen dem Kunden und dem Samsung-Support und konnten so die Darstellung von Patrick M. bestätigen. Es klingt fast so, als hätte der Samsung-Support die Reklamation nur in

die Länge gezogen, um letztlich nicht für den vollen Schaden geradestehen zu müssen. Wir baten das Unternehmen um Stellungnahme.

Samsung bedauerte, dass der Kunde mit dem Gerät nicht zufrieden war und entschuldigte sich für etwaige Unannehmlichkeiten. Nachdem der Kunde den Fehler erstmals innerhalb der Gewährleistungszeit reklamiert hatte, werde ihm nun auch der komplette Kaufpreis erstattet. Aufgrund eines internen Fehlers sei der dazu erforderliche Prozess aber erst nach Ablauf der Gewährleistungszeit angestoßen worden, weshalb man eine Zeitwerterstattung angeboten habe.

Das Schließen der Support-Tickets erklärte Samsung damit, dass diese Tickets stets automatisch geschlossen würden, wenn der Kundenfall über das Retourensystem abgewickelt werde. Dass dieses Vorgehen zu Irritationen beim Kunden geführt habe, bedaure man. Den vom Kunden beschriebenen Fehler habe man nicht reproduzieren können, da er wohl erst nach längerer Zeit auftaucht, ließ uns Samsung noch wissen. Leider wird das in den Reparaturberichten nicht so dargestellt. Dort liest der Kunde vielmehr, dass der Fehler beseitigt worden sei.

## Ende gut?

Patrick M. war erleichtert, als wir ihm das Ergebnis unserer Nachfrage bei Samsung mitteilten. Tatsächlich meldete sich kurz darauf der Samsung-Support bei ihm und bat um Rücksendung der defekten Smartwatch. Das tat der Kunde umgehend und am 8. Juni 2022 traf die Sendung laut Tracking-Information auch bei Samsung ein. Leider herrschte ab da wieder Funkstille: Patrick M. erhielt keinerlei Nachricht von Samsung und auch die versprochene Kaufpreiserstattung ließ auf sich warten. Am 24. Juni bat er uns deshalb erneut um Unterstützung – seine eigenen Nachfragen beim Samsung-Support hatten zu keinerlei Reaktion geführt.

Sofort kontaktierten wir die Samsung-Presseabteilung und fragten nach dem Stand der Erstattung. Das schien zu helfen, denn schon am folgenden Tag erhielt der Kunde die Mitteilung, dass die Erstattung des Kaufpreises auf sein PayPal-Konto eingeleitet worden sei. Zudem entschuldigte sich der Samsung-Support noch mit einem Zehn-Prozent-Gutschein für die Unannehmlichkeiten. Kurz darauf trudelten dann auch 179 Euro auf dem PayPal-Konto des Kunden ein. (gs@ct.de) **ct**

# Sommer, Sonne, Gadgets

Apps und Hardware für Ausflüge  
und Reisen



<b>Sommer, Sonne, Gadgets .....</b>	<b>Seite 60</b>
<b>Gadgets für draußen .....</b>	<b>Seite 62</b>
<b>Outdoorhüllen fürs Smartphone .....</b>	<b>Seite 64</b>
<b>Navigationsgeräte fürs Fahrrad .....</b>	<b>Seite 66</b>
<b>Apps für Wetter und Wanderungen .....</b>	<b>Seite 74</b>



## So, PC aus und raus! Gegen Rücken oder Homeoffice-Blues hilft Bewegung eh am besten. Wer ungern komplett analog unterwegs ist, findet auf den nächsten Seiten viele Vorschläge für digitale Begleiter – und hier Tipps fürs Foto-Backup.

Von Jörg Wirtgen

**D**raußen ist es am schönsten, jedenfalls wenn Sie Kofferchaos am Flughafen, proppenvolle Züge durchs 9-Euro-Ticket und Urlaubsstaus trotz hoher Spritpreise überstanden haben. Gegen all das helfen die folgenden Artikel wenig, aber ein bisschen komfortabler werden Ihre Ausflüge und Reisen damit durchaus.

Damit Ihr Smartphone die Tour unbeschadet übersteht, finden Sie ab Seite 64 Tipps für robuste Hüllen. Um dem gut geschützten Smartphone dann etwas zu tun zu geben, liefert der Artikel ab Seite 74 App-Futter für unterwegs: Wetter-Apps auch speziell für Surfer oder Segler beispielsweise.

Um volle Züge, volle Autobahnen und volle Flughäfen ganz zu umgehen, schnappen Sie sich besser Ihr Rad: Dank der Fahrradnavis ab Seite 66 verfahren Sie sich, nun ja, zumindest seltener und finden danach leichter zurück. Auf den folgenden beiden Seiten finden Sie nützlichen Kleinkram vom Mückenstich-Verbrutzler fürs Handy bis zur Unterwasserkamera.

### Foto-Backup nicht vergessen

Apropos Kamera: Ob Sie nur mit Ihrem Smartphone knipsen, die Actioncam oder Kompaktkamera mitnehmen oder gleich die komplette Objektivausstattung ausführen, haben Sie sich bestimmt schon reiflich überlegt – weitere Tipps dazu finden Sie in [1] und [2].

Denken Sie aber unbedingt daran, die Fotos schon unterwegs zu sichern. Smartphones, Kameras und Speicherkarten gehen schneller verloren oder kaputt, als man wahrhaben möchte.

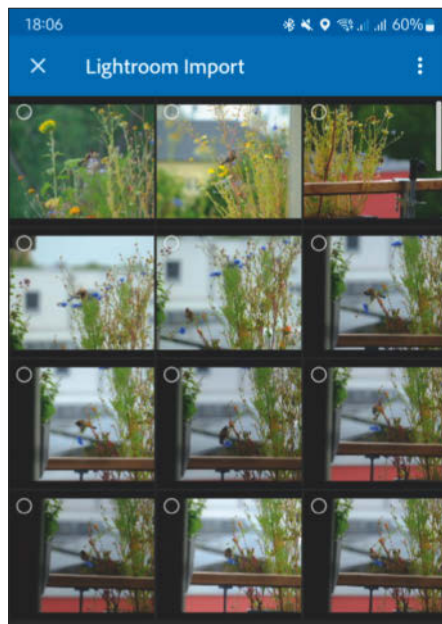
Am einfachsten gelingt ein Backup für Smartphonefotos, indem Sie den automatischen Upload in die vorinstallierte Apple iCloud oder Google Fotos aktivieren. Solche Upload-Funktionen bieten auch die

Apps von Clouddiensten, beispielsweise Dropbox oder Microsoft OneDrive.

Wer seine Erinnerungen nicht in die USA funken möchte: MagentaCloud, GMX und Web.de haben ihre Server in der EU. Die Nextcloud-App sichert ebenfalls Fotos, und der Server steht, wo immer Sie ihn mieten oder selbst betreiben.

Eine Alternative sind die Apps der Fotoclouddienste, beispielsweise Adobe Lightroom. Sie erlauben schon am Handy ein erstes Sortieren und Bearbeiten, was man später nahtlos mit der Desktopanwendung fortführen kann. Mehr zur Auswahl einer Fotocloud in [3].

Denken Sie bei allen Backup-Apps daran, den Upload auch per Mobilfunk zu aktivieren – und schalten Sie das frühestens aus, wenn Sie das WLAN in Ihrer Unterkunft erfolgreich ausprobiert haben. Ver-



**Viele Smartphones erkennen per USB angeschlossene Kameras und Kartenleser, sodass Sie darüber eingelesene Fotos auf dem gleichen Weg sichern können wie die Smartphone-Fotos.**

gewissermaßen Sie sich vorab von zu Hause aus, ob das Backup funktioniert und ob Sie per PC darauf zugreifen können. Ratsam ist, zu kontrollieren, ob die App im Hintergrund sichert oder aufgerufen werden möchte – und ob das Handy dazu ans Ladegerät angeschlossen sein muss.

### Kamerafotos optimal sichern

Wenn Sie eine separate Kamera mit Speicherkarte dabei haben, gibt es mehrere Wege: Nehmen Sie genügend Kärtchen mit und wechseln Sie häufiger, nicht erst bei voller Karte.

Oder Sie packen einen Imagetank ein, also eine externe SSD oder Festplatte mit Speicherkarten-Slot, die auf Knopfdruck den Inhalt der Speicherkarte kopiert. Mit einem Notebook statt Imagetank speichern Sie die Fotos direkt in der Cloud, was die Bilder auch bei ausgeraubten Hotelzimmern oder Gepäckverlust rettet.

Wenn Sie auf Ihrem Smartphone sowieso eine der oben beschriebenen Fotosicherungen aktiviert haben, können Sie die vielleicht auch für die Kamerafotos nutzen – ganz ohne Imagetank und Notebook. Das sollten Sie aber zu Hause ausprobieren: Eine Möglichkeit ist, einen Kartenleser ans Smartphone anzuschließen. Es gibt Modelle mit USB-C oder Lightning; vorhandene Leser können Sie mit einem Adapter von USB-A auf USB-C oder Lightning anschließen.

Auch ist es einen Versuch wert, die Kamera direkt per USB ans Smartphone zu hängen. Viele Smartphones erkennen Kartenleser oder Kamera als USB-Massenspeicher, sodass Sie die Fotos aufs Smartphone kopieren und mit den oben erwähnten Apps in die Cloud funken können. Adobe Lightroom importiert beispielsweise Kamerafotos per USB in die gewünschte Sammlung, sodass man mit der Raw-Bearbeitung loslegen kann.

Dann müssen Sie nur noch an alle Ladegeräte und Kabel – vom Handyladekabel zur Sicherheit zwei – denken, und schon gehts los. Und vergessen Sie bitte über alles Digitale nicht den analogen Sonnenschutz. Viel Spaß! (jow@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Robin Brand, Steffen Herget, Sophia Zimmermann, Fotofinish, Einsteiger-, Mittelklasse- und Oberklasse-Smartphone im Foto-Vergleich, c't 8/2021, S. 96
- [2] Jörg Wirtgen, Sehduell, Argumente im Streit Kamera vs. Smartphone, c't 16/2019, S. 80
- [3] André Kramer, Teile und herrsche, Fotoclouddienste für Android und iOS, c't 21/2021, S. 98

# Gadgets für draußen



## Schmerzschmelzer

### Kamedi Heat\_It 2

Preis: 30 € (USB-C), 40 € (Lightning), Test in c't 20/2021, S. 78

Au! Leicht hat man die Hummel im Gras übersehen oder das kleine Loch im Zelt, durch das die Mücke hineinkriecht. Der Kamedi Heat\_It 2 hält mit Hitze dagegen: Man trägt ihn zum Beispiel am Schlüsselbund und stößelt ihn nach einem Stich in die Ladebuchse des Smartphones. Mit dessen Strom erhitzt er ein kleines Plättchen aus Keramik auf maximal 51 °C, das man dann auf den Stich drückt. Diese lokale Hyperthermie zersetzt das Juckreiz auslösende Histamin des Insektengifts. In der automatisch startenden App stellt man die Behandlungsdauer in drei Stufen zwischen vier und zehn Sekunden ein und wählt die Temperatur in den Stufen Erwachsene, Kinder und „empfindliche Hautstelle“.



## Fliegekamera

### DJI Mini 3 Pro

Preis: 839 € mit Fernbedienung RC-N1, c't 13/2022, S. 82

In Ortschaften dürfen Drohnen nur unter komplizierten Auflagen fliegen, aber auf einsamen Touren hat man mehr Möglichkeiten – zumal man die DJI Mini 3 Pro mit nur 249 Gramm auch nach der neuen Drohnenverordnung (siehe c't 11/2022, S. 126) ohne Drohnenführerschein und über unbeteiligte Menschen fliegen lassen darf. Gesteuert wird per Fernbedienung, in die man das Smartphone einklinkt.

Der Akku hält bis zu 35 Minuten, Fotos landen mit 48 MP und Filme mit 4K auf der Speicherkarte – in guter Qualität. Entweder fliegt man von Hand oder nutzt die Motivautomatiken, die ein Objekt von selbst im Blick behalten. Gelegenheitsfliegern mit geringeren Anforderungen an die Bildqualität dürfte die Vorgängerin Mini 2 für unter 500 Euro reichen (siehe c't 2/2021, S. 83).

## Weit-Weg-Quatsche

### Sena Expand Boom

Preis: je 140 €, c't 3/2021, S. 80

„Ich sehe Dich nicht mehr, bist Du links oder rechts abgebogen?“ – Nicht nur beim Radeln verliert man sich manchmal aus den Augen. Mit dem Sena Expand Boom können bis zu vier Menschen aus einigen hundert Metern Abstand in guter Sprachqualität miteinander reden – die beworbenen 900 Meter waren es bei uns allerdings nicht. Die Headsets sind dazu per Universal-Intercom-Bluetooth direkt miteinander verbunden, also ohne Smartphone und ohne Mobilfunk.



Am Smartphone funktioniert das Boom aber auch, etwa für Anrufe, für Podcasts oder, wenn man die Ansprüche zurückschraubt, für Musik. Es ist gegen Wasser und Schweiß geschützt und passt dank Nackenbügel-Bauweise unter viele Sport- oder Fahrradhelme. Alternativ hat Sena ein zum Boom kompatibles Interkommunikationssystem im Angebot, das man am Helmriemen befestigt, sowie Helme mit integriertem Interkom.





## GPS-Fitnesstracker mit Ausdauer

### Redmi Watch 2 Lite Preis: 49 €, c't 8/2022, S. 96

Apple- und Android-Smartwatches lechzen fast jeden Tag nach ihrem Ladegerät und halten bei GPS- und Fitnessaufzeichnungen keine ausgedehnte Tour durch. Die Redmi Watch 2 Lite hält bei aktiviertem GPS immerhin um zwölf Stunden, bei dauerhafter Pulsmessung und Kopplung mit dem Handy sogar fast zwei Wochen.

Als Fitnesstracker macht die Uhr eine gute Figur, kennt viele Sportarten, eignet sich zum Schwimmen und misst auf Wunsch regelmäßig die Sauerstoffsättigung des Bluts. Trainings lassen sich leider nur zu Strava oder aufs hauseigene Mi-Portal hochladen, das die Daten auf Servern außerhalb der EU speichert. Deutlich längere Laufzeiten bekommt man nur bei mehrfach teureren Smartwatches, beispielsweise der Garmin Instinct 2 Solar mit Solarzelle und Bezahlfunktion für 450 Euro (Test des Vorgängers in c't 19/2020, S. 90).

## Zimmerparty auch unterwegs

### Sonos Roam SL Preis: 155 €, c't 10/2021, S. 64

Mit lauter Musik macht man sich in freier Natur selten neue Freunde, aber gegen krachende Unterhaltung in der Ferienwohnung ist nichts zu sagen.

Der Sonos Roam SL ist wasserdicht, wiegt 430 Gramm und ist 17 cm × 6 cm × 6 cm klein. Er spielt in einer für die geringe Größe überzeugenden Klangqualität. Der Akku hält rund zehn Stunden und lädt über USB-C oder Qi. Ans Handy koppelt er per Bluetooth – und zu Hause wartet er nicht in der Schublade auf den nächsten Urlaub, sondern fügt sich per WLAN ins gewohnte Sonos-Umfeld unter anderem mit AirPlay 2 und Spotify Connect ein. Die Version ohne SL integriert für rund 15 Euro Aufpreis Amazon Alexa oder Google Assistant – unterwegs überflüssig.



## Tracker und Wiederfinder

### Prothelis Area Preis: 99 €, c't 24/2021, S. 94

Eigentlich dient der Prothelis Area dazu, den Aufenthaltsort von Haustieren, Senioren oder Kindern per Mobilfunk zu übermitteln. Auf Touren erfüllt das 35 Gramm leichte und wasserdichte Kästchen drei andere Zwecke: Erstens zeichnet es einen GPS-Track des Urlaubs auf und schont so den Smartwatch-Akku, zweitens hilft es beim Wiederfinden von verschwundenem Gepäck und drittens berichtet es Daheimgebliebenen von der Tour. Der Akku hielt im Test rund drei Wochen und lädt per Micro-USB. Der Tracker benötigt ein 2G-Mobilfunknetz, als Gebühren fallen 4,99 Euro pro Monat an. Den Track lädt man sich nach dem Urlaub herunter, um beispielsweise seine Fotos zu vertaggen.

Geht es nur um die Gepäcküberwachung, mag auch ein günstigerer Nahfunk-Tracker ohne Monatskosten reichen, etwa ein Apple AirTag (siehe c't 13/2021, S. 76).

## Robuste Knipse

### Ricoh WG-6 Preis: 350 €, c't Fotografie 4/2019, S. 40

Wenn Systemkamera und Smartphone-Knipse zu empfindlich sind: Die Ricoh WG-6 kann was ab, sie knipst beim Schwimmen und Tauchen (bis 20 Meter), darf hinfallen, Frost und Sand abbekommen oder in der Packtasche ganz unten eingequetscht werden. Sie zoomt immerhin von 28 bis 140 Millimetern, hat einen normalen und einen bei Unterwasser- und Makroaufnahmen vorteilhaften ringförmigen Blitz. Fotos nimmt sie mit 20 MP, Videos bis 4K auf – in brauchbarer Qualität, der 1/2,3-Zoll-Sensor vollbringt aber keine Wunder. Der vor wenigen Wochen vorgestellte Nachfolger WG-80 wird wohl etwas weniger kosten, wir hatten ihn aber noch nicht in den Testfingern.



# Schutz fürs beste Stück

## Kaufberatung: Outdoorhüllen für Smartphones

**Geht die Reise über Stock und Stein oder in Welle und Woge, muss das Smartphone viel aushalten. Mit der richtigen Hülle minimieren Sie das Schadensrisiko. Wir geben einen Überblick über das Angebot.**

Von Steffen Herget

Das Smartphone ersetzt Navi, Kamera, MP3-Player, Portemonnaie und mehr, es ist drinnen wie draußen zum unersetzlichen Begleiter geworden – und der will in allen Situationen gut geschützt sein.

Doch braucht man noch eine Handyhülle, wenn immer mehr Smartphones zumindest gegen Spritzwasser geschützt sind? Viele Modelle tragen gar einen IP68-Stempel und sind damit zumindest theoretisch komplett gegen Staub und Wasser abgedichtet. Das stimmt zwar, allerdings sollte man bedenken, dass es trotzdem sicherer ist, das Smartphone den Elementen weniger stark auszusetzen. Der Wasserschutz betrifft zudem in aller Regel nur sauberes Süßwasser, keine Dreckbrühe, Seifenlauge oder Salzwasser. Wer bei „Schutz“ nur an Wasser und Staub denkt, vergisst außerdem einen Punkt, der mindestens genauso wichtig ist: Sturzschäden. Gegen gesplittete Rückseiten, verbeulte Rahmen und kaputte Displays sind Smartphones kaum gefeit, da muss eine Hülle her, die Stöße abfängt.

Outdoorhüllen müssen also vor allem robust sein, dafür bietet sich Kunststoff als

Material an. Der darf ruhig ein bisschen dicker sein, vor allem an den Ecken und Kanten. Wichtig ist, dass die Hülle zumindest oben und unten, gerne auch rund um das ganze Display herum, höher abschließt als das Schutzglas über dem Bildschirm. Das erschwert zwar unter Umständen ein klein wenig die Bedienung mit Wischgesten, sorgt aber dafür, dass der empfindliche Bildschirm weniger abbekommt. Damit die Cases ihre Aufgabe erfüllen können, müssen sie ordentlich sitzen – lieber ein bisschen zu fest als zu locker. Das sollten Sie spätestens dann ausprobieren, wenn Sie die Hülle gekauft haben oder geliefert bekamen, dann ist es noch nicht zu spät für einen Umtausch. Passgenaue Aussparungen für Kameras sowie Lade- und Kopfhöreranschluss verstehen sich von selbst.

Zu den bekanntesten Herstellern von Outdoorhüllen zählen Otterbox und Rhinoshield, bei letzterem gibt es die größere Auswahl für Smartphones unterschiedlicher Hersteller. Dort findet man nicht nur dann ein passendes Case, wenn man ein iPhone, Samsung Galaxy oder Google Pixel in der Tasche hat, sondern auch für zumindest einige Modelle von Xiaomi, Oppo, OnePlus und weiteren Herstellern. Bei Otterbox ist die Auswahl abseits der großen Namen kleiner, das Sortiment hält hier nur Cases für einzelne Handys von Huawei, Honor, Xiaomi und OnePlus vor. Dafür verkauft Otterbox auch Cases für Tablets und andere Gerätschaften.

Die Hüllen von Otterbox tragen etwas dicker auf; wer es optisch leichter mag, nimmt die durchsichtigen Modelle. Bei Rhinoshield gibt es mehr Designauswahl und unterschiedliche Cases, den besten Schutz bietet die SolidSuit für 30 Euro. Otterbox verlangt 50 Euro für das Standardmodell Defender.

Eine Alternative sind die Hüllen der Marke Gear4 von Zagg, die zwischen 40 und 60 Euro kosten, wobei das Modell Denali für 40 Euro den besten Schutz verspricht. Eine passende Displayschutzfolie oder ein zusätzliches Glas, das den empfindlichen Bildschirm schützt, bieten Gear4, Otterbox und Rhinoshield ebenfalls an.

### Schutz mit Mehrwert

Eine Outdoor-Schutzhülle darf aber ruhig noch mehr können, als nur der sichere Schoß für das Smartphone zu sein. Für aktive Menschen bieten sich Hüllen mit integrierter Schnittstelle für eine Halterung an. Mit ihnen hat das Smartphone auch am Fahrradlenker, auf dem Motorrad, im Auto oder an der Action-Cam-Halterung einen sicheren Platz. Das ist praktisch, aber auch ein wenig teuer.

Empfehlenswerte Hüllen mit solchen Baukastensystemen kommen vor allem von den Herstellern Peakdesign, Quadlock und SP Connect. Alle drei gehen das Thema ähnlich an, setzen jedoch etwas andere Schwerpunkte bei der Zubehörauswahl. Zentraler Punkt ist das jeweilige Case mit dem Andockpunkt für das Zubehör. Bei Quadlock und SP Connect kosten die Hüllen knapp 30 Euro, das elegantere „Everyday Case“ von Peakdesign mit Stoffüberzug auf dem Rücken ist zehn Euro teurer. Das System von Peakdesign, das auf eine Kombination aus einer unauffälligen Klemme und starken Magneten setzt, trägt an der Hülle weniger auf, das Smartphone flutscht damit etwas angenehmer in die Hosentasche. Sicherer Halt gewährleisten sie allesamt.

Alle drei Hersteller bieten unterschiedliche Halterungen für die Befestigung am Fahrrad, Motorrad oder im Auto an. Vor allem für Motorradfahrer sind die





optionalen Gummidämpfer praktisch, die man bei Quadlock und SP Connect für 20 bis 30 Euro bekommt. Die Halterungen gibt es je nach Einsatzzweck zum Schrauben, Kleben oder mit Gummis und Kabelbindern, sie kosten bei Quadlock und SP Connect zwischen 30 und 70 Euro; Peakdesign treibt die Preise fast in den dreistelligen Bereich.

Mit Armbandhalterungen eignen sich die Systeme von Quadlock und SP Connect auch zum Laufen und für alle anderen Aktivitäten, bei denen das Smartphone am Oberarm nicht stört. Das Gegenstück zur Hülle gibt es zum Aufkleben, damit krallt sich das Handy im Prinzip überall dort fest, wo man einen Halter hinklebt. Beide Hersteller verkaufen Ersatzteile für ihre Systeme. Peakdesign lässt den Sportbereich außen vor und fokussiert sich mit einem Ministativ aus Metall (80 Euro) und einer kleinen Brieftasche für Kreditkarten und Geldscheine (je nach Modell 50 oder 60 Euro) aufs Fotografieren und Bezahlen. Beide Zusatzteile docken rein magnetisch an der Hülle an und halten sicher.

Wer ein iPhone oder ein aktuelles Topmodell von Samsung oder Google besitzt, hat bei allen Hüllenanbietern die freie Auswahl. Doch was, wenn es für das eigene Smartphone keine passende Outdoor-Hülle bei diesen Anbietern gibt? Zunächst einmal hilft vor allem bei Handys aus China der Blick in Importshops wie Tradingshenzhen oder AliExpress, dort gibt es für weniger verbreitete Modelle häufig mehr Auswahl. Die Qualität ist in der Regel jedoch eine Wundertüte, da

kann etwas Gutes im Briefkasten landen oder Schrott.

Notfalls muss es eine einfache Silikonhülle richten, die einige Hersteller mitliefern oder für ein paar Euro im Internet zu kaufen ist. Selbst so ein Case ist besser als gar keins – und kann im Notfall Schäden verhindern oder verringern. Die Systeme von Peakdesign, Quadlock und SP Connect gibt es auch zum Nachrüsten, die entsprechenden Haltepunkte werden dann hinten auf die Hülle – besser nicht direkt aufs Smartphone – geklebt. Wer das macht, sollte erstens dringend darauf achten, dass die Klebefläche sauber und fettfrei ist, und zweitens den Halt in sicherer Umgebung vor dem harten Outdooreinsatz checken. Besser, das Handy purzelt bei der Generalprobe zu Hause auf den dicken Teppich als während der Bergtour vom Fahrradlenker.

### Spezielle Hüllen für Wassersport und Tauchen

Wassersportler finden ein großes Angebot an durchsichtigen Transporttaschen mit Umhängekordel, in denen man das Smartphone in der Regel auch noch über den Touchscreen bedienen kann. Solche Taschen sind in aller Regel groß genug für fast jedes Smartphone und für unter zehn Euro zu haben. Viele Hersteller – meist unbekannte Namen aus Asien – bieten die Hüllen gleich im Doppelpack an. Angesichts der günstigen Preise kann man hier fast bedenkenlos zugreifen, sollte aber dringend ausprobieren, ob die Tasche auch wirklich dicht ist. Dazu kann man beispielsweise Zeitungspapier oder einen

trockenen Schwamm in die Hülle packen und diese dann im Waschbecken oder der Badewanne auf Tauchstation schicken. Auch Leine und Befestigung sollte man kritisch beäugen, denn auch die dichteste Hülle hilft nichts, wenn sie beim Sturz ins Wasser reißt.

Mit speziellen Tauch-Cases lassen sich Smartphones nicht nur wasserdicht transportieren, sondern auch in Tiefen von mindestens 15, teils sogar 40 Metern als Kamera verwenden. Das ist allerdings ein etwas teurerer Spaß: Hochwertige Cases, etwa die SportDiver-Hülle von Sea-Life, können über 250 Euro kosten. Günstigere Modelle wie die Shellbox sind für etwa 50 Euro zu haben. Egal, in welcher Preisklasse man zugreift, auch hier sollte man vorher unbedingt checken, ob alles dicht ist – und vor dem Kauf prüfen, ob das eigene Smartphone überhaupt hineinpasst und ob es sich durch die Hülle unter Wasser bedienen lässt.

### Fazit

Eine schützende Hülle ist für den Outdoor-Einsatz ein Muss, um das Risiko von Schäden zu minimieren. Wer schon weiß, dass das Smartphone am Fahrrad, Motorrad oder im Auto seinen Dienst verrichten soll, greift am besten zu einer Hülle mit Haltesystem, muss für das Zubehör aber mehr Geld einkalkulieren. Wird man bei den bekannteren Namen nicht fündig, ist Suchen im Netz angesagt, um ein passendes Case fürs eigene Smartphone zu finden. Selbst eine einfache Hülle ist im Fall des Falles besser als gar keine. (sht@ct.de) **ct**



Die Hüllen von Peakdesign nehmen außer Halterungen für Fahrrad, Motorrad oder Auto auch ein Ministativ auf. Quadlocks Klemmsystem gibt es mit vielen verschiedenen Halterungen.



Solche wasserdichten Taschen gibt es schon für unter zehn Euro. Überprüfen Sie aber besser vorher, ob die Hülle auch wirklich dicht ist.



# Verfahrensfehler

## Navis für Radfahrer

**Beim Autofahren nutzt es fast jeder: ein Navi oder eine Navi-App. Aber mit dem Fahrrad von A nach B zu fahren, stellt selbst darauf spezialisierte Radnavis vor schwierige Aufgaben. Unser Test zeigt, welche Modelle dennoch gute Wege finden, lange Touren durchhalten und auch bei Sonne gut ablesbar sind.**

Von Michael Link

**N**ichts ist so lang wie eine vermeintliche Abkürzung. Auch in unserem Test verführten Fahrradnavis zu Umwegen, ja sogar zu Verstößen gegen Verkehrsregeln. Das liegt nicht immer an Fehlern von Naviherstern. Doch wer ein Radnavi benutzt, muss es erst mal in den Griff bekommen, bevor dessen Routen besser passen. So spuckte unser monatelanger Test auch gleich aus, was die wichtigsten Stellschrauben dafür sind.

Die Preise für Fahrradnavis rangieren von unter 50 Euro bis 750 Euro. Wir haben aus der Masse fünf Geräte getestet, die für verschiedene Philosophien stehen: Hammerhead Karoo 2 (400 Euro), Mio Cyclo Discover Connect (300 Euro), Garmin

Edge 830 (400 Euro), Sigma Rox 12.0 Sport (250 Euro) sowie Wahoo Elemnt Roam (300 Euro). Von veralteten Billigeräten wie dem Teasi beziehungsweise Tahuna raten wir wegen fehlender Updatemöglichkeiten ab. Doch wozu überhaupt so ein One-Trick-Pony wie ein Fahrradnavi kaufen, wenn es Navi-Apps gibt?

### Navi: Als Gerät oder App

Der Fahrradmodus in Google Maps auf dem Smartphone tut im Großen und Ganzen so, als ob das Fahrrad ein Auto ist. Er passt so leidlich, wenn man fast nur auf festen Wegen bleiben will. An etlichen tollen, aber unbefestigten Radwegen fährt man damit aber vorbei. Noch ignoranter ist Apples Karten-App in iOS-Geräten, die zwar einen Fahrradmodus hat, aber gar keine Radrouten findet.

Apps wie Komoot, Strava und Outdooractive pauken Radfahrer aus dieser Not mit guten Karten und weitaus besserer Navigation heraus. Praktisch ist, dass man damit auch Touren anderer Nutzer nachradeln kann. Ein weiterer Pluspunkt ist, dass das Navi vorm Abbiegen Anzeigen macht wie ein Autonavi. So praktisch das



im Auto ist: Auf dem Rad hört man sie mitunter wegen der Fahrgeräusche kaum.

Große Smartphone-Displays bieten zwar viel Kartenüberblick, aber damit man sie bei sonnigem Ausflugswetter ablesen kann, muss man den Helligkeitsregler voll aufziehen. So schmilzt der Stromvorrat schneller dahin als ein Schneemann auf der Sonnenbank: Der Akku vieler Smartphones hält kaum länger als drei Stunden.

Wer einer Smartphonehalterung für den Lenker nicht traut – Vorschläge finden Sie im vorigen Artikel auf Seite 64 – und sein Schätzchen deswegen lieber in der Hand hält, riskiert ein Bußgeld ab 55 Euro. Bleibt es in eine Tasche zu stecken und sich die Abbiegeanweisungen als Audio ausgehen zu lassen – so sieht man aber die Route nicht mehr. Es spricht also einiges für ein richtiges Navi, wenigstens bei Touren ab drei Stunden Länge.

## Was man braucht und was nicht

Reden wir zuerst über die Hardware. So gern man helle Sonne beim Radeln hat: Für die recht kleinen Displays von Fahrradnavis ist sie der Endgegner. Transflekative Displays, die umso besser ablesbar sind, je mehr Sonnenlicht darauf fällt, brauchen wiederum bei wolkigem Wetter Hintergrundbeleuchtung. Nur der Wahoo Elemnt Roam und der Garmin Edge 830 haben einen Helligkeitssensor, mit dem sie die Wechsel zwischen Licht und Schatten gut ausregeln, was bei den anderen weniger gut gelang. Beim Mio Cyclo Discover Connect fehlt sowas.

Unter allen Navis stach die kaum spiegelnde Anzeige des Wahoo Elemnt Roam

mit seiner auch farblich stark reduzierten Kartendarstellung heraus. Auf ihr ist die Route durch kleine schwarze Pfeile besonders gut zu sehen. Es ist das einzige Gerät, das man nur mit Knöpfen oben und an der Seite bedient, weil es keinen Touchscreen hat. Das münzt sich nebenbei in einer sehr langen Akkulaufzeit von 15 bis 18 Stunden um. Auch Garmin hat seine Karten ausgedünnt und blendet in der Grundeinstellung Unwichtiges auf seinem farbfreudigen Touch-LCD-Display aus. Bei Schatten braucht es aber mehr Licht. Die automatische Helligkeitsregelung stresst den Akku, sodass wir nur auf rund zwölf Stunden Laufzeit kamen.

Probleme hatten wir mit dem Mio Cyclo Discover Connect, denn das grobpixelige und träge Display war nur bei maximal aufgedrehter Helligkeit gut ablesbar, sodass der Akku im Test höchstens sieben Stunden durchhielt. Beim Sigma Rox 12.0 Sport blieb auch bei voll ausgereiztem Regler das flott reagierende Touchdisplay etwas dunkler als bei der Konkurrenz. Es spiegelt auch stärker. Bei einigen Datenfeldern griff der Hersteller zudem zu sehr kleinen Schriftzeichen, die beim Fahren schlecht zu deuten sind. Hingegen war das hochauflösende und farbfreudige Display des Karoo 2 stets hervorragend ablesbar. Dass das Gerät eigentlich ein verkapptes Android-Smartphone ist, sieht man auch am Akkuverbrauch: Im Test war nach rund acht bis zehn Stunden Schluss. Leider kann man den Akku bei keinem Navi im Test selbst austauschen.

Als Satellitenfänger für die Ortung dienten außer beim Mio Kombi-Chips, die



**Schön ist anders. Aber unterwegs spart das entschlackte Menü des Wahoo Elemnt Roam Zeit.**

nicht nur GPS-Signale verarbeiten. Am kosmopolitischsten ist der Wahoo Elemnt Roam: Er empfängt außer GPS auch Glonass-, Galileo-, QZSS- und Beidou-Satelliten. In engen Bergtälern bringt der Empfang von Satelliten zweier Systeme ab und zu eine Verbesserung. Wer sich in den Einstellmenüs der Geräte auf ein Ortungssystem beschränken kann, spart etwas Akkusaft.

Unterschiede gab es beim Erfassen von erradelten Höhenmetern – hier bevorzugen Sportler einen barometrischen Sensor, der bei guter Kalibration genauer misst als ein GPS. Auch hier: Fehlanzeige beim Mio-Navi, alle anderen haben einen. Navis frieren beim Ampelstopp die Richtung ein, in die der Navi-Pfeil zeigt. Nur beim Sigma Rox 12.0 Sport drehte er sich im Stand und damit auch die Karte – ein Fehler, der laut Hersteller abgestellt sein sollte, aber dennoch auftrat.

Beim Karoo2 fand sich unter einem Deckel eine kleine Halterung für eine SIM-Karte, mit der man das Navi über LTE und – wo noch vorhanden – auch via 3G an den Internet-Tropf hängen kann. Die Routenberechnung ist auf die Herstellercloud ausgelagert, auch wenn Karten installiert sind und obwohl der Prozessor potent genug erscheint. Hat man keine SIM-Karte, kann sich mit einem WLAN-Hotspot etwa via Smartphone behelfen.

Die Prozessorleistung war bei fast allen Geräten ausreichend, sodass sie das Verschieben der Karte sowie Eingaben und die Routenberechnung in Nullkomma-josef umsetzten. Nur beim Mio mit seinem gefühlt aus dem Kreidezeitalter stammenden Betriebssystem Windows CE beobachteten wir Hakler und Gedenkssekunden.



**Während der Testfahrten loggten wir GPS-Daten mit, fuhren Touren nach und zeichneten per Stereomikrofon am Lenker Anweisungen und Kommentare zum Test auf – und ernteten dabei manchen Blick von Unbeteiligten.**



**Der Hammerhead Karoo 2 hat unter einem Deckel eine Halterung für eine SIM-Karte für Mobilfunk.**

Für Tourenradler reichen Geräte ohne Verbindung zu externen Sensoren vollkommen aus. Solche Sensoren erfassen Sportdaten wie die Trittfrequenz oder

Leistungs- und Pulsdaten und funken sie live ans Navi. Von den Testkandidaten kann nur der Mio keine Sensoren koppeln.

Jedem Navi lagen zwei Halterungen bei: eine Schnellhalterung, die man mit Gummis am Lenker fixiert, sowie eine mit Arm, bei der man den Kopf zum Ablesen nicht so stark beugen muss. Das Navi hält an beiden durch einen Vierteldreh- und Klick-Verschluss. So sehr sich die Halterungen auch ähneln: Kompatibel sind sie nicht. Nur das Rox 12.0 Sport passt auch in eine Garmin-Halterung. Mit etwas Gewalt ließ sich auch ein Garmin Edge 830 in eine Wahoo-Halterung bringen, umgekehrt passte der Wahoo Elemnt Roam aber nicht in den Garmin-Halter. Ganz aus der Reihe fällt der Hammerhead Karoo 2. In dessen Halterung schiebt man das Navi von oben bis zu einem vernehmlichen Klick ein und löst es, indem man es zuerst leicht verdreht

und dann wieder herauszieht. Sehr gut: Ein Adapter für womöglich vorhandene Garmin-Halterungen liegt bei.

Ohne Kekse keine Krümel: Damit das Navi Routen über den neuen Radweg berechnen kann, braucht es aktuelle Karten. Jedes Navi im Test erstellt sie auf der Basis von OpenStreetMap. Diese Karten werden von Freiwilligen erstellt und gepflegt. Je nach Aktivität der örtlichen Kartierer sind sie atemberaubend aktuell, selten aber auch mal lückenhaft.

Beim Update der Navis ist man aber ganz auf die bestenfalls halbjährlichen Updates der Hersteller angewiesen. Nur für Garmin-Geräte lassen sich tagesaktuelle OSM-Karten aus vielerlei Fremdquellen im Netz angeln, kostenfrei oder gegen Spende. Besonders zeitsparend ist das Überspielen neuer Karten beim Karoo 2 und beim Rox 12.0 Sport, denn dazu braucht man nur

## Verkehrsregeln? Pffft!

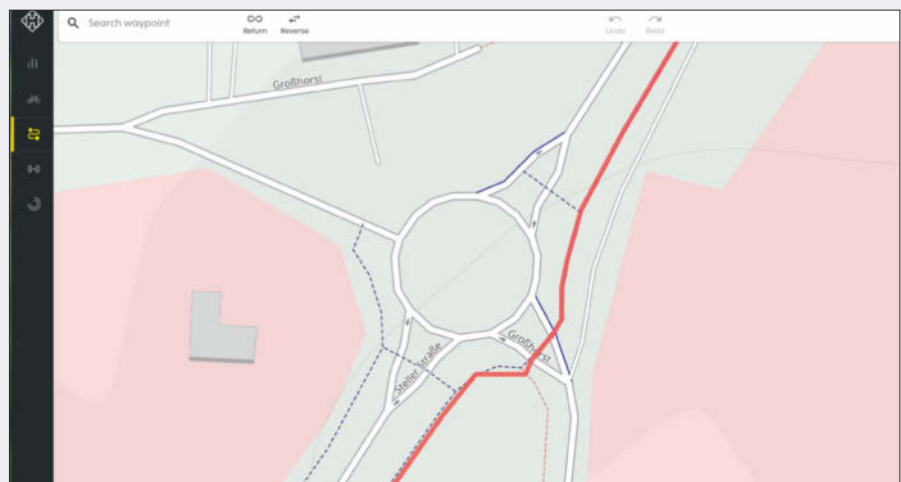
Autonavis brauchen zum Berechnen der besten Route nur wenige Kenngrößen. Ein Sportwagen muss im Navi die gleichen Regeln befolgen wie ein Kleinlaster. Kein Fahrradnavi kann aber ahnen, ob man eine Route über holprige und schmale Pfade fürs Mountainbike will oder ob sie ein feinnerviges Carbonrennrad über glatten Asphalt scheuchen soll. Das Trekkingrad fühlt sich auf Radwegen zu Hause, die auch unbefestigt sein dürfen. Fürs Fahrradnavi bedeutet das, dass alle Straßen und Wege auch mitsamt ihrer begleitenden Radwege in der Navikarte enthalten sein müssen – dazu sind sehr viel mehr Daten als im Autonavi nötig.

Alle Hersteller hängen, was Karten angeht, am Tropf der Community, welche die zugrunde liegende OpenStreetMap-Karte erstellt. Auf den Navis landet aber nur ein Ausschnitt davon: Was man fürs Radfahren nicht braucht, lassen die Hersteller beim Kartenbau weg. Leider fällt dabei einiges unter den Tisch. Auf unseren Testfahrten lotsten die Geräte uns wiederholt regelwidrig auf nur in der Gegenrichtung freigegebene Radwege, falsch herum durch den Kreisverkehr und Einbahnstraßen.

Schlimmer noch: Bevor es empfiehlt, auf der Fahrbahn zu fahren, drängt jedes Navi dazu, die Fahrbahn zu überqueren,

Fußwege auf der Gegenseite zu benutzen, auf denen Fahrrad fahren durch ein Schild „Radfahrer frei“ freigegeben ist. Ein schlechter Rat, denn solche Pseudoradwege darf man nur im Schrittempo befahren. Gerade auf längeren Touren bremsst das aus wie zwei Sack Beton auf dem Gepäckträger. Schon um gefährliche Abbiegeunfälle zu vermeiden, benutzen

erfahrene Radler die Fahrbahn. Das Absurde: Obwohl alle Navis zur Fußwegnutzung drängen, kalkulieren sie das Schleichtempo nicht in ihre Fahrzeitschätzung ein. Diese stimmten im Test nur dann einigermaßen, wenn wir statt auf dem Pseudoradweg auf der Fahrbahn fuhren, wie es auch Verkehrssicherheitsexperten empfehlen.



**Der Karoo 2 empfiehlt in der rot eingezeichneten Route (Fahrtrichtung von oben nach unten), auf einem nicht benutzungspflichtigen Weg entgegen der Fahrtrichtung falsch herum den Kreisverkehr zu umfahren. Dann soll man den Radweg verbotswidrig auch weiter in der falschen Richtung benutzen, obwohl hinter dem Kreisverkehr ein Radweg mit Benutzungspflicht in Fahrtrichtung verläuft. Hier versagten alle Navis im Test.**



# Neuer Input für Maker

## Make Elektronik Special

Make Elektronik Special bietet einen einfachen und praxisorientierten Einstieg in Transistorschaltungen, die Maker in eigenen Projekten einsetzen können. Das mitgelieferte Experimentierset inkl. Breadboard, Kabeln und 45 Elektronikbauteilen enthält alles, um die gezeigten Schaltungen sofort nachbauen und testen zu können.

Heft + Experimentierset für 44,95 €

 [shop.heise.de/make-elektronik21](https://shop.heise.de/make-elektronik21)

Inklusive Experimentierset  
und Breadboard

## Make Micropython Special

Diese Make-Sonderausgabe zeigt Ein- und Umsteigern, wie man mit MicroPython leicht und schnell eigene Projekte mit dem ESP32 umsetzt.

Wie immer in Make Specials geht's sofort in die Praxis mit Audio-Projekten, einer CO<sub>2</sub>-Ampel und mehr.

Heft + PDF für 19,90 €

 [shop.heise.de/make-micropython](https://shop.heise.de/make-micropython)

## Make Picaxe Special

Noch einfacher als Arduino: Im neuen PICAXE Special der Make dreht sich alles um den Einstieg ins Programmieren mit BASIC. Dazu gibt es ein neuentwickeltes Programmierboard für den Einsatz von PICAXE-Chips, das Nano-Axe-Board mit USB-Anschluss. Damit können Sie sofort starten!

Heft + Nano-Axe-Board für 24,95 €

 [shop.heise.de/make-picaxe](https://shop.heise.de/make-picaxe)

Inklusive Nano-Axe-Board  
mit PICAXE-08M2

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

Make Elektronik Special bietet einen einfachen und praxisorientierten Einstieg in Transistorschaltungen, die Maker in eigenen Projekten einsetzen können. Das mitgelieferte Experimentiererset inkl. Breadboard, Kabeln und 45 Elektronikbauteilen enthält alles, um die gezeigten Schaltungen sofort nachbauen und testen zu können.

 [shop.heise.de/make-elektronik21](http://shop.heise.de/make-elektronik21)

Diese Make-Sonderausgabe zeigt Ein- und Umsteigern, wie man mit MicroPython leicht und schnell eigene Projekte mit dem ESP32 umsetzt.

Wie immer in Make Specials geht's sofort in die Praxis mit Audio-Projekten, einer CO2-Ampel und mehr.

 [shop.heise.de/make-micropython](https://shop.heise.de/make-micropython)

**Make:** **MicroPython SPECIAL**

**Grundlagen**

- Python – verständlich erklärt
- Spezialbefehle für ESP32
- Sensoren einfach ansteuern
- Smart Home
- Module & Paketmanager

**python**™

**Einstieg**

- Wichtige Sprachelemente
- Objekte, Listen, Funktionen
- GPIOs, I2C, I<sup>2</sup>S

**Projekte**

- CO<sub>2</sub>-Ampel bauen
- Display ansteuern
- Mini-Webserver
- GPIOs kontrollieren
- Audio-Projekte

2021

[www.make-magazin.de](http://www.make-magazin.de)

 [shop.heise.de/make-picaxe](https://shop.heise.de/make-picaxe)

The image shows the front cover of a book titled 'Make: PICAXE SPECIAL Grundlagen'. The cover has a blue background. At the top, it says 'Hard- & Software einfach erklärt' in a yellow box. On the right, a red diagonal banner says 'inklusive PICAXE-Programmierboard'. The main title 'Make:' is in large red letters, with 'PICAXE SPECIAL' in a yellow box to its right. Below this, 'Grundlagen' is written in large blue letters. A list of features or topics is shown in two columns: '• PICAXE-Software einrichten', '• Einführung in BASIC', '• Digitale Signale verstehen', '• Mit BASIC Hardware steuern', '• LEDs blinken und dimmen', '• Sensoren anschließen', '• Servos nutzen', and '• Musik machen'. A blue circle with white text says 'Mit BASIC programmieren'. The central image is a green PICAXE microcontroller board with various components. Below it, a red LED is visible. At the bottom, the title 'Projekte' is in large red letters, followed by a list: '• LED-Würfel', '• Bürstenroboter mit Fernsteuerung', '• Thermometer', and '• Lottozahlen generieren'. The year '2020' is printed at the bottom right. The author's name 'Michael' is on the left. The bottom of the cover features the text 'ano-Axe-Board' and 'AXE-08M2' in white on a red background. A small URL 'www.made-magazin.de' is at the very bottom right.



## Garmin Edge 830

Der Garmin Edge ist etwas teurer als der Edge 530 ohne Touchdisplay und sonst ähnlich ausgestattet. Das Display ist mit 6,6 Zentimeter Diagonale nicht riesig, aber ausreichend. Während es im Sonnenlicht super ablesbar war, brauchte es im Schatten Hintergrundbeleuchtung, deren Intensität per Sensor nachgesteuert werden kann – auf Kosten der Akkulaufzeit, die auf unseren Touren aber immer noch bei zwölf Stunden lag. Für lange Touren gibt es Akkupacks zum Anklemmen. Der Edge 830 glänzt mit vielfältigen Anschlussmöglichkeiten für Sensoren und umfangreich konfigurierbaren Anzeigefeldern. Bei Garmin-Geräten ist man nicht auf Kartenupdates des Herstellers angewiesen, sodass man tagesaktuell gerenderte OpenStreetMap-Karten verwenden kann.

Die Auswahl des passenden Routing-Algorithmus ist mit etwas Arbeit verbunden, um zu durchschauen, welche Parameter beim Berechnen bevorzugt oder ausgeschlossen werden. Das ist für Garmin-Geräte aber typisch: Die vielen Möglichkeiten wollen erarbeitet sein.

Beim Navigieren störte, dass der Edge dazu tendierte, bei Abweichungen wieder zum Punkt des Verlassens der Route zu leiten anstatt einen günstigen Wiedereinstiegspunkt grob in Fahrtrichtung anzusteuern. Der Edge ist eines der mitteilungsfreudigsten Geräte im Test. Er macht sich durch ein regelrechtes Konzert von Piepsen bemerkbar, besonders wenn man sich vermeintlich verfahren hat.

- ↑ viel Feintuning möglich
- ↑ Update mit eigenen OSM-Karten
- ↓ viel Feintuning nötig

Preis: 400 Euro



## Hammerhead Karoo 2

Das Navi ist eigentlich ein Android-Smartphone ohne Mikrofon und Kamera, das vollkommen entkernt und auf Navi getrimmt wurde. Per Sideload lassen sich sogar gewöhnliche Apps darauf installieren; leichter soll es mit einem App-Store gehen, der angekündigt ist. Das hochauflösende farbenfrohe Display mit 8,1 Zentimeter Diagonale fordert Tribut bei der Akkuleistung. Wir erreichten acht bis zehn Stunden Laufzeit. Der Karoo 2 arbeitet mit vielerlei Sensoren zusammen, koppelt sogar das Varia-Rücklicht-Radar von Garmin und funkt gesprochene Abbiegehinweise via Bluetooth an einen Ohrstecker, allerdings nur in englischer Sprache. Auch die gut strukturierten Menüs sind englischsprachig.

Der Karoo 2 akzeptiert Tastendrücke, Wischgesten und Eingaben im Nu, die Karte zoomt man per Zweifinger-geste flüssig. Ob man noch auf der Route ist oder eine Umleitung fährt, erfährt man über die Einfärbung der hervorgehobenen Route. Die errechneten Routen waren fürs Rennrad in Ordnung, wenn man akzeptiert, dass manche Empfehlung, auf einen Radweg zu fahren, schlicht illegal ist.

Um seine Lieben zu informieren, wo man gerade ist, kann man – wie man das auch von Messenger-Diensten kennt – seine Position teilen. Dazu braucht man entweder eine im Gerät eingesetzte aktive Mobilfunk-SIM-Karte oder ein per WLAN-Hotspot verbundenes Smartphone. Ärgerlicherweise muss man das Tracking aber händisch wieder abschalten.

- ↑ flüssige Bedienung
- ↑ gute Kartenansicht
- ↓ ohne Internet keine Route

Preis: 400 Euro



## Mio Cyclo Discover Connect

Warum ausgerechnet der Mio Cyclo Discover das Anhängsel „Connect“ trägt, verwunderte uns, denn es ist das einzige Navi im Test, das sich nicht mit Sensoren verbindet. Und es signalisiert zwar auf dem Smartphone eingetroffene Nachrichten, aber leider ohne Text. Die gesamte Technik wirkt aus der Zeit gefallen, besonders das Betriebssystem Windows CE, das zuletzt 2013 aktualisiert wurde. Dementsprechend träge gestaltete sich im Test die Bedienung. Oft waren mehrere Tastendrücke nötig, bis das Navi eine Eingabe akzeptierte. Das übersichtliche, aber spiegelnde Display musste bereits bei wenig Sonne hell aufgedreht werden, was die Akkulaufzeit auf fünf bis sieben Stunden drückte.

Man kann die Laufzeit durch ein automatisches Abschalten des Displays verlängern. Es schaltet sich dann nur ein, wenn es ein Abbiegemanöver ankündigt. Allerdings schon weit vor dem Abbiegen, sodass man sich merken muss, was zu tun ist, wenn das Abbiegesignal ertönt. Beim Abbiegen ist das Display bereits wieder dunkel.

Die Routenberechnungsoptionen sind zwar praxisgerecht gedacht, aber im Testgerät waren sie nicht zu Ende konfiguriert: Für fast alle Fahrradarten waren die zu benutzenden Straßen und Wege gleichermaßen aktiviert. Ändert man das, errechnet das Gerät durchaus gefällige Routen. Die Komoot-Anbindung zum Laden von Radtouren funktionierte bei unserem Testgerät nicht, wohl aber die zu Strava und dem eigenen Portal. Dieses wirkt allerdings hastig zusammengeschustert.

- ↑ einfache Bedienung
- ↓ veraltetes Betriebssystem
- ↓ kurze Akkulaufzeit

Preis: 300 Euro





### Sigma Rox 12.0 Sport

Aus Deutschland stammt der Sigma Rox 12.0 Sport. Auch er ist heimlich ein Android-Gerät. Er lässt sich mit zahlreichen Sensoren verbinden und die erfassten Tourendaten lassen sich am PC mit der Data Center Software sehr detailliert auswerten. Unbedingt nötig ist das Data Center nicht, denn GPX-Daten von Routen und gefahrenen Touren lassen sich auch über die Sigma-Cloud oder per USB austauschen und der Rox synchronisiert sich auch via WLAN mit einer Vielzahl bekannter Portale, etwa Komoot und Strava. Auch Kartenupdates holt sich das Navi ohne Umweg direkt per WLAN ins Gerät. Bluetooth hat der Rox zwar an Bord, nutzt es aber nur für angekoppelte Sensoren.

Der Rox 12.0 Sport lässt sich flüssig bedienen und bietet als einziges Gerät die Option, mit dem Finger mal eben grob eine Route auf das etwas düstere Display mit 7,6 Zentimeter Diagonale zu zeichnen, die er dann sauber im Detail berechnet. Die Menüstruktur ist etwas gewöhnungsbedürftig, erschließt sich aber logisch. Eigene Profile fürs Rad lassen sich sehr einfach erstellen. Man kann darin jeweils in drei Stufen priorisieren, wie stark das Navi welche Wege bevorzugen soll.

Die errechneten Routen waren relativ praxisgerecht, mit den für alle Navis geltenden Schwächen beim Verarbeiten von Radwegen. Beim Routen hätten wir gern auch Hinweise gehabt, wenn bei abknickenden Hauptstraßen weiter geradeaus führende schmale Saumpfade befahren werden sollen – andere Navis warnten in solchen Situationen.

- 👉 flüssige Bedienung
- 👉 Routen per Fingermalen
- 👎 dunkles Display

Preis: 250 Euro



### Wahoo Elemnt Roam

Auf den ersten Blick wirkt der Wahoo Elemnt Roam antiquiert: kein Touchscreen, wenig Farbe im Display, kantiges Gehäuse und krächzend lärmige Piepser. Hinzu kommt, dass die Menüs die Maxime ausstrahlen: „Der Look ist egal, Hauptsache, es funktioniert!“ Und wie! Der Elemnt Roam ist für Sensoren anschlussfreudig und hatte die im Test längsten Akkulaufzeiten, sein Display war zu jeder Zeit prima ablesbar. Gerade die reduzierte Farbgebung und das ausgedünnte Kartenbild trugen dazu bei. Dazu zählt auch, dass man mit Zoom-Tasten Datenseiten ganz schnell so vergrößern kann, dass man nur noch das Allernötigste sieht. Außerdem visualisieren LED-Zeilen wahlweise etwa den Puls oder zeigen, wann man in welche Richtung abbiegen muss.

Der Elemnt Roam hat ein hervorragend ablesbares Transflektydisplay mit 6,6 Zentimeter Diagonale. Mit kräftigem Drücken auf drei seitliche Taster sowie drei vorn auf der Oberseite domptiert man ihn. Eine Adresseingabe fürs Ziel ist am Navi nicht möglich, wohl aber in der Begleit-App „Elemnt“ fürs Smartphone. Routen und Touren, die man vielleicht auf Komoot, Strava oder MTB Project geplant hat, lassen sich per WLAN und unterwegs über die App mit dem Gerät synchronisieren. Zur Not kann man am Gerät einen Punkt auf der Karte mit einem Cursor anfahren und als Ziel bestimmen. Einige Favoriten lassen sich ebenfalls abspeichern und nutzen. Eine weitere Stärke des Elemnt ist die Zusammenarbeit mit Sportsensoren aller Art.

- 👉 sehr gut ablesbar
- 👉 vielfältiger Routenimport
- 👎 kein Touchdisplay

Preis: 300 Euro

eine WLAN-Verbindung zum Internet. Ansonsten heißt es: Computer anklemmen. Darüber übermittelt man auch Routen und Daten abgefahrter Touren.

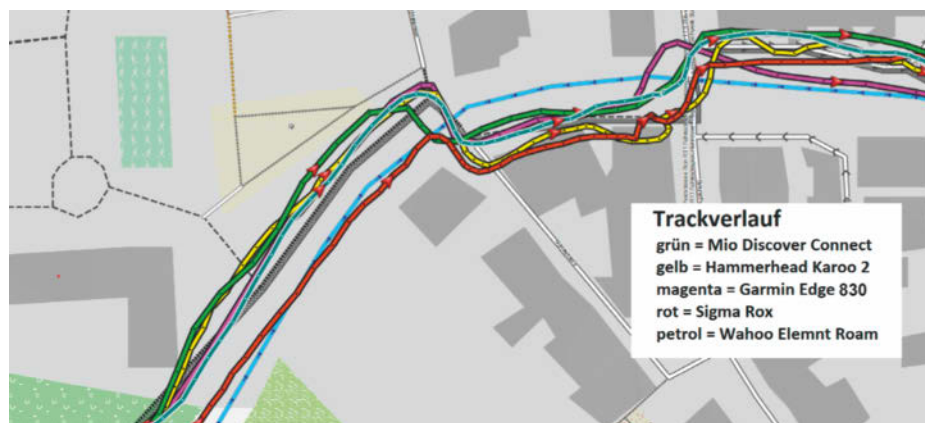
Nur der Karoo 2 hat dafür eine USB-C-Buchse, bei den anderen Geräten muss man noch immer (meistens dreimal) versuchen, einen Micro-USB-Stecker einzustöpseln. Wirklich nötig ist das aber nur zum Aufladen, denn bei allen Geräten kann man per WLAN Tourendaten sichern und Routen empfangen. Beim Edge geht das auch via Bluetooth und sogar direkt per ad-hoc-Verbindung mit einem anderen Edge. Der Wahoo Elemnt Roam kann ebenfalls außer WLAN auch eine Bluetooth-Verbindung zum Smartphone und der korrespondierenden App als Datenautobahn nutzen.

### Unterwegs

Alle Geräte sind in weniger als 45 Sekunden losfahrbereit. Bei einer aktiven Navigation spielen sie vor Abbiegemanövern Töne, Triller oder Piepsfolgen ab. In der Regel lenkt ein vorbereitender Ton die Aufmerksamkeit aufs Display. Kurz vor dem Manöver folgt ein weiterer Ton. Damit kommt man schnell klar. Die Abbiegehinweise kamen in der Regel früh genug, aber jedes Navi verschlief auch Abbiegungen.

Der Edge macht in seiner Piepsfreudigkeit einer Nachtigall Konkurrenz, durchdringend laut waren auch die Buzzer-Geräusche des Wahoo Elemnt Roam, der zudem mit seinen beiden LED-Lichtzeilen jedes anstehende Manöver regelrecht zelebriert. Gewöhnungsbedürftig, aber durchaus brauchbar waren die Abbiegehinweise beim Mio Cyclo Discover Connect. Hat man die stromsparende Displaypause aktiviert, leuchtet das Display nur während der Vorankündigung des Abbiegens. Man muss sich dann die Distanz und das angezeigte Manöver merken und es ausführen, wenn das zweite Signal lostrompetet.

Beim Rox 12.0 Sport erschienen uns die textlichen Hinweise vor dem Abbiegen etwas klein, die riesigen Richtungspfeile waren aber in der Regel unmissverständlich. Mit einer Ausnahme: Soll man beispielsweise nicht einer abknickenden Hauptstraße folgen und die Tour stattdessen geradeaus fortsetzen, aber auf einem schmalen Pfad, erhält man keinen Hinweis, dass an dieser Stelle Obacht geboten gewesen wäre. Fast sofort ausgeschaltet haben wir die Autozoom-Funktion, die meistens einen nutzlosen Überblick über



Die GPS-Tracks aller Navis zeigen zwischen hoher Bebauung einige kleine Schlenker.

die gesamte Route zeigte, den Ausschnitt aber eben nur kurz vor dem Abbiegen vergrößerte. Gesprochene Abbiegehinweise per Bluetooth-Audio beherrschen der Garmin Edge sowie der Karoo 2. Man braucht dazu einen Kopfhörer oder Ohrstöpsel.

### Über Stock und Stein oder blanken Asphalt

Verkorkte Routenempfehlungen bewirken auch bei uns manchmal heikle Situationen, siehe Kasten „Verkehrsregeln? Pffft!“. Wir erforschten daher die Vorgaben zur Routenberechnung. Man findet sie in der Regel als Profile. Doch kein Hersteller erklärt, welche Parameter ihr Navi-Algorithmus in den jeweiligen Profilen verwendet und wie er sie gewichtet – Betriebsgeheimnis.

Im Garmin Edge 830 gibt es fünf vorgefertigte Aktivitätsprofile: Arbeitsweg, E-Bike, Mountainbike, Rennrad sowie Tourenrad. Man kann sie ändern und eigene Profile erstellen. Sie bestimmen, welche Karte verwendet werden soll und wie sie aussehen soll. Sie legen fest, welche Informationen das Display anzeigt, ob Sensoren ausgewertet werden und vieles mehr: Schon die erste Menüebene eröffnet zehn Untermenüs, in denen man sich schnell verliert. Einige Menüpunkte tun nicht das, was man als unbedarfter Nutzer meint: So hat etwa der Eintrag „Standardtyp der Tour“ nichts mit den Routing-Einstellungen zu tun, sondern er klebt der Aktivität nur ein Etikett auf, mit der man sie später leichter in der Garmin-Cloud wiederfindet. Wie sich die Profile unterscheiden, muss man erst durch Vergleich der Optionen herausfinden. Tipp: Besonders der Unterpunkt „Routing“ verdient Aufmerksamkeit, darin verstecken sich einige Stellschrauben. Am wichtigsten,

aber tief im sechsten Untermenü versteckt, ist die Wegeauswahl, die das Profil benutzt. Auch dort stießen wir auf Seltsames. So schließen beispielsweise die Profile „Arbeitsweg“ und „Tourenrad“ richtigerweise zwar Autobahnen aus, erlauben aber „wichtige Autobahnen“, womit wohl Hauptverkehrsstraßen gemeint sind – ein Übersetzungsfehler, der sich wohl schon jahrzehntelang durch Garmin-Geräte schleppt.

Beim Wahoo Elemnt Roam scheucht das Profil „MTB“ das Rad über jedes Gelände, von Waldwegen bis hin zu Schotter und asphaltierte Straßen. Das Profil „Straße“ fokussiert auf befestigte Oberflächen, während „Cross“ zusätzlich Wege über Schotter und nicht befestigte Wege nimmt. „Hybrid“ ist zwar auch auf Asphalt getrimmt, nimmt aber die besseren unbefestigten Wege noch mit. Für Trekkingräder passte das im Test gut.

Der Mio Cyclo Discover Connect fasst hingegen unter dem Begriff „Profil“ verschiedene Navibenutzer. Wie er Routen berechnet, bestimmt man hingegen mit dem Menü „Routenoptionen“. Fürs Rad gibt es drei: Stadtrad, Mountainbike und Rennrad. Außerdem findet sich ein weiteres für Fußgänger. Theoretisch unterscheidet der Mio Haupt-, Fahrradstraßen und spezielle Fahrradrouten-Knotennetze sowie unbefestigte Wege beziehungsweise Kopfsteinpflaster-Wege. Bevorzugte Wege waren jedoch in keinem Profil eingestellt, sodass alle Routen fast identisch waren, egal für welchen Fahrradtyp. Umso erstaunlicher ist, dass der Online-Routenplaner von Mio, in dem man Routen fürs Gerät schon mal am PC austüfteln kann, ganz andere Modi enthält, nämlich „Einfache Tour“, „Sportliche Tour“ und „Laufen“. Der erste Modus

brachte auch als einziges Navi im Test für den Arbeitsweg eine Strecke zuwege, die auch wir Alltagsradler mit Kuschhand genommen hätten.

Der Sigma Rox 12.0 Sport lässt in seinen Profilen unter dem Punkt „Routing Optionen“ die Wahl zwischen einem und drei Pluszeichen zum Bevorzugen der drei angebotenen Straßenarten „Hauptstraßen“, „unbefestigte Straßen“ sowie „Radwege“. Das ist leicht nachvollziehbar und praktisch. Auch Einbahnstraßen lassen sich pauschal ausschließen. Das wirft Fragen auf, denn das Kartenmaterial informiert üblicherweise, ob etwa eine Einbahnstraße für Radler auch gegen die Fahrtrichtung von Autos freigegeben ist. Ähnliches gilt für den oben bereits ausgeführten Punkt „Radwege“, bei dem nicht klar ist, was Sigma darunter fasst.

Der Hammerhead Karoo 2 nimmt eine Sonderstellung ein, denn bei ihm kann man am Navi gar kein Profil wählen. Es routet stumpf nach Vorgaben für Rennradler, also auf glatten Straßen. Das erschließt sich allerdings auch nur durch einen Vergleich mit den Routen, die Hammerhead auf seinem Routenplaner im Webportal für das Profil „Street“ berechnet. Dort gibt es auch noch die Profile „Gravel“, mit dem auch unbefestigte Wege einbezogen werden sowie „Dirt“ für MTB-Pfade. Wer also solche Routen will, muss sie vorher mit dem Portal planen und sie per WLAN zum Navi funken. Seltsam, dass diese Auswahl am Gerät nicht möglich ist, wenn doch sowieso alle Routen nur via Remote-Server im Internet aufs Navi gelangen.

### Lasset die Touren zu mir kommen

Das A und O beim Fahrradnavi ist der Import und Export von Touren und anderen Daten. Zum Finden von Touren zum Nachradeln oder zum Planen mit mehr Übersicht bieten sich Routenportale wie die von Komoot und Strava an. Die Touren kann man als GPX-Datei vom PC und sie dann via USB aufs Navi nudeln oder – falls man das Navi an sein Nutzerkonto beim Portal gekoppelt hat – via WLAN mit dem Navi synchronisieren. Eine andere Möglichkeit, eigene Touren zu planen, finden Sie auf dem Webportal Brouter. Dort kann man für den optimalen Weg an vielen Parametern schrauben [1].

Sportliche Naturen können mit einer Verbindung zu Strava Live Segments jederzeit versuchen, auf bestimmten Strecken („Segmenten“) Bestzeiten zu erzielen.



len. Eine Verbindung zu Dropbox zum Datensichern und Austauschen von Routen war bei einigen Navis zwar noch softwareseitig verdrahtet, aber Dropbox hat diese Funktion abgeklemmt. Beim Mio klappte trotz geglückter Kopplung mit dem Tourenportal Komoot gar nichts, nur die Verbindung zum eigenen Portal sowie zu Strava gelang, womit sich dort geplante Routen aufs Gerät beamen ließen.

## Fazit

Kein einziges Navi blieb auf unseren Touren fehlerfrei. Ausgerechnet die Vorschriften, welche Radwege wie zu benutzen sind, kennt kein Navi. Zur Wahrheit gehört aber auch, dass die Geräte später gelassen

zur Tour zurückführen, wenn man ihre idiotischen Anweisungen ignoriert. Bei allen Geräten empfehlen wir eine etwa ein- bis zweiwöchige Einarbeitungszeit. Der selbstbewusst mit 300 Euro bepreiste Mio Cyclo Discover Connect leistete sich nur wenige Navigationspatzer und es ist sehr viel leichter zu bedienen als die Konkurrenz. Das Navi ist aber technisch vollkommen veraltet, hat keine Anschlussmöglichkeiten für Sensoren und ein schlecht gepflegtes Tourenportal, das im Test aber immerhin recht gute Routen berechnete. Der Hammerhead Karoo 2 lieferte überwiegend sehr brauchbare Routen, ist offen für allerhand Sensoren und wies unaufgeregt an, was zu tun war. Er ist

allerdings kurzatmig und komplett englischsprachig. Mehr Daten zur gefahrenen Tour und ein Füllhorn der Konfigurationsmöglichkeiten schüttet der Garmin Edge 830 aus, was im Gegenzug ein längeres und gründliches Studium der Möglichkeiten erfordert. Der Wahoo Elemnt Roam hat das beste Display und eignet sich perfekt, wenn man vorbereitete Routen damit abfährt. Leicht bedienbar, flott und anschlussfreudig ist auch der Sigma Rox 12.0, die positive Überraschung im Test.

(mil@ct.de) 

## Literatur

- [1] Michael Link, Plan wagen, Radtouren mit Online-Tools und Apps planen, c't 17/2019, S. 150

## Fahrradnavis

	Garmin	Hammerhead	Mio	Sigma	Wahoo
Modell	Edge 830	Karoo 2	Cyclo Discover Connect	Rox 12.0 Sport	Elemnt Roam
Hersteller, URL	Garmin, <a href="http://garmin.com">garmin.com</a>	Hammerhead, <a href="http://eu.hammerhead.io">eu.hammerhead.io</a>	Mio, <a href="http://mio.com">mio.com</a>	Sigma, <a href="http://sigmasport.com">sigmasport.com</a>	Wahoo, <a href="http://eu.wahoo.fitness.com">eu.wahoo.fitness.com</a>
Abmessungen (L × B × H)	82 × 50 × 20 mm	101 × 61 × 20 mm	114 × 68 × 19 mm	115 × 60 × 17 mm	89 × 54 × 18 mm
Gewicht	79 g	132 g	155 g	125 g	94 g
Display: Größe / Art / Auflösung	2,6 Zoll (6,6 cm) / LCD Touch / 246 × 322 Pixel	3,2 Zoll (8,1 cm) / LCD Touch / 400 × 800 Pixel	3,5 Zoll (8,9 cm) / k. A. / 340 × 480 Pixel	3,0 Zoll (7,6 cm) / transflektiv / k. A.	2,7 Zoll (6,8 cm) / transflektiv / 200 × 400 Pixel
Bedienung: Touch / Knöpfe	✓ / 3	✓ / 4	✓ / 1	✓ / 6	– / 6
Speicher	16 GByte	32 GByte	8 GByte	4 GByte	4 GByte
Robustheit	IPX7	IP67	IPX7	IP67	IPX7
Anschlüsse	Micro-USB	USB-C	Micro-USB	Micro-USB	Micro-USB
Smartphone-Benachrichtigungen	✓	✓	✓ (ohne Inhalte)	–	✓
Unfallerkennung	✓	–	–	–	–
Konnektivität: Mobilfunk / WLAN / Bluetooth	– / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ (nur Sensoren; Benachrichtigungen nur mit Companion-App)	– / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓ (nur für Sensoren)	– / ✓ / ✓
Sensor-Protokolle	ANT+, Bluetooth LE	ANT+, Bluetooth LE	–	ANT+, Bluetooth LE	ANT+, Bluetooth LE
GNSS-Empfang	GPS / Glonass / Galileo	GPS / Glonass / Beidou / QZSS	GPS	GPS / Glonass	GPS / Glonass / Galileo / Beidou / QZSS
Höhenmesser	barometrisch	barometrisch	GPS	barometrisch	barometrisch
<b>Navigation</b>					
Kartenmaterial	OSM weltweit (Einzelkarten zum Kauf)	OSM-Basis, weltweit	OSM u. Teleatlas-Basis	OSM-Basis, weltweit	OSM-Basis, weltweit
Profile	5, weitere erstellbar	1 im Gerät, 3 übers Portal	3 Radprofile, 1 Wanderprofil	5, 1 Wanderprofil, weitere erstellbar	3
Rundkurse	nach Zeit, nach Länge	–	nach Zeit, nach Länge	–	–
Zielwahl nach Adresse / POI / Favoriten	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓ (Nur Heimatort)	✓ / ✓ / ✓	✓ (mit App) / ✓ (mit App) / ✓
Routen- und Track-Austausch	USB / Gerät zu Gerät (ad-hoc WLAN) / Smartphone / Cloud-Synchronisation mit IQ App	USB / Cloud-Synchronisation (WLAN)	USB / Cloud-Synchronisation (WLAN)	USB / Cloud-Synchronisation (WLAN)	USB / Cloud-Sync (WLAN) / Smartphone (BT + WLAN)
Datenintegration	Herstellercloud, Komoot, Strava, Trailfork, andere, am PC (Basecamp)	Herstellercloud, Komoot, Strava, Suunto, andere (Climber, Xcert)	Herstellercloud, Komoot (ohne Funktion), Strava (nur Premium), RouteYou	Herstellercloud, Komoot, Strava, Training Peaks, am PC (Data Center)	Komoot / Strava, RidewithGPS, BestBikeSplit, MTB Project, Relive, Singletracks
Live-Tracking / Group-Tracking	✓ / ✓	✓ / –	– / –	– / –	✓ / –
<b>Messungen und Bewertungen</b>					
Akkulaufzeit lt. Hersteller / im Test	20 h / 12 h	14 h / 8 h	10 h / 7 h	16 h / 11 h	17 h / 15 h
10-km-Test: Trackgenauigkeit / Höhenmeterfehler	99 % / 0 m	98 % / 23 m	99 % / 45 m	99 % / 4 m	99 % / 1 m
Funktionen	⊕⊕	⊕	○	⊕	⊕
Bedienung	○	⊕⊕	⊕	⊕	⊕
Display / Töne	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊖ / ○	○ / ⊕	⊕⊕ / ○
Routenführung / Rerouting	⊕ / ⊖	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊖	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Sportfunktionen	⊕	⊕	⊖⊖	⊕	⊕
Preis	400 €	400 €	300 €	250 €	300 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden, funktioniert – nicht vorhanden					



# Wetter, Wind und Wellen

## Überblick: Outdoor-Apps für Wanderer, Segler und Surfer

**Spezialisierte Apps für Angler, Surfer und Segler informieren gezielt über Windverhältnisse, Regenwahrscheinlichkeit und Wellengang. Daneben gibt es praktische Helfer für den Sport auf dem Brett oder auf dem Boot, und auch Wanderer profitieren von Wetter-Apps mit Unwetterwarnungen und solchen mit Tipps zu den besten Spots und Routen.**

**S**tatt im Web möchte man im Urlaub lieber auf Wellen surfen, vor kräftigem Wind segeln oder in mehrtägigen Wanderungen die Natur erkunden. Apps informieren über die Verhältnisse vor Ort: Wie tief ist das Wasser, wann kommt die Flut und wann verschiebe ich die Bergwanderung lieber, weil ein Unwetter droht? Die Grundlage für alle Outdooraktivitäten bildet ein guter Wetterbericht, denn sowohl das Meer als auch die Berge sollte man nicht unterschätzen. Allzu oft wurden arglose Bergwanderer von plötzlichen Unwettern in Bedrängnis gebracht oder Schwimmer und Surfer von ablandigem Wind und Strömungen überrascht, die ihre Kräfte überstiegen. Generell gilt es, die eigenen Fähigkeiten nicht zu überschätzen und sich bei Ortskundigen zu informieren.

Zur Planung von Wanderungen bieten sich verschiedene Routenplaner-Apps an [1]. **Outdooractive** besticht durch Insiderkenntnisse von Tourismusverbänden, **alpenvereinaktiv** durch das Wissen der Alpenvereine aus Deutschland, Österreich und Südtirol. Die abopflichtige App ist ganz auf Bergsport ausgerichtet. Das Angebot der Wander- und Radfahrer-App **Komoot** präsentiert sich vielfältig und umfasst alles von der Bergtour bis zum Stadtpaziergang. Vor allem beim Gang in die Natur ist eine zuverlässige Wettervorsage wichtig.

### Und nun: das Wetter

Die kostenlos vorinstallierten Apps in Android-Smartphones und iPhones liefern nur grobe Voraussagen mittels US-amerikanischer Modelle, die auf das



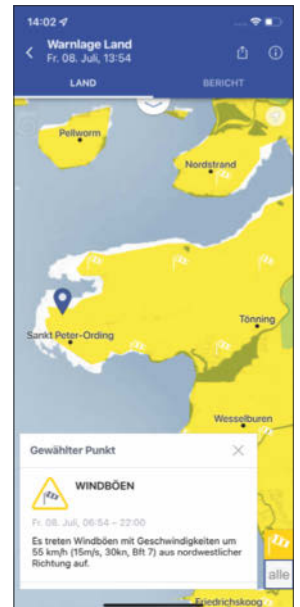
kleinteilige Europa mit seinen Binnenmeeren und Mittelgebirgen nur bedingt anwendbar sind. Selbst um einen Strandtag zu planen, sind sie zu ungenau, geschweige denn für Kitesurfer oder Hobbysegler.

c't hat 2017 über einen langen Zeitraum die Vorhersage von Wetter-Apps getestet [2]. Dabei zeigte sich, dass es sich auszahlt, wenn Meteorologen verschiedene Wettermodelle vergleichen und abhängig von der aktuellen Großwetterlage aus vielen Prognosen die wahrscheinlichste auswählen. Die drei bekanntesten Wettermodelle sind: ECMWF vom Europäischen Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage, GFS, das Global Forecast System des National Weather Service der Vereinigten Staaten von Amerika, und ICON, das globale Wettervorhersagemodell des Deutschen Wetterdienstes.

Die privatwirtschaftlichen Dienstleister WeatherPro von der Firma Meteogroup und WetterOnline beschäftigen jeweils über 100 Meteorologen, die ihre gleichnamigen Apps mit aktuellen Vorhersagen füttern. Dabei macht mal das eine und mal das andere Wettermodell das Rennen um die wahrscheinlichste Voraussage. Auf der Webseite von WetterOnline kann man mehrere Modelle vergleichen: Ab dem fünften Tag laufen die Wettertrends spürbar auseinander. Für ihren Einzugsbereich, Deutschland, Österreich und die Schweiz sowie das angrenzende Ausland, liefern WeatherPro und WetterOnline mit die genauesten Aussagen. Auch der Deutsche Wetterdienst punktet für Deutschland mit verlässlicher Vorhersage. Die US-Dienste Weather Channel und AccuWeather liefern hierzulande weniger brauchbare Prognosen.

Die App von **WeatherPro** wirkt nüchtern wie eine Exceltabelle, liefert aber detaillierte Wetterdaten. Die kostenlose Version sagt Temperatur, Wind, Luftdruck und Niederschlag sowie gefühlte Temperatur, Sonne und UV-Index für sieben Tage in dreistündigen Intervallen voraus. Sie zeigt weltweite Satellitenbilder und für Deutschland Wettergraphen für Windböen, -richtung und -geschwindigkeit. Für 0,99 Euro im Monat verkürzt sich das Intervall auf stündlich, verlängert sich die Vorhersage auf 14 Tage. Das Regenradar prognostiziert drei Stunden in die Zukunft.

Allein für sein Regenradar lohnt die Installation von **WetterOnline**. Darüber hinaus informiert die App für die kommen-



**WeatherPro (links), WetterOnline (Mitte) und DWD WarnWetter liefern für Mitteleuropa deutlich bessere Prognosen als vorinstallierte US-Apps.**

den 14 Tage über Sonnenstunden, Regenwahrscheinlichkeit, Sonnenauf- und -untergang, UV-Index und Windrichtung sowie -stärke. Die Prognose teilt sich in die Tagesabschnitte Vormittag, Nachmittag, Abend und Nacht. Das ist weniger engmaschig als bei WeatherPro, aber bei einem Horizont von zwei Wochen eine realistische Einteilung. Für den aktuellen Tag gibt es stündliche Vorhersagen. Die Windvorhersage reicht mit ungenauen Angaben wie „schwacher Wind“ zum Wandern, nicht aber zum Segeln oder Windsurfen. Vor das Regenradar schaltet WetterOnline in der kostenlosen Version Anzeigen. Das kann nerven, weil sich einige Anzeigen erst nach ein paar Sekunden Zwangswartezeit verschauen lassen. Für 1,49 Euro im Monat verschwindet die Werbung.

„Mit der **WarnWetter**-App versorgt der Deutsche Wetterdienst im Rahmen seines gesetzlichen Auftrages die breite Öffentlichkeit und die Einsatzkräfte aus dem Katastrophen-, Bevölkerungsschutz und Umweltschutz mit wichtigen Hinweisen zur aktuellen Warn- und Wettersituation“, heißt es auf der Webseite der Bundesoberbehörde. Vor einigen Jahren klagten kommerzielle Wetteranbieter gegen das Angebot der öffentlichen Hand – mit Erfolg. Seit März 2020 kostet die Vorhersage von Temperaturen, Regen, Wind und Blitzen einmalig 1,99 Euro innerhalb der kostenlosen App. Auch der Zeitschieber auf der Karte ist der kostenpflichtigen Ver-

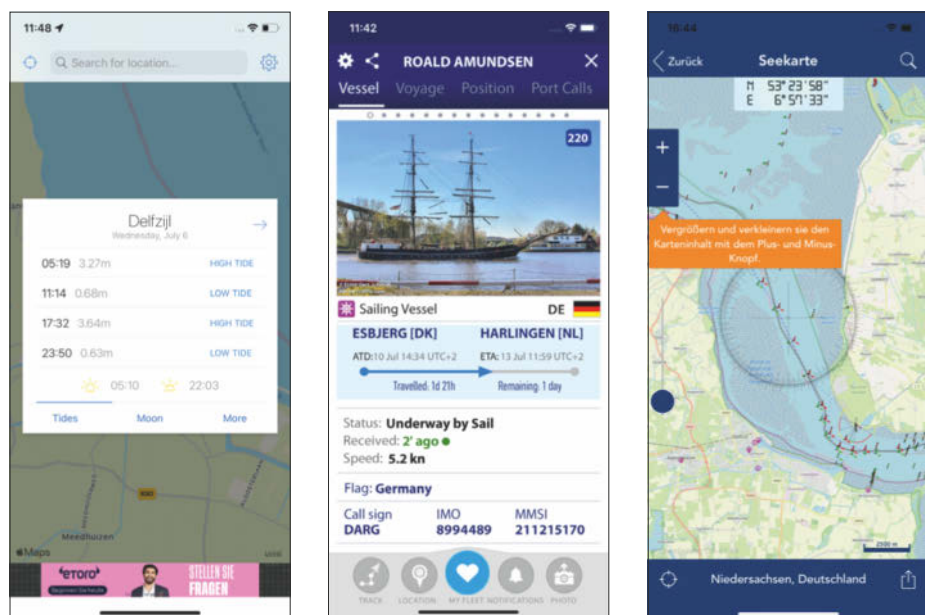
sion vorbehalten. Einmal freigeschaltet, kann man den In-App-Kauf auf mehreren Geräten nutzen. Die kostenfreie Version informiert über die Großwetterlage und warnt vor Unwettern wie Gewitter, Schnee und Glätte in Deutschland sowohl an der Küste als auch in Binnenseen und in den Bergen. Das macht sie zu einem wertvollen Begleiter.

## Apps für Surfer

Wassersportler sind auf verlässliche und detaillierte Informationen zu spezifischen Wetterdaten wie Luft- und Wassertemperatur, Wind, Wellen und Strömung angewiesen. Der Blick auf Windradar und Wellenbedingungen erspart Wellenreitern, Kitesurfern und Windsurfern nicht nur unnötige Wege bei Flaute, er kann auch verhindern, dass man sich versehentlich, oder weil man die eigenen Kräfte überschätzt hat, in Gefahr gibt.

Wer nicht mit einer Surfschule, sondern auf eigene Faust zu Wind und Wellen aufbricht, sollte mit einem Blick auf eine Surf-App den Tag beginnen. Verschiedene Anbieter informieren über die Bedingungen am Strand der Wahl, und mit der richtigen App reichen wenige Minuten. Nicht alle Dienste nutzen dieselbe Datenbasis. Was an einer Stelle fehlt, findet man an einer anderen.

Eine der beliebtesten Surfer-Apps heißt **Magic Seaweed**. MSW informiert über Swell, also Wellenhöhe, -abstand



**My Tide Times (links)** sagt Ebbe und Flut voraus. **MarineTraffic (Mitte)** zeigt die Positionen von Schiffen weltweit. **Seewetter Pro** ruft nützliche Daten von der Seekarte bis zur Seefunkfrequenz ab.

und -richtung, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie Temperatur vor Ort. Laut Anbieter zeigt die App Daten zu nahezu 3000 Stränden in 180 Ländern und Live-Bilder von über 550 Webcams, außerdem Fotogalerien und Nutzerbewertungen. Webseite und App haben außerdem einen Newsbereich mit Artikeln und Videos aus der Welt der Wellenreiter. So ist sie gleichzeitig eine Art Surfer-Reiseführer. Ohne Abo kann man auf sieben Tage Wettervorhersage und die Webcams zugreifen. Die Vorhersage der kostenpflichtigen Version erstreckt sich auf die nächsten 16 Tage, wobei die Genauigkeit mit längerer Dauer wie bei jedem anderen Wetterbericht abnimmt. Abonnenten erhalten für 2,69 Euro pro Monat Werbefreiheit und Zugriff auf die historische Datenbasis, um beispielsweise die Bedingungen zu bestimmten Jahreszeiten abschätzen zu können.

Einige Nutzer haben moniert, dass Magic Seaweed beispielsweise in Nordspanien nicht alle Strände erfasst. **Wisuki** liefert Wind-, Wetter- und Wellenvorhersage zu Spots vor allem in Europa – im Zweifel wird man hier fündig. Die Wellen gibt Wisuki tendenziell etwas zu hoch an, berichten erfahrene Surfer in Foren.

Die Wellenvorhersage von **Surfline** kommt nüchtern daher, gilt aber als besonders zuverlässig. Über die Weltkarte sucht man seine Surfspots; nach Registrierung kann man sie als Favoriten speichern.

In der kostenlosen Version ist die Wellenvorhersage nur für die nächsten zwei Tage verfügbar. Auch Wisuki und Surfline bieten kostenpflichtige Dienste ohne Werbung per In-App-Kauf.

## Surf-Community und -Beratung

Die kostenlose App der **World Surf League** informiert weniger über das Wetter als über professionelle Surfer und Sportveranstaltungen, an denen sie teilnehmen. Die App überträgt die Championship Tour und Big-Wave-Events live. Außerdem zeigt sie Videos spektakulärer Taten und Wipeouts sowie Neuigkeiten aus der Welt der Surfer. Im eigenen Newsfeed kann man Lieblingssurfern folgen und sich informieren lassen, wenn sie gerade aktiv auf der Welle unterwegs sind.

Für Unterhaltung in der Hängematte sorgt das Spiel **True Surf**. Das offizielle Surfing-Game der World Surf League (WSL) stammt vom Hersteller True Axis und nutzt für die Simulation Live-Wettervorhersagen von Surfline. Surfboards kann man per In-App-Kauf erwerben.

## Apps für Segler, Kite- und Windsurfer

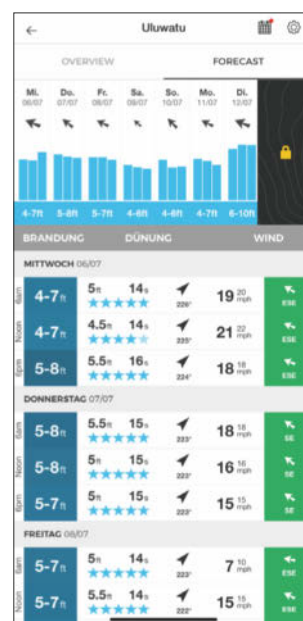
Ursprünglich wandte sich **Windfinder** vor allem an Segler und Windsurfer. Hinzu kamen Angler, Kitesurfer und Wellenreiter, denn Wind ist für sie alle wichtig. Im Dreistundentakt liefert Windfinder aktuelle Windmesswerte und besticht mit

übersichtlicher Darstellung. Windfinder wirbt mit 45.000 Surf- und Kitespots sowie 63.000 Webcams. Die Anzahl der Spots übersteigt diejenige von Magic Seaweed bei Weitem, weil auch Süßwasserseen wie der Bodensee und das Steinhuder Meer dabei sind.

Die kostenlose Version beinhaltet eine neuntägige Wettervorhersage. Sie umfasst Windrichtung und -stärke, Lufttemperatur, Niederschlag, Luftdruck, Wellenrichtung und -höhe. Windstatistiken helfen schon vor dem Urlaubsantritt bei der Planung. Für 1,49 Euro im Monat bekommt man keine Werbung zu sehen und erhält eine feinmaschigere Wettervorhersage und detaillierte Surfvorhersagen mit Echtzeitwindmessungen.

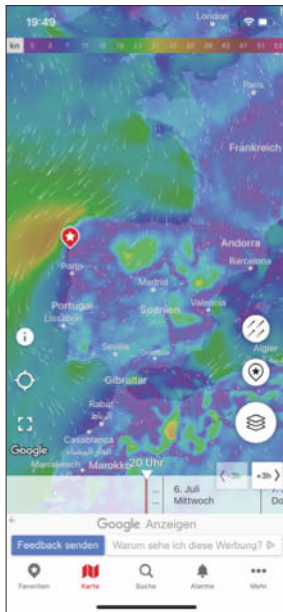
Im Webbrowser und als App bringt **Windy** eine Fülle an Daten auf den Bildschirm – nicht nur, aber vor allem den Wind betreffend. Für die Vorhersage kann man verschiedene Wettermodelle anwählen wie ECMWF, GFS und ICON. So kann man vergleichen und sich dann für die Mehrheitsmeinung entscheiden.

Windy bietet mittlerweile über 40 verschiedene, animierte Wetterkarten für Windstärke, Windrichtung, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Regen sowie Wellen, Meeresströmung und Gezeiten. Airgramm und Meteogramm sagen



**Magic Seaweed** liefert detaillierte Prognosen zu Wellenhöhe sowie Windrichtung und -geschwindigkeit kostenlos für sieben Tage oder im Abo für 16 Tage.





Ein Blick auf Windfinder genügt, um zu sehen, wie stark es woher weht.

Wind und Wellen für Kitesurfer und Wellenreiter voraus. Gezeitenströmungen werden täglich aktualisiert. So zeigt sich Windy vielseitig einsetzbar. Ein Premium-Dienst bietet stündliche statt dreistündige Vorhersage und Werbefreiheit für 1,60 Euro im Monat.

Viele Wassersportler schwören auf **Windguru** als Dienst mit der besten Wind- und Wellenvorhersage. Er informiert über Windstärke in Knoten und die Windrichtung sowie über Wellenhöhe und -richtung und die Wassertemperatur. Detaillierte Karten und Graphen zeigen, woher der Wind weht. Im Abo kann man auch Tidenkalender einsehen. Leider steht Windguru nicht als Mobil-App zur Verfügung, sondern nur als Webseite.

Nutzer des kostenlosen Dienstes **PredictWind** können auswählen, welches Wettermodell sie nutzen wollen. So stellt die App Windvorhersagen von ECMWF und GFS, von deutschen, britischen, französischen oder anderen nationalen Wetterdiensten nebeneinander zum Vergleich. Ein knappes Dutzend globaler und regionaler Modelle stehen zur Wahl. Statt sich optimistisch auf das beste Wetter zu verlassen, erhält man einen Eindruck, ob nicht doch ein Unwetter droht.

## Apps fürs Boot

Neben einer App für die Windvorhersage profitieren Segler und Sportbootfahrer von einer Reihe praktischer Hilfsprogramme. In der Regel stehen sie kostenlos mit

Werbung und gegen eine geringe Gebühr werbefrei zur Verfügung, wie beispielsweise **My Tide Times**, eine App, die Daten von mehr als 9000 Tidenstationen in über 30 Ländern anzeigt. Je nach Station ruft die App Vorhersagen über Ebbe, Flut und Mondphase für bis zu 30 Tage auf – praktisch auch im Nordseeurlaub zur Planung eines Strandspaziergangs.

Der Dienst **MarineTraffic** zeigt auf der Webseite und in der Mobil-App Positionen von allen erdenklichen Schiffen vom Sportboot bis zum Containerriesen weltweit an. Bei Aufruf der App kann man auf der Weltkarte die Vielzahl von Schiffen bestaunen und bei einem Klick darauf Details wie Name, Kurs und Geschwindigkeit sowie ein Bild des Boots aufrufen. Über die Suchfunktion findet man heraus, wo sich ein bestimmtes Boot gerade befindet.

Gemeinsame nächtliche Ankerwache kann beim Blick auf die Sterne und einer heißen Tasse Kaffee sehr romantisch sein. Man kann sie aber auch einer App überlassen. **Ankeralarm** gibt Meldung, sobald das Schiff aus dem überwachten Radius abtreibt. Für 2,99 Euro jährlich lassen sich zwei Smartphones koppeln. Eins verbleibt auf dem Boot, das andere empfängt dessen Position.

Über eine reine Wettervorhersage geht **Seewetter Pro** weit hinaus. Die iPhone-App ruft von verschiedenen Diensten nützliche Daten ab, beispielsweise Wetterkarten, die Vorhersage für das Küstenwetter des Seewetterdienstes Hamburg, Seekarten von OpenSeaMap, Frequenzen für den Seefunk in Nordsee, Ostsee, Mittelmeer und Ijsselmeer und einen integrierten Ankeralarmdienst.

## Fazit

Urlaub in der Natur ohne Apps ist denkbar, doch Wetter- und Hilfs-Apps liefern nützliche Informationen, auf die man nicht verzichten sollte. Sie können keinesfalls die Kenntnisse von Ortskundigen ersetzen, aber sinnvoll ergänzen. Und sei es nur, um nebenbei den Kurs des Boots, auf dem man gerade unterwegs ist, zu verfolgen, und schon mal zu schauen, ob die kommenden Tage die Sonne scheint oder eine steife Brise weht. (akr@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Kim Sartorius, Wüschelrouten, Outdoor-Apps zur Routenplanung und Navigation, c't 12/2021, S. 54
- [2] André Kramer, Von heiter bis wolbig, Android- und iOS-Wetter-Apps externer Anbieter, c't 9/2017, S. 120

## Outdoor-Apps

Name	Hersteller, URL	Systemanf.	Preis
<b>Wetter-Apps</b>			
DWD WarnWetter	Deutscher Wetterdienst, dwd.de	Android (var.), iOS ab 12.0	kostenlos, 1,99 € für mehr Daten
WeatherPro	Meteogroup, weatherpro.com	Android ab 5.0, iOS ab 10.0	kostenlos (And.), 0,99 € (iOS), 0,99 € pro Monat, 8,99 € pro Jahr
WetterOnline	WetterOnline, wetteronline.de	Android ab 6.0, iOS ab 14.0	kostenlos, werbefrei für 1,49 € pro Monat, 9,99 € pro Jahr
<b>Apps für Surfer</b>			
Magic Seaweed	MSW, de.magicseaweed.com	Android ab 4.6, iOS ab 13.0	kostenlos, 7,49 € / Monat, 68,99 € / Jahr
Surflife	Surflife, surflife.com	Android ab 6.0, iOS ab 13.0	kostenlos, 7,99 € / Monat, 59,99 € / Jahr
True Surf	True Axis, trueaxis.com	Android ab 4.4, iOS ab 11.0	kostenlos, 2,99 € / Monat
Wisuki	Wisuki, de.wisuki.com	Android ab 5.0, iOS ab 13.0	kostenlos, 2,99 € / Monat, 25,99 € / Jahr
World Surf League	WSL, worldsurfleague.com	Android ab 5.0, iOS ab 12.4	kostenlos
<b>Windvorhersage</b>			
PredictWind	PredictWind, predictwind.com	Android ab 6.0, iOS ab 15.2	kostenlos
Windfinder	Windfinder, de.windfinder.com	Android ab 5.0, iOS ab 14.0	kostenlos, 1,49 € / Monat, 9,99 € / Jahr
Windguru	Windguru, windguru.cz	Web-Browser	25,90 € pro Jahr
Windy.com	Windy, windy.com/de	Android ab 7.0, iOS ab 12.0	kostenlos, 1,60 € / Monat, 18,99 € / Jahr
<b>Apps für Segler</b>			
Ankeralarm	w+h, ankeralarm.app	Android ab 5.0, iOS ab 12.0	kostenlos, 2,99 € / Monat oder einmalig 19,99 €
MarineTraffic	MarineTraffic, marinetraffic.com	Android ab 4.4, iOS ab 9.0	kostenlos, 2,99 € / Monat, 10,99 € / Jahr
My Tide Times Pro	JRustonApps, justonapps.com	Android ab 4.4, iOS ab 10.0	kostenlos (1,99 € für mehr Daten)
Seewetter Pro	Appdoctors, www.seewetterpro.de	iOS ab 11.0	10,99 €
<b>Apps für Wanderer und Radfahrer</b>			
alpenvereinaktiv	Alpenverein, alpenvereinaktiv.com	Android (var.), iOS ab 13.2	kostenlos, Pro-Vs. ab 2,50 € pro Monat
Komoot	Komoot, komoot.com	Android (var.), iOS ab 14.0	kostenlos, 3,99 € pro Region
Outdooractive	Outdooractive, outdooractive.com	Android (var.), iOS ab 13.2	kostenlos, Pro-Vs. ab 2,50 € pro Monat

# Durstiger Kraftzweig

## Mini-PC Asrock Industrial NUC Box-1260P



**Der NUC Box-1260P ist einer der ersten Mini-PC-Barebones mit hybridem Alder-Lake-Prozessor. Das Kraftpaket greift man locker mit einer Hand, es hat reichlich Leistung, rasend schnelle USB-C-Anschlüsse und modernes Wi-Fi 6E. Im Test überzeugte der Winzling dennoch nicht in allen Disziplinen.**

Von Carsten Spille

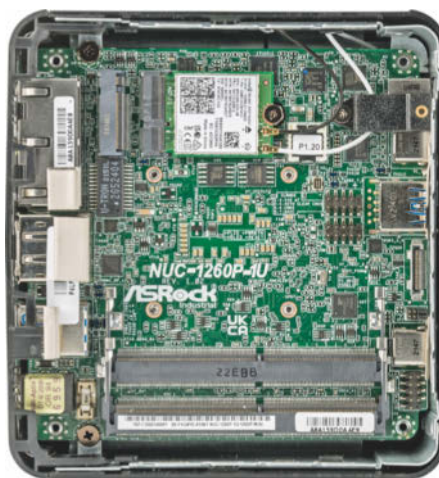
Die an Intels Mini-PC-Format NUC (Next Unit of Computing) angelehnte Box-Reihe von Asrock Industrial gibt es jetzt auch mit modernen Alder-Lake-Innereien, sprich Intels aktueller, hybrider Kernarchitektur. Mini-Barebones wie dieser sind etwa für digitale Anzeigetafeln gedacht, die aufwendige Inhalte wie Kursverläufe auf mehreren Bildschirmen anzeigen. Daheim nutzen viele sie als kompakten Media-Center-PC oder Arbeitsrechner für Büroaufgaben und Videokonferenzen. Wir haben das knapp 800 Euro teure Topmodell mit dem Zwölfkernprozessor Core i7-1260P getestet.

Wie bei Barebones üblich, muss man für einige Bauteile selbst sorgen. Bei der Box-1260P sind das DDR4-Speicherriegel im SO-DIMM-Format und eine SSD (oder 2,5-Zoll-HDD, wenn man das wirklich noch will). Die Hardware bauen auch handwerklich weniger Begabte in ein paar Minuten ein, man braucht dazu nur einen passenden Kreuzschlitzschraubendreher. Das Betriebssystem – wir haben Windows 10, 11 und Ubuntu Desktop 22.04 LTS probiert – muss man ebenfalls selbst organisieren.

Die Anschlussvielfalt ist für so ein kompaktes Gehäuse beachtlich. Vorn warten neben der 3,5-Millimeter-Klinken-

buchse zwei der verdrehsicheren Typ-C-Buchsen, die im Test rund 2 GByte/s schafften. Die Typ-A-Buchse war, wie auch die beiden an der Rückseite, mit 1 GByte/s nur halb so schnell. Das reicht für USB-Sticks locker. Hinten sitzen auch die beiden 2,5-Gbit/s-Netzwerkanschlüsse, die im Test die erwarteten knapp 300 MByte/s sendeten und empfangen. Dazu baut Asrock zwei klassische Bildschirmanschlüsse ein – HDMI 2.0b und Display-Port 1.4a –, die in Kombination mit den Typ-C-Buchsen im Alt-Mode zusammen vier 4K-Bildschirme beschickten.

Der nicht wechselbare Core-i7-Prozessor darf 28 Watt auf seine vier Performance- und acht Efficiency-Kerne verteilen; im Turbo-Fenster sind es 64 Watt. Damit erreicht er bis zu 4,7 GHz, was in Verbindung mit einer schnellen NVMe-SSD für flottes Ansprechverhalten sorgt. Im Test maßen wir mit einer Samsung 980 Pro 6,7 GByte/s lesend und knapp 4,8 GByte/s schreibend, der Bootvorgang bis zum Login-Bildschirm des Betriebssystems dauerte befriedigende 15 Sekunden.



**Das Wi-Fi-6E-Modul (oben, Mitte) hat Asrock in der Box-1260P vormontiert. Die Fassungen für die M.2-SSD (oben links) und den DDR4-Arbeitsspeicher (unten) bestückt man in Eigenregie.**

Im BIOS-Setup der Box-1260P können Bastler und Optimierer auch die E-Cores einzeln abschalten, ebenso bis zu drei der vier P-Cores und deren SMT-Funktion. Anwender können so Probleme mit dem Windows-10-Scheduler umschiffen, der nicht gut mit den verschiedenen Kernarten umgehen kann und dadurch Programme wie Visual Studio 2022 zwingt, auf den langsameren E-Cores zu laufen.

### Zu viel Power

Der kleine Radiallüfter dreht leider auch im Leerlauf und erzeugt ein auf Schreibtischdistanz hörbares Rauschen von 0,5 sone – das schaffen andere Minis leiser, ist aber wohl dem angedachten Einsatz im gewerblichen Umfeld geschuldet. Als Media-Center mit der mitgelieferten VESA-Halterung hinter dem 3 Meter entfernten TV verschraubt, stört das Geräusch nur noch in sehr leiser Umgebung.

Unter Last tobt jedoch ein kleiner Wirbelwind durchs Gehäuse. Im Turbo-Modus mit seinen primärseitigen 64 Watt messen wir laute 2,5 sone. Mit dem Turbobetrieb ist auch die Kühlung überfordert, sodass der Prozessor bei 100 Grad Celsius schon nach wenigen Sekunden seine Taktfrequenz senkt. Zum Glück dauert der Turbo-Krach nur rund 20 Sekunden, danach wird es mit 1,5 sone unter Dauervolllast erträglicher, auch wenn man diese Geräuschquelle nicht vor sich auf den Schreibtisch stellen möchte.

### Sparsamer unter Linux

Weniger schön ist die Leistungsaufnahme im Leerlauf. Ab Werk zeigt das Messgerät 16,1 Watt an, ein Wert, den auch ausgewachsene PCs mit Desktop-Technik schaffen und den kleine, sparsame Mobiltechniker wie die Box-1260P eigentlich locker unterbieten sollten. Und auch nachdem wir alle zugänglichen Stromsparmechanismen, darunter die C-States, aktivierten, sank der Wert nur auf 14,5 Watt.



Unsere Tests unter Ubuntu Desktop 22.04 LTS zeigten erfreulicherweise keine negativen Auffälligkeiten. Trotz vergleichsweise neuer Plattform brachte die aktuelle Ubuntu-Version die nötigen Treiber für alle Komponenten mit. Die Transferraten an den Schnittstellen fielen im Rahmen der Messgenauigkeit identisch aus und die Leistungsaufnahme im Leerlauf lag sogar unter dem Windows-Wert – war aber immer noch zu hoch.

## Fazit

Mit dem Mini alles richtig gemacht – würde man gern sagen, aber dafür sind sowohl die Kühlung zu laut als auch die Leistungsaufnahme im Leerlauf viel zu hoch. Wer aber einen Mini-PC haben will, der auch vor anspruchsvolleren Aufgaben nicht gleich die Hufe hochreißt, kann mit dem Asrock-Barebone NUC Box-1260P glücklich werden. Die große Auswahl schneller Schnittstellen von USB-C über vier Displays bis zu Dual-LAN kommt als Bonus obendrauf.

(csp@ct.de) **ct**

## Asrock Industrial NUC BOX-1260P

Mini-PC-Barebone mit Zwölfkern-CPU	
Hersteller, URL	Asrock Industrial, asrockind.com
Prozessor (Kerne, Takt)	Intel Core i7-1260P (28 Watt, 4 × P-Kerne (Golden Cove, SMT, max. 4,8 GHz, inoffizieller Basistakt: 2,5 GHz), 8 × E-Kerne (Gracemont, max. 3,4 GHz))
Mainboard / BIOS	Asrock Industrial NUC-1260P-1U (90PXG8Y0-00EAY100) / P1.20
RAM / max. (Slots)	2 × SO-DIMM, DDR4-3200/ 64 GByte (2 × 32 GByte)
Anschlüsse vorn / oben	2 × USB-C 3.2 Gen 2 (DP-alt-Mode), 1 × USB-A 3.2 Gen 2, 1 × Audio-Klinke / Power-Knopf
Anschlüsse hinten	1 × DisplayPort 1.4a, 1 × HDMI 2.0b, 2 × 2,5-Gbit/s-Ethernet (RJ45), 2 × USB-A 3.2 Gen 2, 1 × Strom
Festplattenschächte / M.2	1 × 2,5 Zoll (SATA 6G) / 1 × M.2 2280 (M-Key, PCIe 4.0 x4, frei) / 1 × M.2 2230 (M-Key, PCIe 2.0 x1, belegt mit WiFi+BT-Modul)
Gigabit Ethernet / WLAN / Soundchip	2 × Intel i225-LM / 1 × Intel Wi-Fi 6E AX211 / 1 × Realtek ALC233
Netzteil	AcBel ADB002, 19 V/4,74 A (90 W), 9 cm × 3,6 cm × 2,8 cm
Abmessungen Gehäuse	11,0 cm × 11,7 cm × 5,1 cm (inkl. Füßchen)
Zubehör	VESA-Halterung
Messwerte (Ultra-HD-Display, USB-Tastatur/-Maus)	
Cinebench R23 Single- / Multithreading	1642 / 7941 Punkte
3DMark Fire Strike / BAPCo SYSmark 25	3991 / 1112 Punkte
LAN-Datenrate 1 / 2 senden (empfangen)	2386 (2374) / 2385 (2374) Mbit/s
WLAN-Datenrate 2,4 / 5 / 6 GHz, 5 m (20 m)	250 (145) / 1334 (234) / 1448 (177) Mbit/s
Leistungsaufnahme Soft-off / Energie sparen	2,3 W (–) / 2,3 W
Leerlauf / Vollast CPU / CPU + GPU	16,1 / 40 / 42 W
Geräusch im Leerlauf / CPU-Vollast	⊕ (0,5 sone) / ○ (1,3 sone)
analoge Signalqualität	Wiedergabe: ⊕⊕ / Aufnahme: n.v.
Preis	795 €
n.v. nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht	

Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt deutschlandweit eine/n

## WEB-ENTWICKLER ANGULAR (M/W/D)

### Lust, dabei zu sein?

Komm ins Team rola und begeistere uns mit deinen Fähigkeiten, wenn du unter anderem

- über sehr gute Kenntnisse bei der Anwendung von HTML5, CSS/SCSS, JavaScript und TypeScript sowie in der Entwicklung von Single-Page-Webapplikationen mit Angular und der Angular CLI verfügst,
- ein abgeschlossenes technisches oder naturwissenschaftliches Studium oder Berufsausbildung im Bereich IT oder Digitale Medien und
- zwei Jahre Berufserfahrung hast.

Was du sonst noch brauchst? Das und alles rund um unsere attraktiven Benefits, verraten wir dir auf unserer Webseite: [www.rola.com/stellenangebote/](http://www.rola.com/stellenangebote/)

Wir freuen uns darauf, dich kennenzulernen!

rola Security Solutions GmbH | 46047 Oberhausen | [www.rola.com](http://www.rola.com)

### Warum zu rola?

Wir von rola Security Solutions sind marktführend in Bezug auf Informationsmanagement im Sicherheitsbereich und strategischer Partner für nationale wie internationale Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben.

### Wie wir das erreicht haben?

Mit agilen, cross-funktionalen Teams, schnellen Feedbackschleifen und dem ständigen Drang, unser Wissen und Können weiter auszubauen. Regelmäßige Schulungen sowie ein kooperativer, interdisziplinärer Austausch machen dies unter anderem möglich.

**rola.**  
SECURITY SOLUTIONS

# Zwölfer-Zwerg

## Mini-Barebone Asrock DeskMini B660 für Core-i-12000-Prozessoren

**Der günstige Mini-PC-Barebone DeskMini B660 spielt mit drei Displayausgängen, schnellem USB und Platz für vier SSDs auf der Höhe der Zeit. Unser Test zeigt, wie gut er mit einem leistungsstarken Zwölkernprozessor harmoniert.**

Von Christian Hirsch



Die Mini-PC-Barebones der Serie DeskMini von Asrock sind bei Leserschaft und Redaktion der c't beliebt, weil sich mit ihnen preiswerte, kompakte und sparsame Office-PCs und Server bauen lassen. Im Unterschied zu vielen Geräten ähnlicher Größe hat der Hersteller keinen Mobilprozessor eingelötet, sondern es kommt flexible Desktoptechnik zum Einsatz. Der DeskMini B660 nimmt Intels aktuelle CPU-Generation „Alder Lake“ mit der Fassung LGA1700 vom Dual-Core Celeron G6900 bis zum 16-Kerner Core i9-12900 auf. Die K-Modelle mit 125 Watt Processor Base Power (PBP) laufen wegen des 120-Watt-Netzteils jedoch nicht darin.

Fürs komplette System fehlen dem 220-Euro-Barebone außer dem Prozessor noch SSD und zwei Speicherriegel im SO-DIMM-Format für den Dual-Channel-Betrieb. Mit Celeron G6900, 8 GByte DDR4-RAM und einer 512-GByte-SSD ergibt das einen Gesamtpreis von mindestens 360

Euro. Wir haben uns für den Test für eine leistungsfähigere Konfiguration mit dem 8+4-Kerner Core i7-12700, 16 GByte Arbeitsspeicher und einer schnellen PCIe-4.0-SSD entschieden.

Zum Einbau der Komponenten muss man lediglich vier Schrauben lösen und den Mainboard-Schlitten herausziehen. Die Höhe reicht für die zur CPU mitgelieferten Kühler Laminar RS1 und RM1 der Celeron- bis Core-i7-Modelle aus. Der Laminar RH1 des Core i9-12900 ragt hingegen wesentlich höher auf und passt deshalb nicht in den DeskMini B660. In diesem Fall empfehlen wir einen alternativen Kühler wie den Arctic Freezer 11 LP oder den Noctua NH-L9i-17xx.

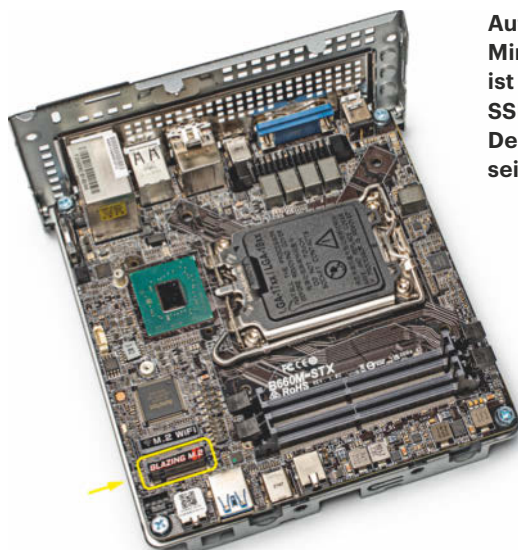
### Schnelles USB-C mit Display

Mit 21 Sekunden vom Einschalten bis zum Windows-Desktop benötigt der DeskMini B660 fast doppelt so lange zum Booten wie der Vorgänger mit H470-Chipsatz, was

wahrscheinlich an der Firmware liegt. Für Peripheriegeräte bringt der Rechner ein Potpourri an USB-Varianten mit: So gibt es USB-A in den Geschmacksrichtungen 10, 5 und 0,5 Gbit/s (USB 2.0) und USB-C mit 10 Gbit/s und im superschnellen 20-Gbit/s-Modus. Letzterer läuft unter Ubuntu 22.04 mit der von uns verwendeten WD Black P50 im Unterschied zu einer anderen SSD allerdings nur mit halber Geschwindigkeit. Die hintere Typ-C-Buchse liefert auch DisplayPort-Signale, sodass der Mini-PC über DisplayPort, HDMI und USB-C gleichzeitig drei digitale Monitore mit 4K-Auflösung in 60 Hertz ansteuert.

Das 120-Watt-Netzteil wirkt sich auf die Prozessor-Performance aus, weil Asrock das CPU-Turbofenster (Power Limit 2) im BIOS-Setup auf 75 Watt begrenzt. Das ist notwendig, weil das System bereits damit unter Volllast die Nennleistung nahezu komplett ausschöpft. Der von uns eingebaute Core i7-12700 dürfte für 28 Sekunden laut Intel statt 75 bis zu 180 Watt konsumieren, bevor das Power-Limit 1 von 65 Watt greift. Dadurch verliert er im Rendering-Benchmark Cinebench R23 im DeskMini B660 ein Viertel seiner Leistung. Die Singlethreading-Performance ist davon jedoch nicht betroffen.

Bei der Leerlaufleistungsaufnahme gibt es noch Potenzial nach unten. Mit optimierten C-States und aktivem Power-Management von PCI Express, SATA und DMI-Anbindung im BIOS-Setup konnten wir den Energiehunger von 22 auf 11 Watt halbieren. Die Lüfterkurve des DeskMini B660 ist vor allem bei hohen Temperaturen zu steil, so dass der CPU-Lüfter bei Last nervös hoch- und runtertourt. Wir empfehlen deshalb, die Kurve je nach verwendetem Prozessor und Kühler individuell anzupassen.



**Auf dem Mini-STX-Mainboard des DeskMini B660 mangelt es an Platz. Deshalb ist nur einer der beiden M.2-Slots für SSDs auf der Oberseite untergebracht. Den zweiten hat Asrock auf die Unterseite ausgelagert.**



## Fazit

Mit seiner umfangreichen Ausstattung wie USB-C mit Display-Port und 20-Gbit/s-Modus läuft der kompakte Rechner manch ausgewachsenem Tower-PC den Rang ab. Zwar nimmt der Desk-Mini B660 auch leistungsstarke Core-i-12000-Prozessoren mit 12 oder 16 Kernen auf, das 120-Watt-Netzteil bremsst diese aber aus. Zudem wird es mit den Boxed-Kühlern unter Last laut. Wesentlich besser passt ein Celeron, Pentium oder Core i3 zu dem 220-Euro-Barebone, der sich damit als sparsamer Office-PC oder Miniserver nutzen lässt. (chh@ct.de) **ct**

## Asrock DeskMini B660

Mini-Barebone für Core-i-12000-Prozessoren	
Hardware-Ausstattung	
CPU-Fassung / Lüfter (Regelung)	LGA1700 / n. v.
RAM (Typ / maximal)	2 × DDR4-SODIMM (DDR4-3200 / 64 GByte)
Mainboard (Format) / Chipsatz	Asrock B660M-STX (Mini-STX) / B660
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	2 × M.2-2280 (1 × PCIe 4.0 x4, 1 × PCIe 5.0 x4) (2), 1 × M.2-2230 (1)
Einbauschächte (frei)	2 × 2,5" (2)
Sound-Chip (Chip)	HD Audio (Realtek ALC269)
Netzwerk-Interface (Chip, Anbindung) / TPM	1 Gbit/s (Intel i219V, Phy) / fTPM 2.0
Abmessungen (B × H × T)	15,6 cm × 8,0 cm × 16,5 cm
Kensington-Lock / Schlosslasche	✓ / ✓
Netzteil (Leistung)	AcBel ADC027, extern, 19 V (120 Watt)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.0, 1 × DisplayPort 1.4, 1 × VGA, 2 × USB-A 5 Gbit/s, 1 × USB-C 10 Gbit/s mit Display-Port, 2 × USB 2.0, 1 × LAN
Anschlüsse vorn	1 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × USB-C 20 Gbit/s, 2 × analog Audio
Lieferumfang	Kurzanleitung, 2 × SATA-Kabel
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen und Geräuschentwicklung	
Soft-Off (mit ErP) / Energie Sparen	0,6 W (0,3 W) / 0,9 W / 22 W
Leerlauf (optimiert) / Volllast (Peak)	22 W (11 W) / 97 W (108 W)
M.2 PCIe 4.0 x4: Lesen (Schreiben)	6,3 (4,7) GByte/s
USB-A (5 Gbit/s) / USB-C (10 Gbit/s) hinten: Lesen (Schreiben)	465 (466) / 1075 (1002) MByte/s
USB-A (10 Gbit/s) / USB-C (20 Gbit/s) vorne: Lesen (Schreiben)	1058 (1028) / 2015 (1914) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	118 (119) MByte/s
Geräuschentwicklung: Leerlauf / Volllast (Note)	< 0,1 sone (⊕⊕) / 2,3 sone (⊖⊖)
CPU- / GPU-Last (Note)	2,2 sone (⊖⊖) / 0,2 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)	✓ / ✓ (✓)
Bootdauer bis Login	21 s
Parallelbetrieb (Digitale Monitore)	DP + HDMI + USB-C (3840 × 2160, 60 Hz)
Systemleistung	
BAPCo SYSmark 25	1612
Cinebench R23: 1T / MT	1813 / 13141
3DMark: Fire Strike	2458
Linux-Kompatibilität mit Ubuntu 22.04 LTS	
3D / Standby / Audio / LAN	✓ / ✓ / ✓ / ✓
USB-C (20 Gbit/s): Lesen (Schreiben)	1095 / 967 MByte/s
Leistungsaufn.: Leerlauf / optimiert (mit powertop)	20 W / 11 W (10 W)
Bewertung	
Systemleistung: Office / Rendering / Spiele	⊕⊕ / ⊕ / ⊖⊖
Audio: Wiedergabe / Aufnahme	⊕ / ⊖
Geräuschentwicklung / Systemaufbau	⊕ / ⊕
Preis / Garantie	220 € / 24 Monate
✓ funktioniert — funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ⊖ zufriedenstellend ⊖⊖ schlecht ⊖⊖⊖ sehr schlecht getestet mit Core i7-12700, 16 GByte DDR4-3200, Samsung SSD 980 Pro	

# 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)



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



49 (0)541 800 09 120

# Viel Kohle für wenig WLAN

## „Revolutionärer WLAN-Booster“ im Praxistest

**Der „Club der Verbraucher“ meint, die Internetanbieter drosseln die Surfgeschwindigkeit. Sein WLAN-Repeater UltraXtend soll die Bremse lösen. Wir haben das ausprobiert und dem Gerät unter die Haube geschaut.**

Von Ernst Ahlers

**F**ür die Ungeduldigen und Frustrierten: Nein, auch UltraXtend alias RangeXTD kann keine 350 Mbit/s in die Wohnung senden, wenn der Provider nur 100 Mbit/s anliefert. Solch eine Beschleunigung behauptet eine angebliche Kundenbewertung von „Hugo T.“ auf club-der-verbraucher.com (vollständiger Link über ct.de/ydat).

Bei dieser Site passt so einiges nicht zusammen: Betreiber des „Clubs“, der mit seinem Namen wohl wie eine Verbrau-

cherschutzorganisation wirken will, ist laut Impressum eine südafrikanische Werbeagentur. Die gibt es zumindest im Web tatsächlich, doch die beim Club-Impressum genannte Geschäftsführerin ist im Agenturteam nicht zu finden. Laut whois-Information ist die Club-Domain auch nicht in Südafrika, sondern in Nassau auf den Bahamas registriert.

Je nachdem, wann man auf die UltraXtend-Seite stößt, zeigt sie ein anderes Gerät: Im Mai war es das hier getestete Modell, im Juni schon ein anderes. Mit Glück kann man an einem Aufdruck des gezeigten Produkts erkennen, dass der Wunder-Repeater nach dem alten WLAN-Standard IEEE 802.11n alias Wi-Fi 4 arbeitet, und den Reifall vermeiden. Denn aktuell ist Wi-Fi 6 alias IEEE 802.11ax (ct.de/ydat), akzeptabel wäre noch Wi-Fi 5 (802.11ac).

Hanebüchen wird es bei dieser Behauptung: „Dank der verbauten Glasfaser-Technologie [...] schafft es der WLAN-Verstärker, die verloren gegangene Geschwindigkeit aufzufangen und ebenfalls an Ihr Endgerät zu senden.“ Spätestens bei sol-

chem Humbug sollte jede(r) misstrauisch werden. Wenn der Repeater eine schwache WLAN-Verbindung zum Router hat, kann auch eine noch so tolle Glasfaser nichts mehr ausrichten. Sie kann nur das weiterleiten, was da ist. Und warum die Geschwindigkeitsrückgewinnung innerhalb des Gerätes geschehen sollte, bleibt im Dunkeln. Unter der Haube haben wir auch nicht das kleinste Fitzelchen Glasfaser gefunden.

In der Praxis erreicht das von uns online geordnete Kästchen selbst unter optimalen Bedingungen nicht mal die genannten 100 Mbit/s, weil es ein technisch längst überholter WLAN-Repeater billigster Machart ist. Was hier für 50 Euro angeboten wird, kostet in der chinesischen Online-Ladenzeile in größerer Menge keine 7 US-Dollar (plus Versand). Suchen Sie mal nach „Pix-Link WR22 300M Alibaba“.

Ein Repeater ist im Alltag besser als keiner, was sich in anekdotischen Erfahrungen wie „mit Repeater hab ich aber wenigstens 20 Mbit/s statt gar nix“ niederschlägt. Ein guter Repeater ist aber noch besser. Deshalb haben wir als Praxistest UltraXtend ein nur wenig teureres, aber gleich kompaktes und etwas moderneres Gerät gegenübergestellt (Fritz-Repeater 1200 für Wi-Fi 5, Test in c't 19/2019, S. 90) und beide auf der c't-WLAN-Teststrecke vermessen. Was herauskam, verwundert wenig: Das Markengerät liefert mehr Durchsatz, meist sogar viel mehr (siehe Balkendiagramm), zieht dafür aber mit 3,0 statt 1,3 Watt auch mehr Leistung aus der Steckdose.

Zugegeben, der Vergleich ist unfair, kann doch der 1200er-Repeater die beiden WLAN-Bänder 2,4 und 5 GHz gleichzeitig nutzen, wogegen UltraXtend ausschließlich im unteren Band funkt. Da der Fritz-Repeater 1200 aber gebraucht schon für weniger zu finden ist, als UltraXtend neu kostet, erscheint uns die Gegenüberstellung legitim.

### Ausstattung und Performance

Das im September 2014 von Mediatek vorgestellte System-on-Chip (SoC) MT7628

Club der Verbraucher

ANZEIGE

### Internetanbieter beschränken Ihre Internetgeschwindigkeit – Revolutionärer WLAN-Booster hebt Drosselung auf

13. Mai 2022 von Redaktion



Es ist selten, dass sich die Fachwelt bei etwas einig ist: Umso verständlicher ist der Siegeszug dieses außergewöhnlichen WLAN-Verstärkers, der Deutschland gerade im Sturm erobert

UltraXtend heißt der Wunder-WLAN-Verstärker eines amerikanischen Start-ups, der derzeit Tausende deutsche Haushalte begeistert. Grund dafür: Mit dem Range XTD verdoppelt sich die Geschwindigkeit Ihres WLANs und es wird keinen Winkel mehr in Ihrem Haus geben, in dem Sie schlechten Empfang haben! Das Konzept des Range XTD ist dabei so einfach wie genial

Laut meinem Internetanbieter sind in meiner Straße nur 100Mbit/s möglich mit dem UltraXtend habe ich aber dauerhaft eine Verbindung von 350MB/s oder mehr! Ich habe auf den teuren Vertrag verzichtet und habe trotzdem besseres Internet.

Hugo T.

★★★★★

**WLAN-Schlangenöl par excellence: Die bösen Provider drosseln das Internet, ein Repeater soll die Bremse lösen. Doch der kann nicht wiederherstellen, was am Router Internet-seitig gar nicht erst ankommt. (Screenshot-Collage Stand Mai 2022)**



bildet den Kern von UltraXtend. Der Baustein (Beschreibung über [ct.de/ydat](http://ct.de/ydat)) steckt auch in Einfachst-Routern wie beispielsweise dem TP-Link TL-WR840Nv4 für 14 Euro. Das SoC funkt über zwei MIMO-Streams gemäß IEEE 802.11n und erreicht damit auf dem 2,4-GHz-Band maximal 300 Mbit/s brutto.

Beim UltraXTend ist ein Fast-Ethernet-Port herausgeführt, der 100 Mbit/s transportiert, womit das Gerät auch als Access-Point (AP) arbeiten kann, der als autonome WLAN-Basis per LAN-Kabel mit dem Router verbunden wird.

Als AP übertrug der Repeater zu unserem Wi-Fi-6-Client Intel AX200 in einem Asus-Notebook in der Nähe bestenfalls 92 Mbit/s, über 20 Meter mit Wänden noch 88 Mbit/s. Mit einem Asus-Wi-Fi-6E-Router als Basis reichte UltraXtend an der 20-Meter-Position gerade mal 50 Mbit/s ans weitere 6 Meter entfernte Notebook durch.

Hier wirkt sich der Repeater-Effekt von Single-Band-Geräten aus: erst Paket empfangen, dann auf demselben Funkkanal nochmal versenden kostet zusätzliche Sendezeit, was den Durchsatz ungefähr halbiert. Koppelten wir UltraXtend am 20-Meter-Punkt per LAN-Kabel, kamen beim Notebook wieder fast 90 Mbit/s an.

Dieser Effekt fällt beim Fritz-Repeater 1200 weg, denn der kann ja in beiden Bändern gleichzeitig funken: Daten auf 5 GHz vom Router annehmen und quasi verzugsfrei auf 2,4 GHz weitergeben. So bekam das Notebook den vierfachen Durchsatz im 2,4-GHz-Band und auf 5 GHz immerhin noch das Doppelte.

## Mehr Mängel

Unsere Testmuster kamen von „Eshiping“ über die Hermes-Niederlassung am Frankfurter Frachtflughafen. Wie die Repeater den Zoll passiert haben, ist uns schleierhaft: Der hält gern Importe zurück, wenn wie beim UltraXtend keine deutschsprachige Kurzanleitung beiliegt, sondern



**UltraXtend alias RangeXTD verbessert zwar tatsächlich die Funkabdeckung, übertrug im Test aber selbst im Bestfall nicht einmal 100 Mbit/s. Für 50 Euro bekommt man anderswo mehr WLAN.**

nur eine englische. Zwar prangt auf dem Karton ein CE-Zeichen, nicht aber auf dem Gerät selbst.

Die Mängel setzten sich im Netzwerk fort: UltraXtend leitete im Test keine Multicast-Pakete weiter. So bekommen Clients am Repeater kein IPv6, auch wenn es in der WLAN-Zelle des Routers funktioniert. Multicast-IPTV-Streams wie das MagentaTV der Deutschen Telekom liefen auch nicht an.

Im Access-Point-Modus brachte UltraXtend unser Testnetz durcheinander: Wir setzten per Browser eine zum LAN passende IPv4-Adresse und schalteten seine DHCP-Funktion ab. Trotzdem antwortete UltraXtend nach dem fälligen Neustart auf DHCP-Anfragen anderer Hosts im LAN und gab sich dabei als Internet-Gateway für seinen Standard-Adressbereich 192.168.7.0/24 aus. In der Folge brach für diese Geräte die Internetverbindung weg. Bei mehreren Versuchen speicherte das Gerät das Abschalten der DHCP-Funktion nie.

Auf unsere Anfrage reagierte der Anbieter bis Redaktionsschluss nur mit vorgestanzten Mails, dass man froh sei, wei-

terhelfen zu können und dass man unser Anliegen intern weitergegeben habe. Zum schwachen WLAN-Durchsatz und den Netzwerk-Mängeln gab es keine Antwort. Bleibt zu hoffen, dass Kunden, die UltraXtend auf den Leim gegangen sind, das Gerät genauso problemlos zurückgeben können wie das Stromspar-Neppkästchen Voltbox (c't 25/2021, S. 32). Dazu berichtete uns ein Käufer im Nachgang, dass die Erstattung geklappt hatte.

## Fazit

Finger weg: Die Versprechungen für UltraXtend alias RangeXTD sind heillos überzogen. Das Kästchen funktioniert zwar als Repeater, aber für das, was es praktisch kann, ist sein Preis viel zu hoch.

Gönnen Sie sich statt dieses Elektroschrotts lieber für ein paar Euro mehr ein aktuelles Markengerät, das zu Ihrem Router passt und dessen Mesh-WLAN unterstützt, flinker funkt und keine der unter „Mehr Mängel“ beschriebenen Macken hat.

(ea@ct.de)

**UltraXtend-Website, WLAN-FAQ:**  
[ct.de/ydat](http://ct.de/ydat)

## Repeater-Durchsatz im Vergleich

	AP-Modus				Backbone	Repeater-Modus		Leistungsaufnahme
	2,4 GHz	2,4 GHz	5 GHz	5 GHz		2,4 GHz	5 GHz	
	nah	20 Meter	nah	20 Meter		20+6 Meter	20+6 Meter	
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◄ besser
Pix-Link WR22	■ 92	■ 88	-	-	■ 83	■ 50	-	■ 1,3
AVM Fritz-Repeater 1200	■ 205	■ 205	■ 510	■ 122	■ 363	■ 204	■ 96	■ 3,0

Durchsatz in Mbit/s, gemessen mit Intel AX200 und Asus GT-AXE11000, Leistungsaufnahme in Watt

# Statement für Gamer

## 4K-Monitor Sony Inzone U27M90

Mit dem schicken Inzone U27M90 will Sony den Gamer-Markt erobern. Wir haben überprüft, ob der M9 die Wünsche der Spielefans erfüllen kann.

Von Ulrike Kuhlmann



Der U27M90 ist das erste Produkt aus Sonys brandneuer Gaming-Marke Inzone. Der Monitor ist ab Anfang August erhältlich, wir konnten ihn vorab im c't-Labor testen. Das Display des M9 ruht auf einem eleganten Dreibeinstativ und ist im schwarz-weißen Playstation-Look gehalten. Das fein mattierte IPS-Panel löst mit 3840 × 2160 Pixeln auf. Es unterstützt am DisplayPort 144 Hertz im ruckelfreien G-Sync-Modus und an HDMI bis zu 120 Hertz mit variabler Refreshrate (VRR). Über USB-C nimmt der M9 außer Video auch USB-Signale entgegen und kann Tastatur und Maus per USB-B-Port einer zweiten Signalquelle zuweisen (KVM).

Leider sind die Ecken des hellen Schirms sichtbar dunkler und man erkennt die Zonen des Full Array Local Dimming (FALD-)Backlight als vertikale Streifen im Hintergrund. Bei dunklen Bildinhalten wirkt der Schirm angenehm gleichmäßig. Die Leuchtdichte lässt sich großzügig zwischen 9 und 397 cd/m<sup>2</sup> einstellen. Das Display erzielt im HDR-Modus 627 cd/m<sup>2</sup> und in bester Dimming-Stufe eine Spitzenhelligkeit von 754 cd/m<sup>2</sup> Peak. Das reicht locker für den VESA-Modus HDR600.

### Zonendimming

Sony hat das LED-Backlight in 96 separat dimmbare Zonen (12 × 8) eingeteilt. Das hebt den M9 von anderen Monitoren ohne FALD ab, ist aber nicht fein genug. So zieht der Mauszeiger auf dunklen Hintergründen eine unübersehbare Aura mit sich. Außerdem verbiegt die Backlight-Einstellung die Gammakurve. Wir empfehlen, das Dimming im HDR-Betrieb auf Niedrig zu stellen und es im Desktop-Betrieb auszuschalten. Dann gibt der M9 Grauverläufe sauber wieder und die Wiedergabe von

SDR- und HDR-Inhalten gerät sehr anscheinlich. Im Test erwiesen sich Blau und Rot als schön satt, Grün war leicht Richtung Gelb verschoben und wirkte dadurch etwas hell. Sony spezifiziert als Farbraum 95 Prozent von DCI-P3; ein sRGB-Präset für Webseiten fehlt.

### Nerviger Öko-Modus

Gamer sind mit dem flinken IPS-Display sehr gut bedient – sofern sie die richtigen Menüeinstellungen finden. Wichtige Funktionen fürs Gaming sind im Auslieferungszustand nämlich gesperrt.

Schuld ist der ab Werk in allen Presets aktive Öko-Modus. Sony begründete dies gegenüber c't mit den EU-Vorgaben zur Energieeffizienz. Dafür hätte es jedoch gereicht, die Öko-Option im Auslieferungszustand per Standard-Präset zu aktivieren. Stattdessen wird nun in sämtlichen Presets die Bildwiederholfrequenz auf 60 Hertz begrenzt und VRR deaktiviert.

Die Sparoption schaltet man im Menü unter „Weiteres“ aus. Liefert die Signalquelle ein HDR-Signal, ist die Einstelloption allerdings ausgegraut. Bevor es ans Zocken mit der PS5 ging, mussten wir deshalb HDR zunächst deaktivieren, dann den Ökobetrieb abschalten und dann HDR in den PS5-Einstellungen wieder aktivieren – nervig.

Anschließend zeigt der M9 keine merkliche Latenz und reagiert sehr schnell auf Helligkeitswechsel. Im von uns gewählten Modus Spiel 2 mit deaktivierter Öko-Option und Overdrive in Minimal-einstellung Standard haben wir Grauschaltzeiten von knapp 5 Millisekunden gemessen. Auch unsere Spieletester waren von dem flinken Monitor angetan.

Das LCD lässt sich in der Höhe verstellen und neigen, aber nicht zur Seite oder ins

Hochformat drehen. Nervig fanden wir das externe Netzteil und vor allem die fehlenden Kabel: Sony liefert lediglich ein Stromkabel mit, alle anderen muss man selbst besorgen. Für ein 1100 Euro teures Gerät ist das nicht angemessen.

### Fazit

Das schicke Design des Inzone M9, das flinke Display und die Anschlussvielfalt inklusive KVM machen den M9 zu einem tollen Gaming-Gefährten. Das FALD-Backlight ist Fluch und Segen zugleich: Durch die dimmbaren Bildsegmente und die hohe Spitzenleuchtdichte nebst der guten Farben macht die HDR-Wiedergabe am M9 viel Spaß. Allerdings reichen 96 Zonen nicht für richtig knackige Kontraste und Spitzlichter und sie erzeugen teilweise unschöne Artefakte. Eine günstige Alternative für Gamer ist beispielsweise der M28U von Gigabyte für 600 Euro. Der ist noch etwas flinker, aber längst nicht so schick und mangels FALD nur sehr begrenzt HDR-tauglich. (uk@ct.de) **ct**

## Sony Inzone U27M90

4K-Gamingmonitor mit FALD-Backlight	
Hersteller, URL	Sony, <a href="https://www.sony.de">sony.de</a>
Displaydiagonale / Auflösung (Pixel/dichte)	27" (68,4 cm) / 3840 × 2160 (163 dpi)
Paneltyp / Farbtiefe / max. Bildwiederholfrequenz	IPS / 10 Bit / 144 Hz
Kontrast min. / erw. Sichtfeld (proz. Abweichung)	948:1 (21 %) / 592:1 (58 %)
Anschlüsse	HDMI 2.1, DisplayPort 1.4, USB-C (DP Alt Mode, Upstream), USB-B, 3 × USB 3.0, 3,5-mm-Headset-Buchse, 2 × 2W-Lautsprecher
Funktionen	ALLM, VRR, G-Sync compatible, HDR10, HLG, HDR600, Auto-KVM
Maße (B × H × T) / Gewicht	61,5 cm × 40–47 cm × 25 cm / 6,8 kg
Preis / Garantie	1100 € / 3 Jahre





## Etiketten via Bluetooth

**Das kompakte Beschriftungsgerät Labelworks LW-Z710 von Epson druckt per App gesteuert Kabelkennzeichnungen und Etiketten.**

Dem LW-Z710 fehlen die sonst übliche Mäusetastatur und ein Display. Abgesehen von der Power-Taste gibt es hinten nur noch eine Bluetooth-Taste zum Kopieren, die im Test aber nicht nötig war. Sowohl Windows 10 als auch iOS- und Android-Geräte fanden das Beschriftungsgerät und konnten sich automatisch verbinden. Hinter der großen Klappe auf der rechten Seite liegt das Fach für die Bandkassetten in Epsons „LK“-Format. Diese ähneln denen der Beschriftungen von Phoenix Contact (siehe c't 13/2022, S. 102), haben aber keine Chips. Wie die anderen schon getesteten Beschriftungen bedruckt auch der Epson LW-Z710 seine Labels mittels des robusten und gut lesbaren Thermotransferverfahrens.

In das Fach passen Bänder bis 24 Millimeter Breite. Durch ein frontseitiges Klarsichtfenster lässt sich das Etikett der Kassette ablesen. Auf der Unterseite des Geräts gibt es ein Batteriefach für 6 AA-Mignon-Batterien. Stationär nutzt man das beiliegende Netzteil. Das Fach ist nur für Alkaline-Batterien gedacht; wer Akkubetrieb braucht, muss zu den teureren LabelWorks-Modellen wie dem LW-Z700FK greifen.

Über eine rückseitige Sicherungsöse lässt sich der Beschriftungen etwa per Kabelbinder an einem Ort befestigen, was bei

mehreren Nutzern lästiges Suchen erspart. Eine robuste Silikonhülle schützt das Gerät bei Stößen. Stationär am Windows-PC empfiehlt sich die USB-1.1-Schnittstelle. Bluetooth ginge im Prinzip auch, doch kennt der Labeldrucker kein Multipoint-Bluetooth und vergisst Kopplungen mit anderen Geräten. In Zusammenarbeit mit dem Smartphone ist die Bluetooth-Verbindung praktischer.

Windows-Treiber und die Software Label Editor gibt es auf Epsons Service-Site zum Herunterladen – dummerweise nur als englische Version. Im Druckertreiber kann man aber auf Abmessungen in Millimeter umstellen. Der Label Editor wirkt altbacken, bietet aber die gängigen Optionen, darunter viele technische Symbole, verschiedene Strichcodeformate, QR-Codes, Rahmen, Kästen und nummerierte Felder. Von den Mobil-Apps entspricht Epson iLabel der Windows-Software, Datcom enthält speziellere Vorgaben für professionelles Verkabeln und Beschriften wie Frontblenden, Fähnchen, Schrumpfschlauch-Beschriftung und selbstlaminiierende Medien – die Auswahl an Druckmedien ist wie für ein Profigerät zu erwarten groß.

Der LW-Z710 gehört nicht zu den Schnelldruckern und brauchte im Test für 20 Zentimeter 20 Sekunden. Labels schneidet er automatisch, auf Wunsch auch im Halbschnitt. Die Etiketten sind resistent gegen alkoholhaltige Lösungsmittel und Waschbenzin, nicht aber gegen Aceton. Der Epson LabelWorks ist zwar nicht ganz billig, mit den Originalmedien beschriftet es sich aber etwas günstiger als mit denen von Brother oder Dymo. Außerdem gibt es deutlich günstigere LK-Alternativ-Bänder.

(rop@ct.de)

## Epson LabelWorks LW-Z710

Thermotransfer-Beschriftung mit USB und Bluetooth	
Hersteller, URL	Epson, <a href="https://www.epson.de">epson.de</a>
Abmessungen (B × T × H)	6 cm × 13,7 cm × 15 cm
Lieferumfang	Netzteil, Eurosteckerkabel, USB-Kabel, Bandkassette, Kurzanleitung
Systemanf.	Windows, iOS, Android
Preis	196 €

# Schutz für Hackers Liebling



Microsofts AD, Azure AD und Azure-Dienste vor Angriffen schützen

Denken wie ein Hacker  
Angriffe kennen, verstehen und verhindern  
Schutzmaßnahmen für das AD  
Konfigurationen, Gruppenrichtlinien und mehr  
Forensische Analyse  
von Ereignisprotokollen  
Vorfälle und Angriffe nachvollziehen  
Angreifer in die Falle locken  
Deception, Honeytraps und präparierte Systeme  
Grundschutzkonformes AD  
Was nicht in den Basisskripten steht  
Werkzeuge für die AD-Absicherung

Heft + PDF  
mit 32 % Rabatt



Azure AD und Zero Trust

Modulare Absicherung für mobile Arbeiten, Cloud-Anwendungen und BYOD

Das Active Directory als Einfallstor und Verteilzentrale für Ransomware & Co. steht bei Kriminellen hoch im Kurs. In diesem ix Kompakt finden Sie das gesammelte Fachwissen darüber, was für ein erfolgreiches Absichern des Active Directory erforderlich ist:

- Denken wie ein Hacker – Angriffe verstehen und verhindern
- Forensische Analyse von Vorfällen und Angriffen
- Active Directory grundschutzkonform absichern
- Azure AD und Zero Trust

Heft für 19,50 € • PDF für 17,99 €  
Bundle Heft + PDF 25,50 €

[shop.heise.de/ix-ad-sicherheit](https://shop.heise.de/ix-ad-sicherheit)

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.



# Nur mal eben schnell

## Externes USB4-Gehäuse für NVMe-SSDs von Delock im Test

**Das c't-Hardwareressort suchte einen USB4-Adapter für eine NVMe-SSD für den Einsatz im Testalltag. Das wurde komplizierter als gedacht: ein Erfahrungstestbericht.**

Von Benjamin Kraft

An immer mehr Mainboards gibt es USB-C-Buchsen mit USB4, die Daten mit 40 Gbit/s über die Leitung feuern können. Die Thunderbolt-3-Anschlüsse halbwegs aktueller Macs können das sowieso. Um deren Datenübertragungsraten zu messen, fehlte unserem Hardwareressort allerdings das passende Endgerät. Bislang kommt die externe SSD WD\_Black P50

Game Drive von Western Digital zum Einsatz, die aber nur USB 3.2 Gen 2x2 unterstützt, also maximal 20 Gbit/s liefert.

Die Recherche auf Preisvergleichsportalen ergab, dass es gar nicht so viele externe Gehäuse für USB4 gibt – nur vier, um genau zu sein. Wir entschieden uns für das etwas sperrig benannte „Delock USB4 40 Gbps Gehäuse für 1× M.2 NVMe SSD“, das als einziges bei mehr als einem Händler verfügbar war. Das Testmuster machte zunächst einen guten Eindruck. Beispielsweise lässt sich das sauber verarbeitete Alugehäuse werkzeuglos bestücken: Man hebt den Deckel mit dem Fingernagel auf, steckt die SSD ein, fixiert sie mit einem Gumminippel, klebt bei hitzköpfigen SSDs eines der beiden beiliegenden Wärmeleitpads auf und klistet den Deckel wieder zu. Das mitgelieferte Thunderbolt-3-Kabel ist mit 50 Zentimetern für den üblichen Desktopeinsatz lang genug.

### Hardware-Fluch

Wir erwarteten, das Gerät vor dem regulären Laboreinsatz „nur mal eben schnell“ durchmessen zu müssen. Doch zu Recht gelten die vier Worte „Nur mal eben schnell“ im Hardwareressort als Fluch. Wer sie auch nur denkt, beschwört damit Komplikationen, Verzögerungen und Unheil herauf. So auch dieses Mal.

Für den Test pflanzten wir Samsungs PCIe-4.0-SSD 980 Pro ins Delock-Gehäuse und begannen unsere Messungen an zwei USB4-Notebooks, eins mit AMDs Ryzen 6000, das andere mit Intels Core-i-12000. Laut Iometer lasen die beiden Mobilrechner mit rund 3100 MByte/s von der externen SSD – so weit wie erwartet, denn an einem internen M.2-Slot mit vier PCIe-3.0-Lanes maßen wir 3200 MByte/s. Allerdings konnten wir im externen Gehäuse merkwürdigerweise nur mit 600 MByte/s darauf schreiben, weit weniger als die 3300 MByte/s im M.2-Slot. Das ergibt keinen Sinn, denn für eine der bei USB4 vorgesehenen Fallback-Stufen ist das zu wenig, für den USB-3.0-Kompatibilitätsmodus hingegen zu viel.

Um auszuschließen, dass es an den mobilen Geräten lag, wiederholten wir die Tests an den Mini-PCs NUC von Intel mit Core-i-12000-CPU und Brix von Gigabyte mit Tiger-Lake-Prozessor – mit unverändertem Ergebnis. Zuletzt probierten wir es noch an der rückseitigen USB-C-Buchse (USB 3.2 Gen 2x2) unseres Mini-ITX-Bauvorschlages aus c't 15/2022 [1]. Der konnte immerhin mit 1 GByte/s auf die SSD schreiben – aber nur ebenso schnell lesen.

Eine Stichprobe im Apple-Universum stiftete noch mehr Verwirrung, denn ein Mac mini mit M1-Prozessor las zwar mit 2900 MByte/s etwas langsamer als die Windows-Notebooks, schrieb Daten aber mit 2400 MByte/s. Es folgten ein paar Recherchen, klärende Gespräche mit einigen Kollegen und diverse kritische Blicke in Datenblätter.

### Chip-Versteher

Im Delock-Gehäuse stecken zwei Chips: Der Thunderbolt-3-Controller Intel JHL7440 (alias Titan Ridge) sowie der PCIe-USB-Bridge-Chip JMicron JMS583. Dessen Datenblatt verrät, dass er USB 3.2 Gen 2 beherrscht und auch nur zwei PCIe-3.0-Lanes verwendet – damit sind Datentransfers bis 10 Gbit/s möglich. Doch weshalb erzielten wir selbst mit dem USB4/Thunderbolt-3-Controller nicht die 20 Gbit/s, die der USB-C-Port des Mini-





**Das solide, gut verarbeitete Gehäuse zu bestücken, gelingt schnell und werkzeuglos – allerdings versteht es sich mit einigen SSDs besser als mit anderen.**

labierte die Kommunikation mit dem Testrechner komplett, denn das Laufwerk tauchte nicht einmal im Gerätemanager auf. Stattdessen zeigte der ein Problem mit einem NVMe-Controller, der nicht korrekt initialisiert werden konnte. An der Samsung-Hypothese ist augenscheinlich etwas dran. Ärgerlich, denn die Samsung-SSDs gehören zu den beliebteren am Markt. Das beschert auch dem Käufer ein mächtiges Problem, denn die SSD-Wahl gerät zum Vabanquespiel.

Als Reaktion auf die gemeinsam ermittelten Ergebnisse hat Delock inzwischen auf der Produktseite, die Sie über [ct.de/ydka](https://ct.de/ydka) erreichen, eine erste Kompatibilitätsliste veröffentlicht. Damit weiß der Käufer immerhin, mit welchen Modellen der Hersteller einen problemlosen Betrieb garantiert. Noch ist die Liste eher kurz, doch unser Kontakt sagte uns zu, diese nach zusätzlichen Tests mit anderen SSDs zu erweitern und Ursachenforschung wegen der Inkompatibilitäten zu betreiben.

## Fazit

Das knapp 180 Euro teure Delock USB4 40 Gbps Gehäuse ist gut verarbeitet, schick und schnell – mit der richtigen SSD und an der richtigen Gegenstelle. Zu letzteren gehören vor allem M1-Macs. Ansonsten konnten wir nur bei USB 3.2 Gen 2 mit jeder SSD das volle Performance-Potenzial der Schnittstelle ausschöpfen, während Schreibvorgänge via USB4 mit manchen SSDs weder Interface noch Hardware ausreizten. Die dann gemessenen 600 MByte/s sind zwar nicht gerade langsam, die schaffen aber auch günstigere Geräte.

Wer mit dem Gehäuse liebäugelt, sollte vor dem Kauf dringend die Kompatibilitätsliste auf der Produktseite konsultieren. Das Hardwareressort sucht jedenfalls vorerst weiter nach einem geeigneten Testgerät, das unabhängig von der Bestückung an allen unterstützten Gegenstellen die volle Leistung liefert. (bkr@ct.de) **ct**

**SSD-Kompatibilitätsliste: [ct.de/ydka](https://ct.de/ydka)**

Bauvorschlags liefern kann? Festhalten: Weil USB 3.2 Gen 2x2 nur eine optionale Komponente von USB4 ist, die der TitanRidge-Chip als ursprünglicher Thunderbolt-3-Controller nicht unterstützt [2].

Warum wir aber an verschiedenen USB4-Geräten nur mit 600 MByte/s schreiben konnten, blieb vorerst unklar. Auch Delock hatte zunächst keine Antwort darauf, dafür aber einen abenteuerlichen Lösungsvorschlag: Wir sollten im Gerätemanager von Windows das Laufwerk auswählen und unter dem Reiter Richtlinien die Option „Bessere Leistung“ sowie beide Schreibcacherichtlinien aktivieren.

Das würde zwar tatsächlich die Schreibbremse lösen, allerdings nur durch Schummeln: Dann führen nämlich alle Schreibvorgänge erst einmal in den Arbeitsspeicher und das System schiebt die Daten im Hintergrund aufs externe Laufwerk. Außerdem muss man mit dieser Einstellung das Gerät über einen Dialog sicher auswerfen. Zieht man es einfach ab, läuft man Gefahr, einen laufenden Datentransfer zu unterbrechen. Das lehnen wir bei externen Datenträgern ab. Übrigens: Gut möglich, dass das Delock-Gehäuse am M1-Mac nur deshalb schneller schrieb, weil macOS einen solchen Schreibcache nutzt – immerhin muss man am Mac USB- und Thunderbolt-Medien nach wie vor erst sicher auswerfen.

Jedenfalls wollte Delock die schlechten Ergebnisse nicht auf sich sitzen lassen und stellte uns eine eigene Messreihe mit verschiedenen SSDs zur Verfügung. Unser Ansprechpartner betonte, mit SSDs von Western Digital trete die Schreibbremse nicht auf und vermutete, es läge an unseren beiden Test-SSDs. Das bezweifelten wir zwar, weil wir gerade mit Samsung-SSDs gute Erfahrungen gemacht haben, willigten aber ein, ebenfalls nachzutesten. Und wir waren erstaunt, denn der Delock-Mann hatte recht: Von der Mittelklasse-SSD WD SN550 lasen wir mit 2500 MByte/s und schrieben darauf mit 1900. Auch eine Crucial P5 (1800/1800 MByte/s), eine Crucial P5 Plus (1900/1900 MByte/s) und die PNY XLR8 CS3140 (3170/1200 MByte/s) nahmen die vermeintliche 600-MByte/s-Hürde auch ohne Schreibcache problemlos.

Probeweise steckten wir noch eine alte Samsung SSD 950 Pro ins Gehäuse, eine der ersten M.2-SSDs mit PCIe-3.0-Anbindung über vier Lanes – und nun kol-

## Delock USB4 40 Gbps Gehäuse (42012)

Externes USB4-Gehäuse für NVMe-SSDs	
Hersteller, URL	Delock, <a href="https://delock.de">delock.de</a>
Schnittstellen	intern: M.2 2280 (PCIe 3.0 x4); extern: USB-C (USB4 / Thunderbolt 3)
Maße (B × H × T) / Gewicht	60 mm × 14 mm × 100 mm / 125 g (ohne Kabel)
Lieferumfang	Thunderbolt-3-Kabel (50 cm)
Preis / Garantie	180 € / 36 Monate



# Wer 6 sagt, darf auch a sagen

## Android-Smartphone Google Pixel 6a im Test

**Gute Hardware zum kleinen Preis mit klassenbesten Kamera und unverbasteltem Android inklusive regelmäßiger Updates – so simpel ist das Erfolgsgeheimnis der leicht abgespeckten a-Varianten von Googles Pixel-Phones. In der neuesten Generation versucht nun auch das Pixel 6a damit zu gefallen und überrascht dabei.**

Von Stefan Porteck

**M**it den Pixel-Phones der sechsten Generation läutete Google vergangenen Herbst eine neue Ära ein: Bislang liefen sie mit Prozessoren von Qualcomm, doch nun setzt Google auf eine eigene Systemarchitektur. Das zusammen mit Samsung entwickelte SoC mit Namen Tensor besteht aus CPU, GPU, Titan-M2-Sicherheits- und einem KI-Chip. Letzterer ist auf lokale KI-Anwendungen optimiert.

Während frühere Telefone der a-Serie mit etwas schwächeren Prozessoren als die Topmodelle in den Handel kamen, steckt im 460 Euro teuren 6a der gleiche Chip wie in den teureren Pixel-Phones. Auch im 6a gibt es also eine schnelle Einheit mit vier Kernen, die mit maximal

2,8 GHz takten. Die beiden mittelschnellen Kerne erreichen 2,25 GHz und die zwei langsamen 1,85 GHz.

### Leistung satt

Entsprechend erwarteten wir in Benchmarks die gleichen guten Ergebnisse wie beim Pixel 6 und 6 Pro vor rund einem halben Jahr. Doch wir wurden überrascht: In den meisten Benchmarks lief das Pixel 6a sogar schneller. Ob damals bei der Einführung der Tensor-Architektur die Systemtreiber noch nicht perfekt liefen? Um das zu überprüfen, ließen wir die Benchmarks erneut auf einem Pixel 6 Pro laufen. Dabei erreichte es plötzlich die gleichen schnellen Ergebnisse wie das Budget-Modell 6a. Das neue Smartphone ist also nicht schneller, sondern die älteren Pixel 6 haben im vergangenen halben Jahr an Performance zugelegt, nach einigen Android-Updates scheint Google das Potenzial des SoC besser auszureizen.

Für Apps, Games und Medienkonsum steht locker genug Rechenpower zur Verfügung. Apps starten superflink, beim Scrollen läuft der Inhalt butterweich übers Display und auch Spiele laufen ruckelfrei. Mit aktuellen High-End-Phones mit Qualcomm's superschneller Snapdragon-8er-Serie hält das 6a zwar nicht mit, im Gegenzug kostet es aber auch nur die Hälfte oder gar ein Drittel. Würden wir ausschließlich das Preis-Rechenpower-Verhältnis testen, wäre der Artikel schon hier mit einer Kaufempfehlung zu Ende.

Doch ganz ohne Abstriche kommt auch das 6a nicht aus: Es stehen 6 GByte RAM zur Verfügung, das sind zwei beziehungsweise sechs GByte weniger als beim Pixel 6 und dem 6 Pro. Aktuell mag das noch reichen, aber angesichts der Sicherheits-Update-Garantie von fünf Jahren wird man voraussichtlich gegen Ende des Lebenszyklus beim 6a gelegentliche Hänger aufgrund des kleinen Arbeitsspeichers bemerken.

Der Flash-Speicher umfasst 128 GByte. Da Google keine 256-GByte-Variante anbietet und sich der Speicher – wie bei jedem Pixel-Phone – nicht per MicroSD-Karte erweitern lässt, werden Poweruser ihr Pixel 6a regelmäßig entrümpeln müssen. Sofern man seine Schnappschüsse und Videos in der Google-Foto-Cloud sichert und bei Spotify und Netflix nicht die halbe Bibliothek für die Offline-Wiedergabe herunterlädt, sollte man mit dem Speicherplatz aber eine gute Weile auskommen.



Apropos auskommen: Das Pixel 6a hat eine Akkukapazität von 4410 mAh – recht durchschnittlich für Smartphones in dieser Größe. Trotzdem kamen wir damit problemlos durch den Tag, auch bei intensiver Nutzung. Beim Surfen im Web und bei der Wiedergabe eines lokalen Full-HD-Videos hielt das 6a mehr als 16 Stunden durch. Damit lag es im Vergleich zu anderen Sechszöllern im Mittelfeld und übertraf seine größeren Schwestermodelle sogar ein wenig, da deren Displays wegen der höheren Bildwiederholrate mehr Strom ziehen.

### Linientreu

Optisches Erkennungsmerkmal der sechsten Pixel-Generation ist ein schwarzer Kamerasteg, der sich am oberen Rand über die gesamte Rückseite erstreckt. Das neue Design gefiel zum Verkaufsstart nicht jedem, weil sich der Steg knapp 4 Millimeter vom Gehäuse abhob und wie ein angeflanschter Fremdkörper wirkte. Das Pixel 6a hat den Steg ebenfalls, er wurde von Google aber deutlich entschärft. Statt 2 Zentimeter misst er in der Breite nur noch 1,6 Zentimeter und hebt sich nur rund einen Millimeter ab, wodurch die Rückseite harmonischer aussieht.

Die übrige Rückseite besteht nicht aus Gorilla-Glas, sondern aus Kunststoff und dürfte etwas anfälliger für Kratzer sein, weshalb sich eine Schutzhülle empfiehlt. Dank des flacheren Kamerastegs tragen die Hüllen aber weniger auf und das 6a ist weniger kopflastig, wodurch es anders als seine Geschwister bündig auf dem Tisch und sicherer in der Hand liegt.

Beim Blick von vorne bemerkt man die Unterschiede zwischen Pixel 6 und 6a erst auf den zweiten Blick: Das Budget-Modell sieht genauso aus, ist mit einer Diagonalen von 6,1 Zoll (15,5 cm) aber etwas kleiner als das Pixel 6 (6,4 Zoll, 16,3 cm). Damit gehört es zwar zu den größeren Smartphones und wirkt im Vergleich zum Pixel 4 und 5 geradezu bombastisch, doch im Vergleich zum Pixel 6 Pro und anderen Phablets geht es als handlich durch.

Das OLED-Display löst mit 1080 × 2400 Bildpunkten auf und erreicht 429 dpi. Ob beim Lesen, Videoschauen und Fotobetrachten, das Display wirkt stets gestochen scharf und erfreut mit einer sehr satten und dabei natürlich anmutenden Farbdarstellung. Das bleibt auch aus größeren Einblickswinkeln so: Lediglich auf weißen Flächen konnten wir

einen leichten Farbdrift Richtung Lila erkennen, wenn man aus sehr flachen Winkeln aufs Telefon schaut. Im Alltag dürfte man die geringe Winkelabhängigkeit wohl nicht bemerken.

Der Helligkeitssensor variiert die Displayhelligkeit zwischen 2 und 488 cd/m<sup>2</sup>. Bei sehr heller Umgebung sind im Boost-Modus 916 cd/m<sup>2</sup> möglich, wodurch sich das Pixel 6a auch unter Sonnenlicht gut ablesen lässt. Den Rotstift hat Google indes bei der Bildwiederholrate angesetzt: Das Display läuft maximal mit 60 Hz. Die schnellere Wiederholrate von 90 oder gar 120 Hz für flüssigere Bewegtbilder und Scrollvorgänge bleibt den Topmodellen vorbehalten.

Googles Hardware-Chef Rick Osterloh sagte gegenüber der Presse, dass im 6a ein anderer Fingerabdrucksensor ins Display integriert wurde als im Pixel 6/6 Pro. Kurz nach Verkaufsstart der ersten 6er Pixel hatte sich die Kritik gehäuft, dass deren Sensor langsamer und unzuverlässiger arbeite als Sensoren in der Geräte-rückseite. Einen signifikanten Geschwindigkeitsvorteil konnten wir beim neuen Fingerabdrucksensor des 6a nicht ausmachen. Die Erkennungsquote war in unserem Test allerdings tatsächlich höher als beim Pixel 6.

### Bildgebend

Die Qualität der Fotos war bislang in jeder Pixel-Generation sehr gut. Obgleich die Kamera tolle Bilder macht, dürften Foto-Enthusiasten etwas enttäuscht sein, dass Google anders als in der Vergangenheit nicht die Top-Kamera-Hardware mit nur leichten Abstrichen in die a-Serie bringt. Das Pixel 6a hat einen Kamerasensor mit 12 Megapixel und bekam entgegen der Hoffnung vieler Fans nicht den 50-MP-Sensor der teureren Modelle spendiert. Zusammen mit einem Bildwinkel von 77 Grad (Blende  $f/1,77$ ) und der Weit-

winkellinse mit 112° (Blende  $f/2,2$ ) und ebenfalls 12 Megapixel liest sich die Spezifikation der Kamera wie die des Pixel 4 und des Pixel 5. Eine Ultraweitwinkellinse oder gar das Tele des Pixel 6 Pro hat das 6a ebenfalls nicht.

Gemessen an der schwächeren Ausstattung gelingen dem Pixel 6a sehr gute Fotos: Unsere Testaufnahmen erschienen scharf, dynamisch und farbenfroh. Selbst bei wenig Umgebungslicht setzte das Sensorrauschen spät und nur in moderater Ausprägung ein. In sehr dunkler Umgebung aktiviert das Pixel 6a automatisch den Nachtmodus. Sofern wir das Smartphone bei der Aufnahme ruhig hielten, gelangen auch in der Dämmerung und nachts ansprechende Fotos mit weniger Bildrauschen als bei der (meist teureren) Konkurrenz. Im Vergleich mit Fotos der teureren Pixel-Phones ließ sich auf den flüchtigen Blick kaum ein nennenswerter Unterschied erkennen. Erst beim starken Vergrößern zeigten sich an feinen Objektanten Kompressionsartefakte.

Das Geheimnis der guten Fotos verbirgt sich auch beim 6a nicht unerheblich in der Kamera-App, die diverse Algorithmen automatisch über die Fotos huschen lässt. So rechnet der Nachtmodus aus mehreren Einzelbildern mit längerer Belichtung ein rauscharmes Foto. Der HDR-Modus sorgt wiederum für einen ordentlichen Dynamikumfang, wodurch die Fotos stets ziemlich knackig aussehen. Seit der 6er-Serie sind weitere Tricks wie „Real Tone“ dazu gekommen, was für natürliche Hauttöne sorgen soll. Welche Bildverbesserungen sonst noch am Werk sind und wie sie funktionieren, haben wir in c't 2/22 beschrieben.

Freuen dürfte viele Hobbyknipser zudem, dass Google die mit dem Pixel 6 eingeführte die Magic-Eraser-Funktion auch auf dem 6a anbietet. Sie steckt in der Google-Foto-App und retuschiert auf

**Dem Kamera-steg als Design-element ist Google treu geblieben. Beim Pixel 6a ist er aber schmaler und flacher.**



Wunsch per Fingertipp mithilfe von KI störende Elemente wie Stromleitungen oder Verkehrsschilder aus den Fotos heraus. Sollte das Tool nicht automatisch alle unerwünschten Bildelemente erkennen, maskiert man weitere Störenfriede einfach durch Umkringeln mit dem Finger.

Auf dem 6a funktionierte der Magic Eraser ordentlich: Bei etlichen Bildern ließ sich die Retusche anschließend kaum oder gar nicht erkennen. Als problematisch zu entfernen erwiesen sich Elemente, die sich direkt im Vordergrund befinden und solche vor kleinteiligen Hintergründen. Hier rechnete die Automatik das ein oder andere Artefakt ins Foto. Unterm Strich lassen sich aber viele Fotos in Sekunden verschönern, statt sie in mühevoller Handarbeit am Rechner aufzuhübschen.

Das 6a bekommt aber nicht alle Tricks der Google-Kamera-App. So fehlt die Funktionen „Action-Foto“, mit der sich bewegte Objekte mit schöner Bewegungsunschärfe des Hintergrundes aufnehmen lassen. Die Funktion „Langzeitbelichtung“, die für gewollte Unschärfen auf Wasseroberflächen oder beim Light-Painting sorgt, landete ebenfalls nicht auf dem 6a.

## Android auf die Spitze getrieben

Neben der guten Fotoqualität zählt das Android-Betriebssystem seit jeher zu den Stärken aller Pixel-Telefone. Das Pixel 6a wird mit der aktuellen Version 12 ausgelie-

fert und Google verspricht, dass das Smartphone drei Jahre lang Funktionsupdates bekommt. Somit soll es die Android-Versionen 13, 14 und 15 erhalten – jeweils als eines der ersten Geräte.

Obwohl sich Google mit Project Treble und Project Mainline bemüht, den Betriebssystemkern stärker von der Treiberschicht zu lösen, brauchen andere Smartphonehersteller Wochen oder gar Monate, bis sie eine neue Android-Version auf ihren Geräten bereitstellen – wenn sie es überhaupt tun. Außerdem hat Google den Zeitrahmen für monatliche Sicherheitspatches und damit den Lebenszyklus der Pixel-Phones verlängert: Statt drei Jahre will man Fixes nun nach Markteinführung fünf Jahre lang anbieten. Das ist mehr als bei den meisten anderen Herstellern, aber immer noch kürzer als Apples Support mancher iPhones.

Außer durch Updates punktet das Pixel 6a mit seinem schlanken Android. Während andere Hersteller die Oberfläche und das Bedienkonzept mehr oder weniger gelungen anpassen und die Telefone schlimmstenfalls mit Bloatware-Apps zumüllen, bekommt man beim Pixel 6a ein Android in Reinform. Dessen Optik und Bedienung hat Google unlängst generalüberholt. Die „Material You“ genannte Bedienoberfläche sieht schick aus, passt sich farblich automatisch ans Hintergrundbild an und lässt sich intuitiv bedienen.

Google spricht gerne von der „Pixel Experience“ und rundet die eigene Android-Version mit kleinen Features und Gimmicks ab, die anderen Android-Telefonen vorerst oder dauerhaft vorenthalten bleiben. Hierzu zählen beim Pixel 6a unter anderem der Audiorekorder, der mithilfe von KI Audiomitschnitte erstaunlich korrekt transkribiert und anschließend eine Volltextsuche in Aufnahmen anbietet – alles inzwischen auch auf Deutsch.

Noch stärker greift die Live-Übersetzung (für Googles Übersetzungs-App sowie Audio- und Videowiedergabe) auf KI-Berechnungen zurück – und damit auf die KI-Einheit des Tensor-Chips. Während viele Pixel-Features per Update an ältere Geräte nachgereicht wurden, dürfte die Live-Übersetzung exklusiv für die 6er-Serie bleiben.

## Fazit

Das eingangs beschriebene Erfolgsrezept, gute Hardware ohne Sahnehäubchen, aber dafür billiger, geht auch beim 460 Euro teuren Pixel 6a auf. Theoretisch zumindest, denn das reguläre Pixel 6 kannibalisiert wegen regelmäßiger Rabattaktionen das neue Pixel 6a: Das Topmodell mit 650 Euro Listenpreis bekommt man gelegentlich für rund 500 Euro. Das Fazit hängt deshalb stark vom tagesaktuellen Preis des Pixel 6 ab.

Wer sofort ein Smartphone braucht und gute Hardware zum moderaten Preis sucht, kann beim 6a bedenkenlos zugreifen, bei der Konkurrenz wird man in dieser Preisklasse nichts wesentlich Besseres finden. Pixel-Fans, die die Google-Phones wegen des unverbastelten Android mit regelmäßigen und zeitnahen Updates sowie den Pixel-eigenen Funktionen zu schätzen wissen, sollten das Pixel 6 im Auge behalten: Es hat zwei GByte mehr Arbeitsspeicher, einen besseren Schutz vor Wasser und Staub, Drahtlosladen (inklusive Reverse Charging von Kopfhörern), ein 90-Hz-Display und eine etwas bessere Kamera – empfehlenswert, falls der tagesaktuelle Aufpreis unter 100 Euro liegt. Das Pixel 6a könnte aber in wenigen Wochen seinerseits den ersten Preisrutsch erleben und dann wieder zum Preis-Leistungs-Sieger werden. (spo@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Stefan Porteck, In neuen Sphären, Welche Software-Tricks Smartphone-Fotos verbessern, c't 2/2022, S. 88

## Android-Smartphone

Modell	Pixel 6a
Hersteller / Farben, Varianten	Google / Schwarz, Grau, Mintgrün
Betriebssystem / Security Level	Android 12 / April 22
Display / Auflösung / Leuchtdichte	6,1-Zoll-OLED / 2400 × 1080 Pixel / 1,7 ... 912 cd/m²
Kamera	
Hauptkamera	12,2 MP (4080 × 3072), f/1,7, mit OIS, 77°
Weitwinkelkamera	12 MP (4080 × 3072), f/2,2, mit OIS, 114°
Telekamera	–
Frontkamera	8 MP (3280 × 2464), f/2,0 ohne OIS, 84°
Ausstattung	
Prozessor / Kerne × Takt / GPU	Google Tensor / 2 × 2,8 GHz, 4 × 1,8 GHz, 2 × 2,3 GHz / Mali-G78
RAM / Flash-Speicher / Kartenslot	6 GB / 128 GB / –
WLAN (Antennen)1 / Bluetooth / NFC / Kompass / Ortung	Wi-Fi 6 (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo, QZSS
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 3.1 Gen.1 / –
Akku / Ladeleistung / Drahtlosladen	4410 mAh / 18 W / –
Abmessungen / Gewicht / Schutzklasse	15,2 cm × 72 cm × 1,0 cm / 178 g / IP67
Laufzeiten, Benchmarks	
Laufzeiten bei 200 cd/m² Helligkeit	16,6 h lokales Video / 9 h 3D-Spiel / 17 h Videostream / 16,8 h Surfen
Coremark Single / Multi / 3DMark Wild Life Extreme	22508 / 92118 / 1895
Geekbench V4 Single / Multi / V5 Single / Multi	4463 / 11456 / 1054 / 2933
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	53 fps, 63 fps / 60 fps, 147 fps / 60 fps, 100 fps
Preis	460 €
✓ vorhanden – nicht vorhanden	



heise +

ct

ix

Mac&i

Make:

MIT  
Technology  
Review  
Das Magazin für Innovation von Heise

ct **Fotografie**

c't-Abonnenten  
lesen bis zu  
**75%**  
günstiger

## Das digitale Abo für IT und Technik.

**Exklusives Angebot für c't-Abonnenten:**  
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

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

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

**heise.de/plus-testen**

✉ [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de) ☎ 0541 80009 120

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



# Schlaue Wasserkunst

## Gartenbewässerung mit Gardenas smarter Ventilsteuerung im Test

**Gardenas Smart Irrigation Control steuert ganze Bewässerungssysteme mit bis zu sechs Kreisen. Die smarte Technik schont nicht nur Ressourcen, sondern schützt Ihre nächste Grillparty durch Automationsregeln vor der planmäßigen Sprengung.**

Von Sven Hansen

**D**ie Smart Irrigation Control von Gardena ist eine Steuerbox, die bis zu sechs 24-Volt-Ventile ansprechen kann, um die Wasserzufuhr in mehreren Bewässerungszonen zu steuern. Sie ist Bestandteil von

Gardenas Smart-Garden-System, das per Funk im 868-MHz-Band kommuniziert und außer Bewässerungsprodukten auch smarte Mähroboter integriert. Die Box funktioniert nur in Kombination mit Gardenas Zentrale Smart Gateway. Diese ist beispielsweise Bestandteil des „Irrigation Control Sensor Set“ (345 Euro); wer sie schon besitzt, kann die Steuerbox einzeln erwerben (200 Euro). Das Smart Gateway stellt per Ethernet oder WLAN eine Verbindung zum Internet her, bindet Komponenten per 868 MHz an und macht sie per App lokal oder aus der Ferne steuerbar.

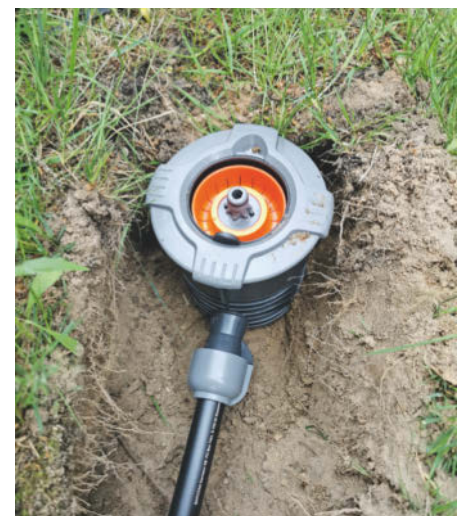
Die Irrigation Control kann die Kontrolle über eine bestehende Installation übernehmen, solange diese mit 24-Volt-Ventilen arbeitet. Gardena hat für Neuproduktionen mit der Garten-Pipeline ein unterirdisches Bewässerungssystem mit

passenden Ventilen, Schläuchen und Anschlussdosen im Angebot. Bei der Installation der Ventile in speziellen Erdtanks geht es ausgesprochen eng zu.

Größter Kritikpunkt ist fraglos die mangelnde Frostsicherheit trotz Installation im Bodentank – Gardena empfiehlt, die Technik am Ende der Bewässerungssaison zu entfernen. Alle elektrischen Verbindungen sind jedoch geschraubt, sodass man die gesamte Verkabelung zum Winter auseinanderpfücken müsste. Alternativ kann man die Ventile in einem vor Frost geschützten Bereich anbringen und die Anlage zum Winter hin mit Druckluft entwässern. Unsere Erfahrungen beim Einbau des Pipeline-Systems finden Sie in der Anleitung auf heise+[1].

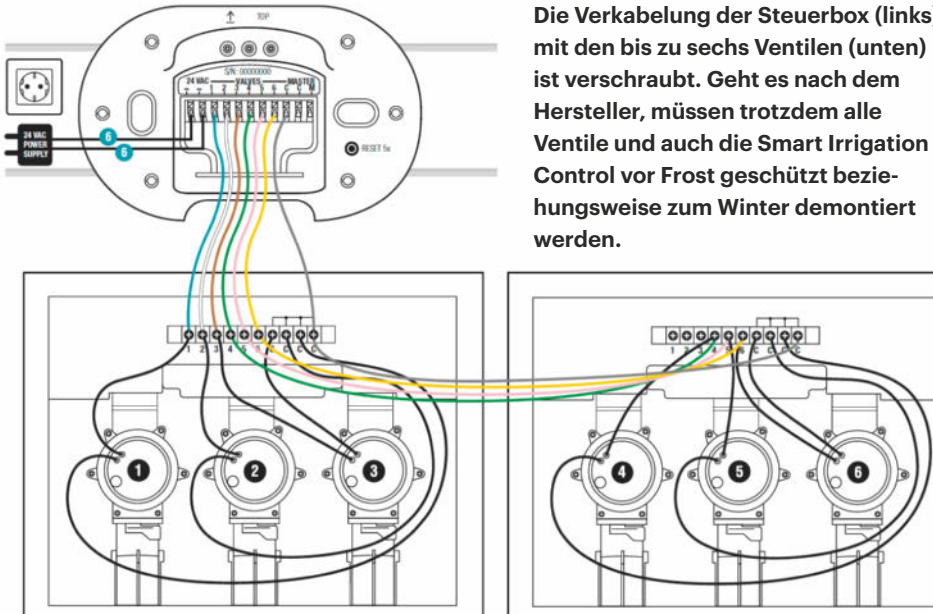
Für die Steuerbox gibt Gardena die Schutzart IPX4 an und erlaubt die Installation im Außenbereich. Beim Blick in die Spezifikation fällt auf, dass das Fenster für die Betriebstemperatur mit 5 bis 40 Grad Celsius angegeben ist. Obwohl es sich um eine elektrische Komponente handelt, müsste man auch diese vor Frost in Sicherheit bringen. Die Irrigation Control wird zur Installation in der Nähe der Ventile an der Wand verschraubt. Der Kauf des separat erhältlichen Steuerkabels mit farblich kodierten Adern erleichtert die Installation, ist aber nicht zwingend erforderlich.

Neben den bis zu sechs Kanälen für die Ventile gibt es einen zusätzlichen Master-Kanal. Daran schließt man bei Be-



**Smarte Buddellei: Die Irrigation Control arbeitet mit Gardenas unterirdischer Garten-Pipeline zusammen, kann aber auch bestehende Systeme mit 24-Volt-Ventilen steuern.**





Die Verkabelung der Steuerbox (links) mit den bis zu sechs Ventilen (unten) ist verschraubt. Geht es nach dem Hersteller, müssen trotzdem alle Ventile und auch die Smart Irrigation Control vor Frost geschützt beziehungsweise zum Winter demontiert werden.

zweite nutzt Wetterinfos aus dem Netz, um den Bewässerungsplan bei angekündigtem Regen zu pausieren. Die astronomische Funktion schließlich sorgt dafür, dass sich die Bewässerungspläne gleitend an die sich ändernden Sonnenaufgangs- und Untergangszeiten anpassen.

Im Test störte der Entweder-oder-Ansatz der Automatik. Aktiviert man den Gardena-unterstützten Modus, gehen alle zuvor mühsam erstellten Zeitpläne verloren. Solange die Automatik aktiv ist, lassen sich dann die von ihr festgelegten Zeitpläne nicht ändern. Wenn der Rasen also um 4:53 Uhr gesprengt werden soll, muss man sich damit arrangieren. Will man die Zeiten editieren, muss man die Automatik deaktivieren. Allerdings fallen nun wieder Optimierungen wie die astronomische Funktion heraus. Würde man den Modus erneut aktivieren, gingen wiederum alle Einstellungen flöten.

## Fazit

Eine intuitiv bedienbare App sowie die – in Details verbesserungswürdige – smarte Einbindung von Sensorik und Wetterinfos aus dem Netz sind die Stärken der Smart Irrigation Control. Bedauerlich ist, dass bei all den smarten Spielereien niemand an die direkte Steuermöglichkeit gedacht hat. Zumal Gardenas Zwischenventil für den Gartenwasserhahn aus derselben Serie einen solchen Bewässerungstaster besitzt. Als Workaround kann man sich bei IFTTT nach einem anderen „Hardware-Trigger“ umschauen, um eine Vor-Ort-Schaltung über den Cloud-Umweg umzusetzen. Die Steuerbox ist alles andere als günstig, dürfte gegenüber einer reinen Zeitschaltlösung jedoch helfen, den ein oder anderen Liter des kostbaren Nasses einzusparen. (sha@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Sven Hansen, Anleitung: Wie Sie Ihren Garten mit Gardenas smarter Wasserpipeline bewässern: <https://heise.de/-7089230>

## Gardena Smart Irrigation Control

Smarte Bewässerungssteuerung	
Hersteller	Gardena, gardena.com
Abmessungen	3,5 cm × 19,5 cm × 12 cm
Standby	2,1 Watt
Kommunikation	868 MHz (Lemonbeat)
Preis	200 €

darf eine Pumpensteuerung für elektrische Hauswasserwerke an. Wird eines der Ventile geöffnet, schaltet die Smart Irrigation Control automatisch die Wasserpumpe an.

Mit der für iOS und Android kostenlos erhältlichen Gardena-App richtet man die Irrigation Control softwareseitig ein. Über den Button „Gerät einbinden“ kommt man an eine Produktliste, wählt die Steuerbox aus und startet den Suchvorgang. Das Gerät gibt sich über das proprietäre 868-MHz-Protokoll gleich nach Einstecken des Steckers zu erkennen und taucht automatisch in der App auf.

Anschließend richtet man in der App die bis zu sechs Ventile ein. Eines kann man als Hauptventil definieren, dann lässt sich darüber die gesamte Installation absperren.

## Wasser marsch

Die Irrigation Control taucht nun in der Hauptansicht der Gardena-App auf. Drückt man auf „Start“, muss man anschließend eines der angeschlossenen Ventile wählen und eine Aktivierungszeit von maximal 90 Minuten festlegen. Die Box schaltet das Ventil für den gewählten Zeitraum frei. Maximal zwei Ventile sind parallel aktiv, da ansonsten der Wasserdruck je nach angeschlossenen Zubehör (Rasensprenger, Micro-Drip-System oder Versenkreger) zu stark abfallen könnte.

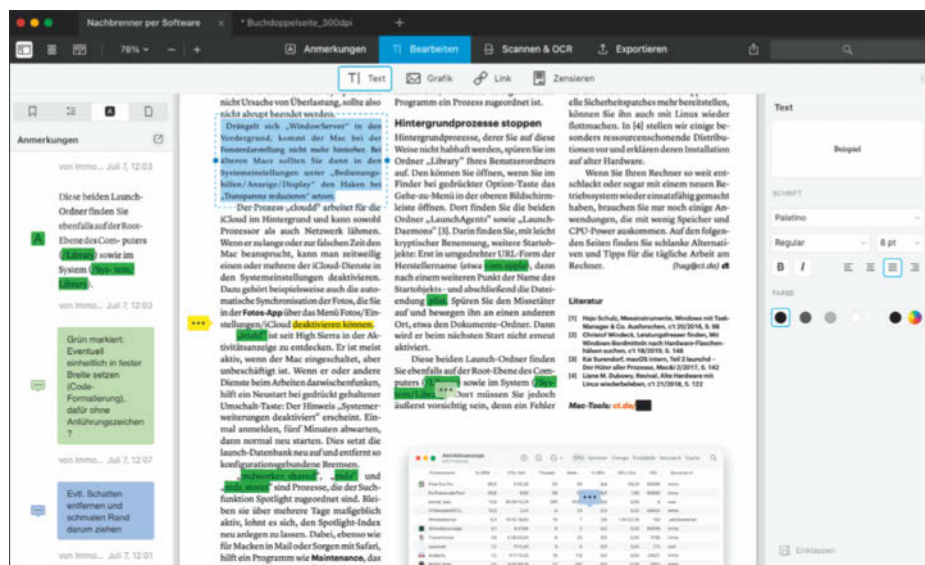
Gardena liefert einen passenden Alexa-Skill zum System, sodass sich die einzelnen Kreise auch auf Sprachbefehle nach dem Muster „Schalte Ventil 1 ein“ reagieren. HomeKit wird ebenfalls unter-

stützt, sodass man auch mit iOS und Siri zum Zug kommt.

Eine Google-Home-Unterstützung fehlt, immerhin kann man die Ventile über den Meta-Dienst IFTTT anspielen. Damit erlaubt Gardena das Öffnen für bis zu 50 Minuten oder das Stoppen der Bewässerung. IFTTT bietet zahlreiche Smart-Home-Trigger. Damit knüpft man über die Cloud mit ein paar Klicks besonders fantasievolle Ereignisketten, um etwa die Bewässerung auszusetzen, wenn eine ebenfalls über IFTTT eingebundene Netatmo-Kamera Personen auf dem Rasen registriert. Ebenso leicht ließe sich ein Sprenger hochfahren, wenn Tiere durch den Garten laufen. Leider sieht Gardena keinen Weg vor, die Ventile manuell direkt an der Box zu aktivieren.

Wie von der Zeitschaltuhr gewohnt, arbeiten die Ventile auf Wunsch nach einem handgestricktem Zeitplan. Oder man nutzt den „Gardena unterstützten Modus“, der durch regelmäßige Updates immer mehr lernt; so sind die smarten Bewässerungsmodi erst später ins System gekommen. Dabei führt ein Assistent für jedes Ventil durch einen Dialog, der die Art des angeschlossenen Sprengers, die Bodenbeschaffenheit, die Lichtsituation und die Vegetation abfragt. Auf Basis dieser Informationen stellt die App einen individuellen Gießplan zusammen.

Ferner stehen pro Ventil drei Optimierungsmöglichkeiten zur Wahl. Eine bindet optional erhältliche Feuchtesensoren von Gardena ein und setzt den Plan aus, solange die Bodenfeuchte eine zuvor festgelegte Schwelle nicht unterschreitet. Die



# Intuitiv herumdoktern

## PDF Expert: PDF-Editor für macOS und iOS

**Mit PDF Expert kommentieren, korrigieren und konvertieren Sie PDFs auf dem Mac, iPhone und iPad. Die durchdachten Werkzeuge, um PDF-Dateien zu bearbeiten, überzeugten im Test. Die neue OCR-Funktion zeigte dagegen noch leichte Schwächen.**

Von Immo Junghärtchen

Das PDF-Format ist eigentlich zum Lesen und Drucken gedacht. Wer es trotzdem verändern will oder muss, benötigt einen speziellen Editor. Für macOS und iOS gibt es seit einiger Zeit PDF Expert, mit dem sich die wesentlichen Aufgaben rasch erledigen lassen sollen. Wir haben geprüft, wie gut die neue Version ihren Job erledigt. Die macOS-Variante hat nun auch eine Texterkennung (OCR) an

Bord, davon abgesehen bieten die Versionen für iOS und macOS den gleichen Funktionsumfang.

Die kostenfreie Version (siehe ct.de/yfq2) ist stark in ihren Funktionen eingeschränkt, genügt aber für einen ersten Überblick über den Programmaufbau. Die Vollversion lässt sich sieben Tage lang testen. Beim ersten Start fragt PDF Expert, welcher Tätigkeit der Nutzer nachgeht und zu welchem Zweck er das Programm nutzen möchte, um später daran angepasste Werkzeuge anzuzeigen.

Im Programmfenster stehen in den vier Reitern „Anmerkungen“, „Bearbeiten“, „Scannen & OCR“ sowie „Export“ kontextbezogene Werkzeuge bereit. Die ausblendbare Seitenleiste zeigt individuelle Lesezeichen, die Gliederungsansicht, eine Liste aller Kommentare oder die Liste aller Seiten. Ein schönes Detail ist das Ansichtswerkzeug, das eine Doppelseitenansicht sowie eine horizontale oder vertikale Teilung des Fensters zum Vergleich zweier Dokumente anbietet. Damit die Werkzeuge in die schmalen Werkzeugleis-

ten an Kopf- und Fußende des e-Bildschirms passen, teilen sie sich auf mehr Modi auf. Einige Annotationswerkzeuge wie Redlining sind zusätzlich optimiert, sodass man sie mit dem Finger oder einem Eingabestift bedienen kann.

Im Anmerkungen-Modus markiert und kommentiert man Textpassagen und Bilder, ohne bestehende Inhalte zu verändern – wie auf einer darübergelegten Folie. Kommentare und Hervorhebungen sind damit schnell angebracht. Mit der „Stempel“-Funktion lassen sich kleine Grafiken im Dokument platzieren, etwa um auszufüllende Felder hervorzuheben oder ein Dokument mit Datum als gelesen zu markieren. Die kostenlose Version enthält lediglich die Anmerkungen-Werkzeuge, alle anderen Funktionen muss man per Premium-Abonnement oder durch Kauf der Vollversion bezahlen.

Der Modus „Bearbeiten“ ändert Inhalte, anstatt sie zu annotieren. Bilder lassen sich nachträglich austauschen, positionieren und zuschneiden. Text kann man umschreiben oder –gestalten, ebenso löschen und neue Textelemente hinzufügen. Das „Zensieren“-Tool ersetzt Textpassagen durch schwarze oder transparente Blöcke, ohne das Layout zu verändern.

### Smarte Funktionen und ein Manko

Der Bereich „Scannen & OCR“ versammelt Werkzeuge, mit denen Sie gescannte Dokumente bearbeiten können. Diese erhöhen den Kontrast, entfernen Verzerrungen, teilen Doppelseiten auf und normieren die Seitengröße mehrseitiger Dokumente. Die Texterkennung selbst fragt nach der Sprache und arbeitet sich dann durch den Text. Der maschinenlesbare Text liegt im PDF auf einer eigenen Schicht hinter dem Bild und ist damit auswählbar.

Ein Assistent führt durch Textschnipsel, in denen er Fehler vermutet, und blendet dabei erkannten Text sowie eine vergrößerte Originalversion ein. Die Fehlerquote bei deutschsprachigen Quellen wurde in unseren Tests akzeptabel, nachdem wir die Erkennung auf „Präzise“ eingestellt hatten. Bei aufwendigem Layout entstanden trotzdem Textflussfehler.

Der Export-Reiter bietet Word, Excel, PowerPoint, Text und Bild als Zielformate an. Ein als Word-Dokument exportiertes PDF-Formular enthielt sämtliche Inhalte, zeigte in Pages aber seltsam verwürfelte Überschriften. Um den Text wieder lesbar



Qualität des Dokuments

**Verlustfrei**  
6,6 MB → 6,1 MB ✓

**Hoch**  
6,6 MB → 2,3 MB

**Mittel**  
6,6 MB → 1,8 MB

**Niedrig**  
6,6 MB → Für Berechnung anklicken...

Teilen... Speichern unter... Abbrechen Speichern

Anwender entscheiden, wie stark PDF Expert die Datei komprimiert.

zu machen, mussten wir in Pages die Zeichenabstände zurücksetzen und Leerzeichen einfügen.

In der Menüleiste oberhalb der themenbezogenen Reiter erwarten die Anwender weitere nützliche Funktionen, etwa um die Dateigröße eines PDFs zu verringern, Seitenzahlen hinzuzufügen oder Kommentare und Hervorhebungen als HTML, Text oder Markdown zu exportieren. Obendrein versteht sich PDF Expert darauf, PDF-Formulare auszufüllen, kann jedoch selbst keine erstellen.

Mit der aktuellen Version ändert der Hersteller Readdle sein Bezahlmodell. Ab sofort bietet er ein Abo an, das Mac-, iPhone- und iPad-Version umfasst. Dafür legt man ein Nutzerkonto an und zahlt nach einer kostenlosen Probeweche via Kreditkarte oder Lastschrift 80 Euro pro Jahr. Wer kein Abo will, kann die macOS-Version für einmalig 140 Euro kaufen. Sofern man PDF Expert nur in der iOS-Version nutzen möchte, zahlt man 53 Euro pro Jahr. Einen Einmalkauf gibt es nicht.

## Fazit

PDF Expert 3 überzeugt mit intuitiv gestalteten Ansichten zum Redigieren, Korrigieren und Exportieren von PDFs. Es vereint die relevanten Funktionen der PDF-Bearbeitung unter einem Dach. Lediglich von der frisch integrierten Texterkennung sollte man in der aktuellen Form nicht zu viel erwarten – für OCR bei komplexeren Layouts empfehlen sich Spezialisten wie Prizmo. In puncto Funktionsumfang reduziert PDF Expert dank Texterkennung und erweiterten Exortfunktionen den Abstand zum bekannten Acrobat Pro DC deutlich – und kostet im Abo nur zwei Drittel. (abr@ct.de) **ct**

PDF Expert Website & Downloadlinks: [ct.de/yfq2](https://ct.de/yfq2)

## PDF Expert 3

PDF-Bearbeitung	
Hersteller, URL	Readdle, pdfexpert.com
Systemanf.	iOS ab 14, macOS ab 10.13
Preis	<b>kostenlos</b> (Basis), einmalig 139,99 € oder 79,99 €/Jahr (Premium), iOS-Standalone-Version 53 €/Jahr

# Der Einbrecher-Schreck!



Heft + PDF  
mit 32 % Rabatt

Das **heise online** Sonderheft zeigt die Einsatzmöglichkeiten von smarten Alarmanlagen, Überwachungskameras und per App steuerbaren Türschlössern. Welche Systeme gibt es und was muss man bei der Installation beachten:

- **Test, Praxis, Know-how:** Wie Sie mit smarten Alarmanlagen und Überwachungskameras Einbrecher abschrecken
- **Bevor Sie anfangen:** Rechtliche Grundlagen für Alarmanlagen und Überwachungskameras
- **Alarm bei Feuer, Wasser, Feuchtigkeit:** Smarte Raumluft- und Wassersensoren, WLAN-Rauchmelder im Test
- **Auch im Set mit WLAN-Sicherheitskamera zum Sonderpreis**

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

[shop.heise.de/ho-sicheres-zuhause22](https://shop.heise.de/ho-sicheres-zuhause22)

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



## Streamhelfer

**Das USB-Mischpult AverMedia Live Streamer AX310 erleichtert es, während Live-Streams die Lautstärke von Mikrophon, Game-Sound und anderer Audioquellen zu korrigieren und Szenen zu wechseln.**

Die Moderation ist zu leise, der Spiele-Sound zu laut und die Chat-Teilnehmer werden bei all dem Stress übersehen: Dagegen verspricht das USB-Mischpult Live Streamer AX310 alias Nexus von AVerMedia Abhilfe. Über den Touchscreen hat man stets den Zuschauer-Chat sowie die wichtigsten Streamdaten im Blick und kann über das mitgelieferte Programm AVerMedia Creator Central Befehle an andere Anwendungen schicken, um etwa die Szene in der Streamingsoftware OBS zu wechseln.

Das integrierte Audio-Interface wird per USB angeschlossen und nimmt drei separate Audioquellen aus dem Rechner auf: den Spielesound, Systemsounds und Voice Chat. Extern passen ein Mikrophon, ein Line-Gerät sowie eine Spielkonsole per Toslink an das Gerät. Die Lautstärke aller sechs Quellen stellt man über Drehregler ein; zur Ausgabe schließt man Kopfhörer und Lautsprecher an – deren Lautstärke lässt sich aber nur umständlich über die Software ändern. Ein Masterfader für den Ausgang fehlt ebenfalls.

Der Mikrofoneingang, eigentlich nur für den Voice Chat mit dem eigenen Team gedacht, eignet sich auch für die An- und Abmoderation des Streams. Unsere Audio-messungen bescheinigen dem XLR-Eingang des AX310 eine gute Tonqualität. Die Leistung des Vorverstärkers von knapp 56 dB war in unseren Streamtests für das Kon-

densatormikrofon Rode NTG-4 bei aktivierter Phantomspeisung mehr als ausreichend. Für das sehr pegelschwache dynamische Mikrophon Shure SM 7B empfehlen wir einen zusätzlichen Vorverstärker.

Der Touchscreen überzeugte uns nicht, er bietet zu wenig Platz: Bereits die Anzahl der Zuschauer belegt 20 Prozent des Bildschirms, der Chat weitere 40 Prozent – scrollen kann man darin aber nicht. Auf Twitch lässt sich zusätzlich die Zahl der Follower einblenden, auf YouTube die Anzahl der Abonnenten. Um das Streamingprogramm OBS ansteuern zu können, benötigt man eine proprietäre Variante des quelloffenen WebSocket-Server-Plug-ins, das AVerMedia passend zur jeweils aktuellen OBS-Version bereitstellen muss. Neben dem Touchscreen gibt es auch vier Gummitasten, die sich mit Funktionen belegen, aber nicht beschriftet lassen.

Das sind zu wenig Funktionen für 300 Euro. Bei diesem Preis sind ein Elgato Stream Deck kombiniert mit dem GoXLR Mini von TC Helicon eine ernst zu nehmende Alternative. (mid@ct.de)

## AVerMedia Live Streamer AX310 (Nexus)

USB-Audio-Mischpult mit Touchscreen	
Hersteller, URL	AVerMedia, avermedia.com
Anschluss	USB 2.0, Netzteil
Audio-Eingänge	Mikrofon (XLR/Klinke 6,3 mm), Line in (Stereo-Mini-Klinke), Konsole (Toslink)
Audio-Ausgänge	Kopfhörer (Stereo-Mini-Klinke), Line out (Stereo-Mini-Klinke)
Lieferumfang	Streamingpult, Ständer, Netzteil, USB-Kabel, Mini-Klinkenkabel
Systemanf.	Windows ab 10, macOS ab 10.15 (Catalina)
Preis	ca. 300 €



## Video-Cutter

**Die Linux-App Video Trimmer schneidet flink aus längeren Videos kleine Clips heraus.**

Auf den ersten Blick ähnelt die schlichte Bedienoberfläche von Video Trimmer einem Videoplayer. Über den Öffnen-Knopf wählt man eine Videodatei aus. Dann zeigt das Programm ein Vorschaubild und darunter eine Play/Pause-Taste und eine minimalistische Zeitleiste. Den gewünschten Ausschnitt bestimmen Anfang und Ende der Auswahl, die sich mit der Maus festlegen lassen. Oder man tippt in zwei Textfelder Start- und Endposition auf die Zehntelsekunde genau ein.

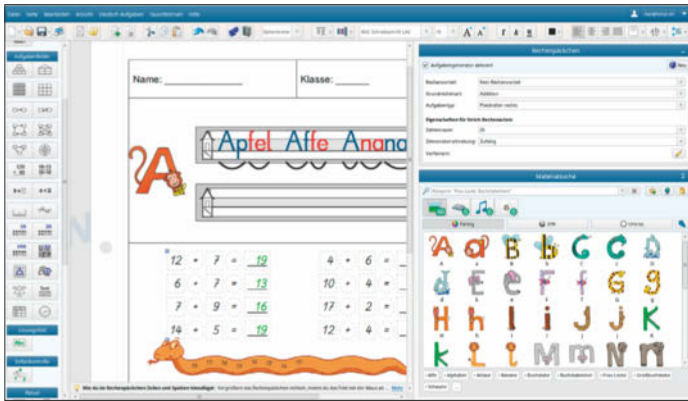
Die Zeitleiste hat keine Vorschaubilder, aber per Klick springt man im Video vor und zurück. Über die Schaltfläche Trimmen speichert man den Ausschnitt in einer neuen Datei. Das dauert selbst bei längeren Clips nur wenige Sekunden, weil das Video nicht neu transkodiert wird. Da die originale Videodatei geöffnet bleibt, sind ruckzuck mehrere Clips aus einem längeren Video exportiert.

Hier und da holpert es bei der Bedienung: So klappt das Öffnen per Drag & Drop nicht. Hochkant-Videos kann Video Trimmer nur im Querformat anzeigen. Trotzdem schneidet Video Trimmer Bewegtbilder unterschiedlicher Formate zuverlässig zurecht und befreit Aufnahmen von ruckeligen Szenen am Anfang und Ende. (ktn@ct.de)

## Video Trimmer 0.7.1

Videoschnittsoftware	
Hersteller, URL	Ivan Molodetskikh, gitlab.gnome.org/YaLTaR/video-trimmer
Systemanf.	Linux mit Flatpak
Preis	kostenlos (GPLv3)





## Arbeitsblatt-Puzzle

**Worksheet Crafter holt das gute alte Arbeitsblatt für Schüler ins 21. Jahrhundert. Lehrer bauen damit Übungszettel zum Drucken, digitale Aufgabenblätter sowie interaktive Tafelbilder für digitale Whiteboards.**

Das Programm funktioniert als Unterrichtsmaterial-Baukasten für Lehrer an Grund- und Förderschulen. Es gibt spezielle Schulschriften und Lineaturen, vielfältige Übungsformate für die vier Grundrechenarten sowie einen Grundwortschatz für Deutsch und Englisch. Auch Bilder, Texte und Übungen für das Fach Sachkunde kommen nicht zu kurz, beispielsweise Illustrationen zu Pflanzen und Tieren.

Man beginnt entweder mit einer leeren Datei, in die man die gewünschten Elemente Schritt für Schritt einfügt, oder mit einer der mitgelieferten Vorlagen. Die kann man flexibel an die Bedürfnisse der eigenen Klasse anpassen – eine Mathe-Vorlage zum Addieren bis 20 beispielsweise, indem der Nutzer den Zahlenraum auf 100 erweitert und Subtraktion als zweite Rechenart hinzufügt.

So entsteht in der Mitte des Arbeitsfensters nach und nach das eigene Arbeitsblatt. Rechts daneben befindet sich ein Dialog, über den sich die Eigenschaften des aktuellen Elements einstellen lassen. Darunter präsentiert die Materialauswahl Bilder, Texte und Audio-Dateien. Toll: Über die Tauschbörse besteht Zugriff auf Materialpakete und Vorlagen anderer Anwender; laut Hersteller gibt es neben den vom Programm mitgelieferten über 20.000 von Lehrern gestaltete Vorlagen.

Am linken Rand zeigt Worksheet Crafter die Werkzeugleiste mit Funktionen für Textkästen, Bilder und Lösungs-

kästchen sowie typische Mathe-Übungsformate wie Zahlenrad oder -mauer. Auch einfache Formen lassen sich von hier aus mit einem Klick einfügen, ebenso ein Zahlenstrahl oder das Ziffernblatt einer Uhr. Diese Elemente bringen ihre eigenen Funktionen mit. So kombiniert der Nutzer Uhren mit unterschiedlicher Zeigerstellung fix zu einem Übungsblatt, das die Uhrzeit als Lösung erwartet. Lösungen zeigt Worksheet Crafter am Bildschirm grün an, druckt sie jedoch nicht mit aus.

Eine Alternative zu gedruckten Aufgabenzetteln sind digitale Arbeitsblätter, die Schüler per Drag & Drop auf ihrem Tablet bearbeiten können. Dazu benötigen sie auf dem Mobilgerät die kostenlose App „Worksheet Go!“.

Seit der Version 2022.2 hat Worksheet Crafter eine Whiteboard-Funktion. Damit lassen sich neben druckbaren und digitalen Arbeitsblättern nun auch interaktive Tafelbilder vorbereiten. Noch sind die Möglichkeiten dabei beschränkt, so kann man einzelne Bildelemente später am Whiteboard nicht verschieben.

Der Hersteller erweitert Worksheet Crafter regelmäßig um neue Materialien und Möglichkeiten – diese Vielfalt kann Einsteiger zunächst ein wenig überwältigen. Die sorgfältig verfasste Programmhilfe und gute Erklärvideos helfen dann bei den ersten Schritten. Nutzer bekommen perfekt auf die Grundschule abgestimmtes Material, vorgefertigte Arbeitsblätter sowie viele Ideen für eigene Unterrichtsmaterialien – für 5 Euro pro Monat ein solides Angebot. (dwi@ct.de)

### Worksheet Crafter

Arbeitsblatt-Editor	
Hersteller, URL	SchoolCraft, worksheetcrafter.com
Systemanf.	Windows ab 7, macOS ab 10.10
Systemanf. Tablet-App	Android ab 6, iPadOS ab 9.3
Preis Einzellizenz	60 €/ Jahr

# Wir schreiben Zukunft.



35 %  
Rabatt

**2 Ausgaben  
MIT Technology Review  
als Heft oder digital  
inklusive Prämie nach Wahl**

[mit-tr.de/testen](https://mit-tr.de/testen)

[mit-tr.de/testen](https://mit-tr.de/testen)

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

+49 541/80 009 120



Bild: Rudolf A. Blaha

# Stromwaagen

## 10 Energiekostenmessgeräte im Vergleich

**Energiekostenmessgeräte erfassen, wie viel Leistung Verbraucher aus der Steckdose ziehen. So helfen sie, Stromverschwender im Haushalt aufzuspüren. Dazu taugen schon 10-Euro-Modelle, wie unser Vergleichstest zeigt.**

Von Ernst Ahlers

**D**reiste 109,15 Cent pro Kilowattstunde, also mehr als einen Euro pro kWh, forderte ein Stromversorger Mitte Juli 2022 von Neukunden im niedersächsischen Sehnde. Wäre der Kraftstoffpreis in den letzten Monaten im selben Maß geklettert wie der Strompreis, dann müsste man jetzt wohl fünf Euro pro Liter hinlegen. Zum Glück für die Automobilen ist das Sprit-Oligopol besser eingefahren als der Strommarkt, wo die Preise für dieselbe Ware viel weiter auseinanderklaffen.

Doch selbst wenn man solch extreme Ausreißer meidet, sind für elektrische Energie mittlerweile 40 bis 50 Cent/kWh fällig, Tendenz steigend. Da liegt Stromsparen nahe. Dazu gilt es, jene elektri-

schen Verbraucher im Haushalt aufzuspüren, die am meisten schlucken. Denn bei denen zahlt sich Sparsamkeit besonders schnell aus.

Hier helfen Energiekostenmessgeräte, kurz EKM: Zwischen Steckdose und Verbraucher gesetzt, erfassen sie die durchfließende Energie. Anhand der angezeigten Wirkleistung (Watt) sieht man, was ein Gerät aktuell aus dem Stromnetz zieht. Das wird bei einem Verbraucher mit schwankender Last wie einem Kühlschrank die meiste Zeit recht wenig sein, vielleicht ein halbes Watt. Doch wenn er seinen Kältemittelkompressor anwirft, schnellte die Leistung hoch auf ein paar Dutzend Watt, um nach einigen Minuten





### Alecto EM-17

Dafür, dass der Hersteller für das EM-17 keinen maximalen Messfehler spezifiziert, traut sich das Gerät einiges zu und zeigt die Wirkleistung mit zwei Nachkommastellen an. Im Test lagen beide Exemplare tatsächlich nah an unserer Referenz, aber runden sollte man diesen Anzeigewert dennoch. Laut Verpackung lässt sich die Schwelle für die Überlastanzeige einstellen. Doch wie das geht, verriet uns die beiliegende niederländisch/englische Anleitung nicht.

- ↑ korrekte Leistungsmessung
- ↓ unzureichende Anleitung

Preis: 20 Euro



### AVM Fritz!DECT 200

AVMs per DECT-Funk an den Router gekoppelte Schaltsteckdose ist mittlerweile ein Urgestein im Smart-Home-Markt, wird aber weiter produziert und mit Firmware-Updates gepflegt. Sie ist deutlich teurer als die anderen Geräte, aber für Fritzbox-Nutzer erste Wahl, weil perfekt in AVMs Router-Firmware eingebunden. Das Kästchen misst sehr genau, braucht aber etwas mehr Eigenleistung als die anderen. Auch ist Geduld gefragt: Nach Lastsprüngen erscheint der aktuelle Messwert um 10 bis 30 Sekunden verzögert.

- ↑ verlässlich genau
- ↓ nur mit Fritzboxen nutzbar

Preis: 49 Euro



### Basetech EM-3000

Sein Design – voluminöses Gehäuse, großes, gut ablesbares Display, Tastenanordnung – teilt das Basetech EM-3000 mit den Dayhome- und LogiLink-Modellen. Doch die drei verwenden unterschiedliche Messelektroniken, was sich in unterschiedlicher Genauigkeit manifestiert. Hier liegt das EM-3000 minimal hinter seiner Verwandtschaft. Außerdem muss man eventuell Batterien wechseln, wo die anderen integrierte Akkus für den Messwertspeicher haben.

- ↑ gut ablesbar
- ↓ Batterien für Wertespeicher

Preis: 18 Euro

wieder abzufallen. Ähnlich verhalten sich andere, vergleichsweise selten gebrauchte Haushaltsgeräte wie Waschmaschine oder Wäschetrockner.

Was im Mittel fällig wird, erfährt man mit einer längeren Messung: Über die Betriebszeit integriert ergibt sich aus der Wirkleistung die bezahlte Energie (Wattsekunden, umgerechnet Kilowattstunden). Die Zeit ist elektronisch dank preisgünstiger Quarze beziehungsweise Quarzoszillatoren um mehrere Größenordnungen genauer messbar als die Wirkleistung am Stromnetz. Deshalb bestimmt letztere Messung über die Güte der EKM und steht im Fokus unseres Tests.

### Kleinviehs Mist

Dabei ist das Messen kleiner Leistungen unter 10 Watt besonders interessant. Denn bei selten laufenden Schwergewichten lässt sich wenig sparen: Reinigen Sie beispielsweise mit einem 1000-Watt-Staubsauger die Auslegeware an 40 Stunden

im Jahr, dann fallen bei 40 ct/kWh insgesamt 16 Euro an. Ein gleich saugstarkes 800-Watt-Modell würde nur 3,20 Euro einsparen.

Das Ersetzen eines noch funktionierenden Altgerätes wäre also nicht nur eine Umweltsünde, sondern auch fragwürdig. Denn der Neukauf amortisiert sich schon bei solch einem vergleichsweise preiswerten Helfer erst nach vielen Jahren. Bei teureren Geräten wie Waschmaschinen oder Trocknern lohnt sich der vorzeitige Austausch wegen etwas weniger Stromverbrauch gewiss ebenso selten.

Bei den kleinen, unauffälligen Stromschweinchen, die ständig an der Steckdose nuckeln, ist viel mehr zu holen: Manche Halogen-Leseleuchte aus dem letzten Jahrhundert, aber auch ältere Kompakt-Hi-Fi-Anlagen gönnen sich mal eben 5 bis 10 Watt für einen ständig am Stromnetz hängenden Trafo. Das macht pro Gerät allein 18 bis 35 Euro jährlich für den Standby-Betrieb, denn mit 8766 Stunden pro

Jahr und 40 ct/kWh kostet jedes dauerlaufende Watt 3,50 Euro. Hier rentiert es sich schnell, bei Nichtgebrauch den Stecker zu ziehen oder die Verschwender per Schalt-Zwischenstecker für ein paar Euro vom Netz zu trennen. Der Nachteil: Es wird etwas unbequemer.

### c't kompakt

- Elektrische Energie, umgangssprachlich Strom, wird immer teurer. Jedes bei dauerlaufenden Geräten gesparte Watt senkt die Rechnung.
- Mit Energiekostenmessgeräten kann man Standby-Stromverschwender finden.
- Taugliche Messgeräte müssen auch kleine Leistungen sicher erfassen.



### Chilitec CTM-807

Mit gerade mal 14 Euro ist Chilitecs CTM-807 ein gutes Angebot: Das kleine Kästchen leistete sich beim Vergleich mit der Laborreferenz LMG95 nur kleine Ausrutscher, vor allem bei Lasten unter 5 Watt. Es ist dank seiner großen Ziffern auch ohne Beleuchtung bequem ablesbar. Indes sollte der Hersteller bei der Wirkleistungsanzeige auf die zweite Nachkommastelle verzichten, denn bei kleinen Lasten am Stromnetz ist nicht mal das vielfach teurere Laborgerät auf 10 Milliwatt genau.

- ↑ sehr genau
- ↑ preisgünstig

Preis: 14 Euro



### Dayhome PM1

Das bessere Exemplar des Dayhome PM1 vom Elektronikversender Pollin schaffte das Kunststück, in fast allen Lastfällen denselben Wert anzuzeigen wie unser Laborgerät LMG95. Beim USB-Netzteil ohne Last (0,1 Watt) schlug die Anzeigeschwelle zu. Der zweite Prüfling lag auch nur bei wenigen Prüflasten mal ein oder zwei Prozent daneben. Mit seinem niedrigen Preis wird das PM1 so zum Geheimtipp. Gut ablesbar ist es dank ausreichender Ziffernhöhe auch; besser wäre es noch mit beleuchtetem Display.

- ↑ präzise
- ↑ gut ablesbar

Preis: 10 Euro



### Hama 00137289

Hat man Hama's Energiekostenmessgerät aus seiner Blisterverpackung befreit, ist der Rest leicht: Einstecken, warten, ablesen. Das Gerät braucht wenig Leistung, maß aber verglichen mit dem restlichen Testfeld weniger genau, auch wenn es für daheim noch reicht. Bei der unkritischen ohmschen Last (Glühlampe) hielt es seine Spezifikation gerade so ein. Lesebrillenträger werden am kleinen Display wenig Freude haben und sollten fürs Ablesen in dunklen Ecken eine Taschenlampe mitnehmen.

- ↑ geringe Eigenleistung
- ↓ höchste Abweichung im Test

Preis: 14 Euro



Alle Energiekostenmessgeräte im Test zeigten einen umgekehrten Leistungsfluss – etwa Einspeisung aus einem Balkonkraftwerk – an, aber anders als unser Laborgerät LMG95 ohne Minus-Vorzeichen.

Wenn Sie schon messen wollen, dann messen Sie auch bei jedem Verbraucher mit Netzkabel nach: Ein moderner Wasserkocher mit Temperaturvorwahl und LED-Lichtspiel zieht im Standby im guten Fall unter 0,5 Watt, ein schlecht konstruierter aber womöglich 2 Watt.

Bezogen auf PCs ist das Messen kleiner Leistungen beim Idle-Betrieb – das Betriebssystem wartet auf Benutzereingaben – interessant: Zeigt ein EKM in diesem Bereich zuverlässig an, dann kann man leicht erkennen, welche praktische Wirkung Eingriffe an den Energiesparoptionen haben. Beispielsweise maßen wir durch Aktivieren des SATA-Energiesparens pro genutztem Port bis zu einem Watt weniger Leistungsaufnahme. Doch auch nach Aktivieren aller Sparmöglichkeiten ist es sinnvoll, den Rechner bei längerem Nichtgebrauch ins Standby schlafen zu legen oder lieber ganz herunterzufahren.

Tipps und weiterführende Hinweise zum Energiesparen im Haushalt, nicht nur





### LogiLink EM0003 v.2

Das EM0003 v.2 ist zum zweiten Mal in solch einem Test dabei, weil wir wissen wollten, ob sich zwischenzeitlich etwas an seinem Aufbau und der Präzision geändert hat. Kurze Antwort: nein. Lange Antwort: Die Abweichungen der aktuellen Geräte lagen auf demselben Niveau wie die Ende 2019 getesteten [1]. Damit taugt das EM0003 v.2 weiterhin als preiswertes und dank hoher Ziffern auf dem großen Display gut ablesbares Energiekostenmessgerät. Allerdings gilt wie damals: Der Mess-Chip könnte mit besserer Werkskalibrierung mehr.

- ⬆ bequem ablesbar
- ⬇ Mess-Chip kann mehr

Preis: 15 Euro



### PeakTech 9035

Laut Handbüchlein soll das 9035 auf  $\pm 0,5$  Prozent genau messen, doch beide Prüflinge lagen im Test auch oberhalb der genannten Messschwelle von 1 Watt oft über dieser selbst gesetzten Marke. Während das bessere Exemplar mit gemittelt einem Prozent kaum von unserer Referenz abwich, lag der zweite Prüfling mit acht Prozent stärker daneben. Für den Hausgebrauch reicht das noch aus, aber zum verlässlichen Messen kleiner Leistungen gibt es bessere Alternativen.

- ⬆ kleiner Eigenleistungsbedarf
- ⬇ auffällige Serienstreuung

Preis: 17 Euro



### Trotec BX09

Trotecs BX09 hat uns überrascht: Für einen Zehner bekommt man ein sehr genau arbeitendes Energiekostenmessgerät. Zwar ist sein Display noch etwas kleiner als das des Hama-Produktes, aber es ist wegen der höheren Ziffern der einzeiligen Anzeige dennoch besser ablesbar. Die letzte Stelle der Wirkleistung sollte man wegrunden, auf 10 Milliwatt genau misst das BX09 nicht. Im Dauerbetrieb verursacht das Gerät mit 0,3 Watt Eigenleistung auch kaum Stromkosten.

- ⬆ sehr genau
- ⬆ kompakt

Preis: 10 Euro

beim Strom, liefert zum Beispiel die Deutsche Energie-Agentur (siehe [ct.de/y5b8](https://ct.de/y5b8)). So bieten beispielsweise auch die Verbraucherzentralen Beratungstermine an.

### Ausgemessen

Wir haben acht Energiekostenmessgeräte der Taschengeldklasse bis 20 Euro online geordert, um abzubilden, was zurzeit am Markt gängig ist. Dazu kommen zwei etwas teurere Geräte mit Schaltfunktion für den angeschlossenen Verbraucher und Funkanbindung an Router oder Smartphone. Von allen Modellen haben wir zwei Exemplare durchgemessen, um einen Hinweis auf Serienstreuungen zu finden. Mit einer Ausnahme (PeakTech 9035) lagen die Geräte nah beieinander.

Als Referenz für den Vergleich mit sechs unterschiedlichen Lasten diente ein Präzisionsleistungsmessgerät LMG95. Es misst um zwei Größenordnungen genauer als die Prüflinge. Die c't-Redaktion nutzt davon insgesamt sechs Exemplare ([ct.de/y5b8](https://ct.de/y5b8)), die regelmäßig beim Hersteller auf

Einhalten ihrer Spezifikation überprüft und nötigenfalls justiert werden.

Mit der 60-Watt-Glühlampe hatten alle EKM leichtes Spiel, ist sie doch der klassische Fall eines ohmschen Verbrauchers, bei dem der gezogene Strom der Momentanspannung linear folgt. Viel schwieriger ist eine genaue Messung bei modernen Leuchtmitteln, die entweder stark kapazitive Lasten darstellen (Energiesparleuchten) oder nichtlineare (LED), bei denen die Stromform sehr deutlich vom idealen Sinus abweicht. Das ist auch bei den PC-Netzteilen und dem USB-Ladegerät der Fall. Besonders Letzteres wird im Idle-Zustand, also ohne zu ladendes Gerät, zur Herausforderung.

Sinnvollerweise zeigen die meisten EKM erst beim Überschreiten einer bestimmten Mindestlast, typisch 0,2 bis 0,6 Watt, überhaupt einen Wert an. Deshalb steht in der Tabelle als relativer Messfehler mit dem leerlaufenden USB-Ladegerät bei den meisten Geräten „-100 %“. Diesen Fall haben wir bei der Berechnung der

„Abweichung gegen Referenz“ ausgeschlossen. Ebenso gewichten wir die relativen Fehler bei kleinen Prüflasten unter 5 Watt nur mit einem Viertel. Denn die Kirche soll im Dorf bleiben: Die getesteten Messgeräte sind ja keine Präzisionsgeräte fürs Elektroniklabor, sondern für den Haushaltseinsatz gedacht. Lagen die Prüflinge gemittelt um höchstens zwei Prozent neben unserer Referenz, war das ein „sehr gut“ wert. Ab zehn Prozent gab es eine zufriedenstellende Note, mehr als 20 Prozent hätten wir als „schlecht“ angesehen.

### Schlau gemessen

Um vergleichbare und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, versorgten wir die Energiekostenmessgeräte und die angeschlossenen Prüflasten aus einer AC-Source mit einer sauberen Netzspannung von 230 Volt bei 50 Hertz. Diesen Idealfall trifft man im Haushalt selten. Die Netzspannung darf um 10 Prozent schwanken und tut das in der Praxis auch. Deswegen genügt es nicht, nur den Strom zu messen, um zur Wirkleis-



## Voltcraft SEM6000

Das Voltcraft SEM6000 von Conrad Electronic misst durchfließende Energie und schaltet angeschlossene Verbraucher. Zum Bedienen und Abfragen koppelt man das Gerät per Bluetooth ans iOS- oder Android-Smartphone. Die Hardware ist außergewöhnlich kompakt und misst verglichen mit unserer Referenz sehr genau. Die zugehörige, übersichtliche App übertreibt aber bei den Nachkommastellen enorm. Kleine Leistungen zeigt sie gleichwohl mit geringer Abweichung an.

⬆️ sehr klein

⬆️ Schaltfunktion

Preis: 28 Euro

tung zukommen. Die EKM berücksichtigen das: Sie messen beide wichtigen Größen Momentanspannung und -strom simultan und separat mehrere tausendmal pro Sekunde. Das Produkt – die Wirkleistung – mitteln sie dann über die Netzperiode. Diese Methode kompensiert nicht nur die im Hausnetz typischerweise leicht verzerrte Sinusform der Spannung, sondern ebenso die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bei reaktiven Lasten.

Die meisten Prüflinge zeigen zwar auch die Netzfrequenz an, aber sie erfassen sie nur grob, um festzustellen, ob sie in einem 50- oder einem 60-Hertz-Netz laufen. Zwei Modelle (Alecto EM-17 und Voltcraft SEM6000) melden sogar aufs einzelne Hertz aufgelöste Werte. Aber das ist für die Praxis irrelevant: Schon wenn die Frequenz nur um zwei Zehntel Hertz vom 50-Hz-Ideal abweicht, liegt der Energiefluss im europäischen Verbundnetz so schief, dass eine Netzauffrennung und lokale Blackouts wahrscheinlich werden.

## Rückwärtsgang

Mit dem Aufkommen von Balkonkraftwerken – Solarpanels und Mikrowechselrichter zum direkten Anschluss ans Hausstromnetz (siehe S. 104) – wird interessant,

ob Energiekostenmessgeräte auch einen Leistungsfluss in Gegenrichtung erfassen (Vierquadrantenmessung). Solche Einspeisung zeigten alle untersuchten Geräte an, wenn auch ohne Minus-Vorzeichen, das die umgekehrte Energierichtung kennzeichnen würde. Dabei liefern moderne Mess-Chips diese Information durchaus. Beispielsweise meldet der RN8209D im SEM6000 negative Wirkleistung mit einem gesetzten REVP-Bit.

Beim Messen von eingespeister Energie ist der angezeigte Wert prinzipiell zu hoch: Weil sie keine separate Spannungs-

versorgung haben, müssen die EKM ihre Betriebsleistung aus dem Messkreis holen. Der Messwiderstand für den Verbraucherstrom sitzt hinter dem Abzweig für das interne Netzteil. So geht der Eigenverbrauch im regulären Betrieb nicht ein. Doch im Einspeisefall ist es andersrum. Da Balkonkraftwerke bei günstigen Bedingungen aber einige Dutzend bis mehrere Hundert Watt liefern, ist der zusätzliche Fehler dann glücklicherweise klein.

Apropos Eigenverbrauch: Die getesteten Geräte zogen mit 0,3 bis 1,1 Watt selbst erfreulich wenig Leistung aus dem Strom-

## Energiekostenmessgeräte

Marke	Alecto	AVM	Basetech
Typ	EM-17	Fritz!DECT 200	EM-3000
Bezeichnung	Energiekostenmessgerät	intelligente Steckdose	Energiekostenmessgerät
<b>Bedienelemente</b>			
Tasten	Func, Set, Up, Reset	Ein/Aus, DECT	Set, Energy, Cost, Up, Reset
Ziffernhöhe Hauptanzeige	14 mm	–	11 mm
Speicherbatterie	✓ (3 × LR44)	–	✓ (2 × LR44)
erhöhter Berührungsschutz	✓	–	✓
<b>Angezeigte Größen</b>			
Spannung (U) / Strom (I)	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Wirkleistung (P) / Minimum / Maximum	✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / –
Anzeigeauflösung P / Latenz	0,01 W / 3 s	0,01 W / 20 s <sup>1</sup>	0,1 W / 2 s
Scheinleistung (S) / Leistungsfaktor (PF) / Frequenz	– / ✓ / ✓	– / – / –	– / ✓ / ✓
Arbeit (E) / Laufzeit / Uhrzeit	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / –	✓ / ✓ / –
Kosten: Gesamt / pro Tag / Monat / Jahr	✓ / – / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / – / – / –
Überlast / sonstiges	✓ / –	– / CO <sub>2</sub> -Äquivalent	✓ / CO <sub>2</sub> -Äquivalent, Wochentag
misst Einspeisung / korrektes Vorzeichen	✓ / –	✓ / –	✓ / –
Besonderes	Tag/Nacht-Tarif	Kostenprognose, Temperaturmessung, Schalten nach Zeitplan/Geräusch, Standby-Ab-schaltung	–
spezifizierter Messfehler U / I	k. A. / k. A.	k. A. / k. A.	±1,5 % / ±2 %
spezifizierter Messfehler P	k. A.	± 0,1 W (bis 5 W), darüber ± 2 %	±(2 % + 2 W)
Mess-Chip	CS5463	PL8331	CL2208
<b>Gemessener Wirkleistungsfehler (relativ)</b>			
PC-Netzteil Suspend-to-RAM (2 Watt)	1 %	0 %	0 %
PC-Netzteil idle (20 Watt)	0 %	0 %	3 %
NUC-Netzteil Suspend-to-RAM (2 Watt)	3 %	0 %	5 %
NUC-Netzteil idle (20 Watt)	0 %	1 %	3 %
USB-Ladegerät idle (0,1 Watt)	–100 %	0 %	–100 %
USB-Ladegerät Last (10 Watt)	1 %	0 %	3 %
Glühlampe (60 Watt)	0 %	0 %	4 %
Energiesparleuchte (7 Watt)	1 %	0 %	3 %
LED-Leuchte (2,5 Watt)	2 %	0 %	0 %
Abweichung gegen Referenz <sup>2</sup>	1 %	0 %	3 %
Eigenleistungsaufnahme <sup>3</sup>	0,3	1,1 W <sup>3</sup>	0,5 W
<b>Bewertung</b>			
Genauigkeit	⊕⊕	⊕⊕	⊕
Ablesekomfort	⊕	⊕⊕	○
Eigenverbrauch	⊕⊕	○	⊕
Preis	20 €	49 €	18 €
✓ vorhanden — nicht vorhanden k. A. keine Angabe ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht			



netz. Dabei lagen die zwei Modelle mit Schaltfunktion – AVM Fritz-DECT 200 und Voltcraft SEM6000 – bei aktivem Relais etwas über dem Durchschnitt. Doch auch wer diese Geräte einsetzt, zahlt kein Vermögen für eine länger dauernde Energiemessung an Verbrauchern mit fluktuierender Leistungsaufnahme. Bis ein Watt Eigenleistungsbedarf werten wir als „gut“, unter 0,5 Watt ergeben eine sehr gute Note.

## Fazit

Als Auslese der diesjährigen EKM-Ernte entpuppten sich die Geräte von Pollin

Electronic (Dayhome PM1) und Trotec (BX09). Sie kosten gerade mal einen Zehner, wichen im Test aber kaum von unserer mehrere Tausend Euro teuren Referenz LMG95 ab. Chilitecs CTM-807 folgt dicht auf den Fersen. Es ist mit 14 Euro ebenso teuer wie Hamas Produkt Nr. 00137289, zeigte aber kleine Lasten weit präziser an als jenes.

Auch der Rest muss sich nicht verstecken: Die von uns gemessenen Abweichungen gegen die Laborreferenz sind niedrig genug für den Hausgebrauch, besonders bei höheren Lasten ab 20 Watt. Die teure-

ren Zwischenstecker von AVM und Voltcraft spielen in einer eigenen Liga: Beim Fritz!DECT 200 ist die Energiemessung eine Dreingabe zur Smart-Home-Komfortfunktion Fernschalten, beim SEM6000 ist es anders herum. (ea@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Ernst Ahlers, Stromkostenwächter, Acht Energiekosten-Messgeräte für den Hausgebrauch, c't 1/2020, S. 110

**dena-Energiespartipps, LMG95:**  
**ct.de/y5b8**

## Technische Daten und Testergebnisse

Chilitec	Dayhome	Hama	LogiLink	PeakTech	Trotec	Voltcraft
CTM-807	PM1	00137289	EM0003 v.2	9035	BX09	SEM6000
Energiemeter	Energiekosten-Messgerät	Energiekosten-Messgerät	Energiekostenmessgerät „Premium“	Digital Energy Meter	Energiekosten-Messgerät	Bluetooth Energiekosten-Messgerät
Mode, Up, Reset	Function, Cost, Up, Down, Reset	Up, Set, Func, Reset	Function, Cost, Up, Down, Reset	Up, Set, Mode, Reset	Set, Mode, Up	Ein/Reset
15 mm	13 mm	8 mm	12 mm	11 mm	10 mm	–
–	interner Akku	interner Akku	interner Akku	interner Akku	–	–
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	– / –	✓ / ✓
✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / – / –	✓ / – / –
0,01 W / 3 s	0,1 W / 4 s	0,1 W / 3 s	0,1 W / 2 s	0,1 W / 2 s	0,01 W / 3 s	0,001 W / 2 s
– / – / –	– / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓	– / – / –	✓ / ✓ / ✓
✓ / – / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / –	✓ / – / –
✓ / – / – / –	✓ / – / – / –	✓ / – / – / –	✓ / – / – / –	✓ / – / – / –	✓ / – / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓
– / –	– / –	✓ / –	✓ / –	✓ / CO <sub>2</sub> -Äquivalent, Wochentag	– / –	– / CO <sub>2</sub> -Äquivalent
✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –
–	–	Tag/Nacht-Tarif, Gerät wird laut Hersteller nicht mehr produziert	–	Tag/Nacht-Tarif	–	konfigurierbare Überlastabschaltung, Timer und Zeitplan per App
k.A. / k.A.	k.A. / k.A.	±1,5 % / ±1,5 %	±2 % / ±2 %	±0,5 % / ±0,5 %	k.A. / k.A.	k.A. / k.A.
k.A.	k.A.	±1,5 %	±2 %	±0,5 %	±2 % oder ±2 Watt (<100 Watt), sonst ±2 %	±0,23 W (bis 1 W), ±10 % (bis 5 W), ±2 % (bis 10 W), dann ±1 %
unbeschriftet	BL65230X	CS5460A	CS5460A	CS5460A	vergossen	RN8209D
5 %	0 %	40 %	5 %	0 %	0 %	–10 %
1 %	0 %	3 %	3 %	1 %	1 %	–2 %
0 %	0 %	45 %	0 %	0 %	0 %	–1 %
1 %	0 %	3 %	3 %	2 %	1 %	0 %
–100 %	–100 %	–100 %	–100 %	–100 %	0 %	–100 %
1 %	0 %	8 %	2 %	1 %	0 %	0 %
0 %	0 %	2 %	2 %	1 %	0 %	0 %
2 %	0 %	16 %	2 %	2 %	0 %	0 %
4 %	0 %	36 %	4 %	0 %	0 %	–1 %
1 %	0 %	11 %	2 %	1 %	0 %	1 %
0,5 W	0,5 W	0,4 W	0,5 W	0,4 W	0,3 W	0,7 W <sup>3</sup>
⊕⊕	⊕⊕	○	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕
⊕	⊕	○	⊕	⊕	○	⊕⊕
⊕	⊕	⊕⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕
14 €	10 €	14 €	15 €	17 €	10 €	28 €

<sup>1</sup> unterschiedlich bei Browser und App, siehe Text <sup>2</sup> gewichtetes Mittel der Beträge, ohne leerlaufendes USB-Ladegerät <sup>3</sup> bei schaltbaren Steckdosen im Ein-Zustand, aus: 0,5 W (AVM), 0,2 W (Voltcraft SEM6000)

## c't 2022, Heft 17



die Gleichspannung der Solarmodule in eine netzsynchrone Wechselspannung um, die die Geräte daheim ohne Umverdrahten direkt nutzen können. Einen Grundlagenartikel zu kleinen PV-Anlagen, zur rechtlichen Situation und zur Befestigung finden Sie in c't 15/2022 [1].

Der aktuelle Ansturm auf Balkonkraftwerke hat die Lieferzeiten für Komplettsätze in die Höhe getrieben. Doch Sie müssen nicht unbedingt warten, bis wieder alles aus einer Hand zu haben ist: Sowohl Wechselrichter als auch Solarmodule gibt es auch einzeln. Als Stecker kommt auf Gleichspannungsseite immer das Format MC4 zum Einsatz – sofern die elektrischen Parameter passen, kann man Wechselrichter und Module aus verschiedenen Quellen bedenkenlos miteinander kombinieren.

## Sicherheit geht vor

Noch bevor Sie prüfen, ob ein Wechselrichter elektrisch kompatibel zum Solarpanel Ihrer Wahl ist, müssen Sie im Datenblatt oder im Webshop auf Konformität mit der **VDE-AR-N 4105** achten. Die Anschlussregel des Elektrotechnikverbands VDE definiert seit Anfang 2019 auch, welche Voraussetzungen Wechselrichter für kleine Photovoltaikanlagen mit direktem Netzanschluss zu erfüllen haben.

Die Sicherheit ist ein großes Thema: Es muss ein Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) eingebaut sein, der sicherstellt, dass der Wechselrichter sofort abschaltet, falls die Netzspannung ausfällt – also etwa der Stecker des Wechselrichters aus der Steckdose gezogen wird, weshalb die Anschlusskontakte frei liegen, oder der Fehlerstromschutzschalter des Stromkreises auslöst. Das schützt nicht nur Sie als Anwender, sondern auch zum Beispiel Mitarbeiter des Netzbetreibers – für die ist es überlebenswichtig, dass bei Arbeiten am zuvor abgeschalteten Netz niemand einspeist.

Angesichts leerer Webshops mag so mancher in Versuchung geraten, günstige No-Name-Wechselrichter ohne Konformitätsangabe auf Amazon, eBay, AliExpress oder sonstigen Marktplätzen zu ordern. Unser Rat: Lassen Sie das! Während man sich über den Anschlussstecker streiten kann – mehr dazu später – schützen die Anforderungen der VDE-AR-N 4105 effektiv vor potenziell tödlichen Stromunfällen.

Sparen Sie sich den Ärger, den Sie sich mit so einem Gerät unter Umständen einhandeln und warten Sie gegebenenfalls

etwas länger auf einen konformen Wechselrichter. Wenn die Zeit drängt oder Sie es gar nicht abwarten können, funktionieren technisch gesehen auch größere Wechselrichter mit 700 oder 800 Watt Spitzenleistung – die darf man als Laie aber nicht ohne Elektrofachkraft beim Netzbetreiber anmelden.

## Datenblattlektüre

Erfüllt der Wechselrichter die Anforderungen des VDE, geht es an die elektrischen Werte – die Grundlagen zu Spannung, Leistung und Stromstärke haben wir im Kasten auf Seite 106 für Sie zusammengefasst.

Die Anschlusswerte des Solarmoduls müssen zum Wechselrichter passen. In dessen Datenblatt sind meist der zulässige Bereich der Betriebsspannung und der Arbeitsbereich des MPPT („Maximum Power Point Tracker“, Maximalleistungssucher) angegeben. Erst wenn die Solarzellen mindestens die untere Betriebsspannung liefern, fängt der Wechselrichter an zu arbeiten – überschreitet die Spannung etwa an einem Sommertag das Maximum, kann der Wechselrichter allerdings kaputtgehen. Sie sollten so planen, dass die Spannung der Solarmodule stets im Arbeitsbereich des MPPT liegt, damit dieser das Optimum aus den Modulen herausholen kann.

Damit der Wechselrichter die maximale Leistung abrufen kann, muss sein Eingang außerdem den Maximum Power Current ( $I_{mp}$ ) des Solarmoduls vertragen. Viele 600-Watt-Mikrowechselrichter sind

darauf ausgelegt, den Strom auf zwei Eingänge zu je 9 bis 13 Ampere aufzuteilen. Multipliziert mit der  $V_{mp}$  des eingesetzten Moduls ergibt das die maximale Leistung pro Eingang. Die Maximalleistung großer Module mit 400 Watt Peak und mehr, aber nur 29 bis 32  $V_{mp}$  kann man daher an vielen Mikrowechselrichtern nicht ausschöpfen – sie sind nur für zwei 300- bis 350-Watt-Module geplant, nicht für ein großes.

## Überbelegung

Solange Sie die maximale Betriebsspannung des Wechselrichters nicht überschreiten, dürfen Sie durchaus mehr Module mit mehr Maximalleistung anschließen, als sie der Wechselrichter verarbeiten kann. Damit steigern Sie den Stromertrag bei schlechtem Wetter sowie im Frühling und Herbst, auch wenn der Wechselrichter dann im Sommer nur einen Teil der verfügbaren Leistung bei den Solarmodulen abrufen kann. Das lohnt sich dann, wenn Sie etwa eine große Zahl gebrauchter Solarmodule günstig oder gar kostenlos bekommen. Auch rechtlich ist es erlaubt, mehr als 600 Watt Modulleistung aufzuhängen – die Grenze von 600 Watt für Balkonkraftwerke bezieht sich allein auf die Einspeiseleistung des Wechselrichters. MC4-Kuppler für bis zu sechs Module sowie Verlängerungen gibt es günstig im Netz.

Obacht jedoch: Manche Wechselrichter haben einen Prüfmodus, in dem sie Panels zum Test kurzschließen. Erreichen Panels nicht mehr die angegebene Short-Circuit-Current ( $I_{sc}$ ), deutet das auf falsche Verkabelung oder einen Paneldefekt hin.



**Während Wechselrichter für große Dachanlagen schwer und klobig sind, benötigen Mikrowechselrichter nur wenig Platz und sitzen direkt hinter dem Solarpanel. Das erleichtert Laien die Montage erheblich.**

## Elektro-Basiswissen für PV-Planer

Bei der Wahl von PV-Modul und Wechselrichter kommt man nicht umhin, mit ein paar elektrischen Größen zu rechnen. Zunächst ist da die Spannung, genauer die **Leerlaufspannung**, („Open Circuit Voltage, kurz  $V_{oc}$ “), (in Volt, V), die an jedem PV-Modul anliegt, wenn die Sonne darauf scheint, es aber nirgends angeschlossen ist. Diese darf nicht höher sein als die maximale Betriebsspannung des Wechselrichters, an den man es anschließt. Liefert das Solarmodul mit höchster Effizienz Energie an einen Wechselrichter mit MPPT-Optimierung, so sinkt die Spannung auf die sogenannte „Maximum Power Voltage, abgekürzt mit  $V_{mp}$ “. Der **Strom** („Maximum Power Current“,  $I_{mp}$ ), der dabei fließt (gemessen in der Einheit Ampere, A) erlaubt Ihnen, die **Leistung** (in Watt, W) des Moduls zu berechnen, indem Sie Spannung und Strom miteinander multiplizieren. Bei

einem 300-Watt-Modul könnte im Datenblatt zum Beispiel  $32,75 V_{mp}$  angegeben sein, außerdem ein maximaler Strom von 9,2 A. Kurze Gegenprobe:  $32,75 \times 9,2$  ergibt rund 300 Watt.

Kombiniert man mehrere Module in einer Reihenschaltung, addieren sich die Spannungen. Aus zwei der Beispielsmodule mit  $32,75 V_{mp}$  kommen in einer Reihenschaltung schon 65,5 Volt (zu viel für manche Wechselrichter). Alternativ kann man Module auch parallel schalten. Dafür gibt es Mehrfachkupplungen für die MC4-Stecker sowie Verlängerungen zu angemessenen Preisen im Netz. In der Parallelschaltung addieren sich die Spannungen nicht, es kommt aber ein höherer Strom beim Wechselrichter an (und damit eine höhere Leistung). Aus zwei der Beispielsmodule kommen dann in der Spitze zusammen 18,4 Ampere bei weiterhin 32,75 Volt – das ergibt eine Leistung von 600 Watt.

Durch parallel geschaltete Überbelegung wird die  $I_{sc}$  des Wechselrichters überschritten, sodass Sie die unter Umständen aktivierte Funktion auf jeden Fall deaktivieren müssen. Prüfen Sie dazu die Anleitung und fragen Sie gegebenenfalls den Hersteller.

### Anschlussdiskussion

Wie man Mikrowechselrichter an das Stromnetz anschließt, da scheiden sich die Geister [2]: Nach der Norm VDE-AR-N 4105 müssen Sie eine Steckdose des Typs RST20i3 vom Hersteller Wieland mit einer separaten Zuleitung installieren lassen; nur in die darf der Laie den Stecker des Balkonkraftwerks stecken. Befürworter dieser Norm argumentieren, dass der Wieland-Stecker verdreh- sowie berührungssicher ist und auch sein muss. Unter den Webshops, die Mikrowechselrichter führen, gibt es zwei Typen: Die einen bieten passend zu den Wechselrichtern Anschlusskabel mit Schuko-Stecker an, andere vertreiben die Kabel nur mit Wieland-Stecker oder ganz ohne konfektionierten Stecker.

Technisch gesehen funktionieren Balkonkraftwerke auch mit einem Schukostecker anstandslos – und viele Nachbarländer erlauben den Betrieb damit. Auch die Verdrehbarkeit des Steckers ist kein Problem: Der Wechselrichter erkennt, wo Phase und

richter die kurze Abschaltzeit des Fehlerstromschutzschalters (FI, 20 bis 30 Millisekunden) untergraben. Komme es in dem Kreis durch ein anderes Gerät zu einem Fehler, würde der Wechselrichter noch gefährlich lange Spannung abgeben. Schuko-Befürworter halten dagegen, dass induktive Lasten wie Waschmaschinen und Staubsauger das gleiche Problem haben.

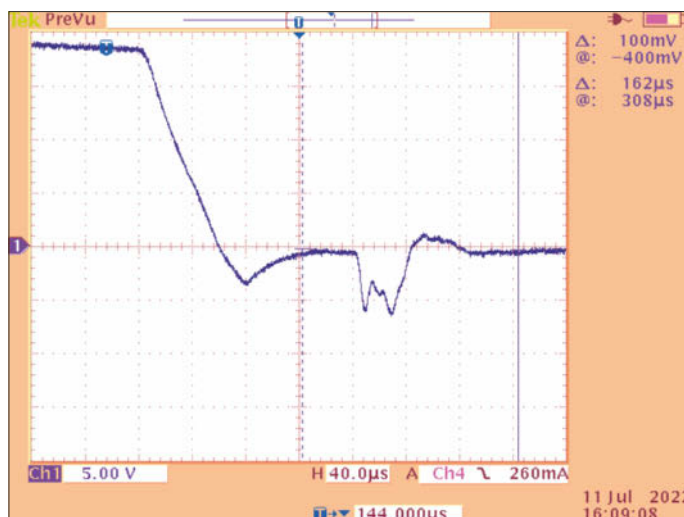
### Abschaltmythos

Um zu beurteilen, wie wirkungsvoll der NA-Schutz wirklich ist, haben wir die Abschaltzeit von vier Modellen im Labor getestet. Kern des Versuchs ist eine regelbare Wechselspannungsquelle, die auf Kommando bei einer eingestellten Phasenlage abschalten kann. Über einen Trigger-Ausgang signalisiert sie einem angeschlossenen Oszilloskop den genauen Abschaltzeitpunkt. Auf diese Weise konnten wir exakt bestimmen, wie lange nach einem simulierten Netzausfall noch Spannung am Wechselrichter anlag.

Die Ergebnisse aller getesteten Wechselrichter mit verschiedenen Abschaltphasenlagen sprechen eine eindeutige Sprache: Der NA-Schutz funktioniert – und zwar so schnell, dass es unmöglich ist, den Stecker herauszuziehen und einen Stromschlag zu erleiden. Im ungünstigsten Fall (bei  $135^\circ$  Phasenlage) dauerte es beim Wechselrichter von Envertech weniger als 0,4 Millisekunden, bis keine Spannung mehr am Schukostecker anlag. Diese Messergebnisse können auch all jene beruhigen, die Angst davor haben, dass ein Balkonkraftwerk die Wirkung eines FI-Schutzschalters (heute auch RCD genannt) gefährlich verzögern könnte. Zwar können unsaubere Wechselspannungen und induktive Lasten wie Staubsauger oder

Nullleiter auf den Anschlussleitungen liegen und speist dann korrekt ein. Der in der VDE- und Euro-Norm vorgeschriebene Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) sorgt dafür, dass der Wechselrichter automatisch abschaltet, sobald der Strom ausfällt oder man den Stecker zieht.

Kritiker des Schuko-Anschlusses argumentieren, dass der NA-Schutz erst nach 300 Millisekunden auslösen müsse. Somit könne man theoretisch den Schukostecker blitzschnell herausziehen und an den blanken Kontakten einen Stromschlag erleiden. Außerdem würde der Wechsel-



**Die Behauptung, man könne an den offenliegenden Kontakten des Schutzkontaktsteckers an einem Wechselrichter einen elektrischen Schlag erleiden, konnten wir in unseren Messungen widerlegen. Die Testkandidaten schalteten nach Netztrennung in unter einer Millisekunde ab.**



Waschmaschinen dem Wechselrichter noch einige Millisekunden länger vorgaukeln, dass noch eine Wechselspannung da sei. Jedoch wären diese Geräte auch ohne Balkonkraftwerk ein Problem.

Im Rahmen des Versuchsaufbaus konnten wir auch eine andere Frage beantworten – ob man den Wechselrichter abends aus der Steckdose ziehen sollte, um Energie zu sparen. Der Standby-Verbrauch lag weit unter 1 Watt, nachts den Stecker zu ziehen lohnt sich also nicht.

### Kurzschluss thematik

Wer besonders großen Wert auf Sicherheit legt, sollte auch vor dem Anschließen per Schukostecker einen Elektriker konsultieren und die Anlage durchmessen lassen. Das Balkonkraftwerk ist ein Stromerzeuger in auf Verbraucher ausgelegten Stromkreisen. Im Normalzustand ist das kein Problem. In einem Fall kann es jedoch problematisch werden: Das Balkonkraftwerk ist ein 600-Watt-Generator auf einem typischerweise mit 16 Ampere abgesicherten

Stromkreis. Gibt es auf dem Kreis noch eine Steckdose, aus der Leistung entnommen wird und kommt es in einem anderen Gerät zu einer Überbelastung, müssen 4280 statt 3680 Watt fließen, damit der Sicherungsautomat in seinen Auslösebereich gelangt, er würde also später reagieren – die 600 Watt vom Balkonkraftwerk kommen nicht an der Sicherung vorbei.

Doch das Problem kann man lösen, ohne eine separate Leitung für das Balkonkraftwerk ziehen zu müssen: Leitungsschutzschalter erhält man nicht nur mit 16 Ampere Bemessungsstrom, es gibt sie

auch kleiner mit 5, 6, 10 und 13 Ampere. In modernen Installationen kann ein Elektriker den 16-Ampere-Leitungsschutzschalter unkompliziert durch einen mit 13 Ampere austauschen.

### Auswertung

Wer eine Photovoltaikanlage betreibt, will auch wissen, was sie gerade treibt. So kann man die Modulausrichtung optimieren, selbstproduzierte Kilowattstunden zählen und errechnen, wann sich die Investition in die Anlage amortisiert hat. Aus unserem Testfeld konnten wir lediglich bei den bau-

## Laborversuch zur Wirksamkeit des AV-Schutzes

Wechselrichter	Abschaltzeiten (Phasenlage)				Stand-By-Verbrauch [W]
	0°	45°	90°	135°	
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
revolt ZX-3134	0,16	0,2	0,2	0,31	0,08
Envertech EVT560	0	0,14	0,2	0,38	0,1
Hoymiles HM-700	0,08	0,16	0,24	0,24	0,27
AEConversion INV500-90	0,06	0,2	0,37	0,34	0,26

# WISSEN SCHÜTZT

 heise Security  
TOUR

## Angriffe auf die IT erfolgreich abwehren

**27.09.2022 ONLINE**

Angesichts eines realen Kriegs gewinnt IT-Sicherheit eine neue Bedeutung. Es geht nicht mehr „nur“ darum, gut organisierte Kriminelle abzuwehren; auch Cyber-Angriffe durch staatliche Akteure werden zur realen Gefahr.

Die eintägige, digitale Konferenz der **heise Security Tour** hilft Ihnen dabei, den Überblick zu bewahren, Maßnahmen zu priorisieren und diese in der Praxis richtig umzusetzen.

**Frühbucherticket: 449,-**

Standardticket: 499,-

**Jetzt Frühbucher-Rabatt sichern:**  
[heise-security-tour.de](https://heise-security-tour.de)





**Die Solarman-App in den Wechselrichtern von Bosswerk und Revolt verrät, was die Anlage gerade produziert und kann auch Diagramme für Jahre, Monate und Tage errechnen. Datenschutz und Sicherheit sind leider wie bei günstigen Smart-Home-Produkten katastrophal.**

gleichen Geräte von Bosswerk/Revolt mit eingebautem WLAN-Modul die nötigen Daten wie Spannung, eingespeiste Leistung und Tages- oder Gesamtertrag abrufen. Dazu zieht man die rote Gummikappe vom Antennenanschluss ab und schraubt die beigelegte Stummelantenne auf. Über die Android- und iOS-App namens Solarman Smart (kostenlos in den App-Stores) verbindet man

sich beim Einrichten mit einem lokal aufgespannten WLAN-Netz und verbindet das Gerät mit dem heimischen WLAN.

Für diesen Komfort zahlt man aber einen hohen Preis, denn die Cloud-Anbindung entspricht dem, was bei günstigen Smart-Home-Geräten leider schon Standard ist. Daran ändert auch die Tatsache nichts, dass mit Bosswerk und Pearl deutsche Händler ihren Namen aufdrucken. Der Wechselrichter ist äußerst gesprächig und spricht mit einem Server in der Alibaba-Cloud. Neben den Messwerten erfährt der Hersteller schlimmstenfalls lokale IPs und die WLAN-Zugangsdaten. Die größte Panne: Uns gelang es nicht, den Schlüssel für den eingebauten Access-Point zu ändern. Der sprang immer wieder auf den leicht zu erratenden Wert 12345678. Ein solches Security- und Datenschutzdesaster gehört nicht ins Heim- sondern in ein separates Gastnetzwerk. Oder man lässt die WLAN-Antenne ganz weg – was schade wäre, weil die Oberfläche der App gut funktioniert und nützlich ist.

Die anderen Wechselrichter im Test zeigten sich erstaunlich wenig gesprächig, beziehungsweise wenig standardkonform. Die in Deutschland entwickelten und in Asien gebauten Geräte von AEConversion zum Beispiel senden Informationen auf 2,4 GHz – allerdings nicht über WLAN- oder Zigbee, sondern in einem herstellereigenen Protokoll, ursprünglich mal für große Anlagen mit mehreren Wechselrichtern gedacht. Weil der Markt für Balkonkraftwerke rasant gewachsen ist, hat der Hersteller vor wenigen Wochen ein kleines Gerät namens AEco.1 vorgestellt, das auf WLAN

übersetzt. In den Webshops der PV-Händler fehlt es aktuell aber noch. Ein ähnliches Gerät hat Envertech für seine Wechselrichter im Programm. Die kommunizieren ähnlich wie Powerline-Steckdosen über das Stromkabel, zum Auslesen braucht man die „EnverBridge“ für rund 120 Euro.

Günstiger gelingt die Auswertung mit einer handelsüblichen Energiemesssteckdose – ab Seite 98 testen wir zehn verschiedene. Sie bemerken zwar alle nicht, dass die Energie eingespeist und nicht entnommen wird, können aber den richtigen Betrag messen. Open-Source-Fans werden sich zudem über die Delock 11827 freuen: Die WLAN-Messsteckdose nutzt einen ESP8266 und kommt mit vorinstalliertem Tasmota, also ohne Cloud. Wer per Wieland-Steckdose einspeisen möchte, kann solche Steckdosen allerdings nicht verwenden – Modelle mit Wieland-Anschlüssen gibt es noch nicht.

## Marktübersicht

Welchen Wechselrichter soll man jetzt kaufen? Ende Juli 2022, zum Erscheinungstermin dieses Artikels, stellt sich die Frage für viele Kunden nur sehr begrenzt – die riesige Nachfrage fegt regelmäßig wie ein Orkan durch die Webshops. In der Tabelle unten haben wir zusammengetragen, was etablierte Hersteller gerade im Programm haben und die Verfügbarkeit bei Redaktionsschluss notiert.

Um Ihnen die Kaufentscheidung zu erleichtern, haben wir auch die elektrischen Parameter und Monitoringfunktionen angegeben. Wer Wert auf eine Auswertungsmöglichkeit per Netzwerk legt,

## VDE-AR-N-4105-Mikrowechselrichter für Balkonkraftwerke

Hersteller	Modell	AC-Dauerleistung	DC-Eingänge	MPPT-Spannungsbereich	Imax <sup>1</sup> pro Eingang	DC-Umin <sup>2</sup>	DC-Umax <sup>3</sup>	AC-Anschlussstyp	Gewicht	Monitoring	Verfügbarkeit <sup>4</sup>	Preis
Hoymiles	HM-300	300 Watt	1	29 - 48 Volt	11,5 Ampere	16 Volt	60 Volt	Betteri BC01	2 kg	proprietär per Bridge (2,4 GHz)	Mittel	200 - 250 €
revolt (Pearl)	ZX-3134	300 Watt	1	25 - 55 Volt	13 Ampere	20 Volt	60 Volt	Betteri BC01	1,5 kg	WLAN, App	Schlecht	220 €
Envertech	EVT300	300 Watt	1	24 - 45 Volt	12 Ampere	18 Volt	54 Volt	Betteri BC01	1,8 kg	proprietär per Bridge (Powerline)	Mittel	200 - 250 €
TSUN	TSOL-M350	350 Watt	1	32 - 48 Volt	10,5 Ampere	16 Volt	60 Volt	Betteri BC01	2 kg	proprietär per Bridge (2,4 GHz)	Mittel	140 - 250 €
AEConversion	INV350-60EU	350 Watt	1	20 - 50 Volt	11 Ampere	18 Volt	60 Volt	Betteri BC01	2,5 kg	Powerline, RS-485	Schlecht	200 - 300 €
Hoymiles	HM-350	350 Watt	1	33 - 48 Volt	11,5 Ampere	16 Volt	60 Volt	Betteri BC01	2 kg	proprietär per Bridge (2,4 GHz)	Gut	180 - 300 €
AEConversion	INV500-90EU	500 Watt	1	40 - 80 Volt	11 Ampere	40 Volt	90 Volt	Betteri BC01	2,5 kg	Powerline, RS-485	Mittel	250 - 300 €
Envertech	EVT560	560 Watt	2	24 - 45 Volt	12 Ampere	18 Volt	54 Volt	Betteri BC01	2,8 kg	proprietär per Bridge (Powerline)	Schlecht	250 - 350 €
APSystems	DS3-S EU	600 Watt	2	25 - 55 Volt	18 Ampere	16 Volt	60 Volt	APSystems Y3	2,6 kg	proprietär per Bridge (ZigBee)	Schlecht	230 - 330 €
Hoymiles	HM-600	600 Watt	2	33 - 48 Volt	11,5 Ampere	16 Volt	60 Volt	Betteri BC01	3 kg	proprietär per Bridge (2,4 GHz)	Mittel	250 - 400 €
revolt (Pearl)	ZX-3135	600 Watt	2	25 - 55 Volt	13 Ampere	20 Volt	60 Volt	Betteri BC01	2,5 kg	WLAN, App	Schlecht	270 €
Deye	SUN600G3-EU-230	600 Watt	2	25 - 55 Volt	13 Ampere	20 Volt	60 Volt	Betteri BC01	3,5 kg	WLAN, App	Gut	250 - 300 €
Hoymiles	HM-700	700 Watt <sup>5</sup>	2	33 - 48 Volt	11,5 Ampere	16 Volt	60 Volt	Betteri BC01	3,0 kg	proprietär per Bridge (2,4 GHz)	Gut	280 - 350 €

<sup>1</sup> Maximaler Strom pro Eingang;  $I_{max} \times U_{mp}$  des Solarmoduls = maximale Eingangsleistung <sup>4</sup> Mitte Juli 2022; Gut = in mehreren Shops verfügbar, Mittel = in ein bis zwei Shops verfügbar, Schlecht = wenig bis gar nicht verfügbar; Zeiträume bei schlechter Verfügbarkeit meist August bis Januar 2023

<sup>2</sup> Einschaltspannung <sup>3</sup> Obere Spannungsgrenze <sup>5</sup> Dieser Wechselrichter entspricht nicht den vereinfachten Anschlussbedingungen



**Pearls revolt-Wechselrichterserie** erhält man für ein Solarmodul (300 Watt) sowie für zwei (600 Watt) oder vier (1300 Watt) Module. Besonders praktisch das eingebaute WLAN-Modul für die Ertragsüberwachung per App – die Funktion hat jedoch schwere Sicherheitsmängel.



kadiert zu werden. Besonders bei der Datenauswertung erfüllen sie nicht die typischen Wünsche privater Balkonkraftwerksbetreiber.

Bleiben die Strompreise weiter auf hohem Niveau, ist zu erwarten, dass sich der Markt weiterentwickelt und auch neue Anbieter auftauchen – mit besserer Integration ins vernetzte Zuhause. Auch bei extrem hoher Nachfrage und leeren Webshops haben Sie gute Chancen, Module und passende Wechselrichter aufzutreiben und das Selberzusammenstecken ist keine Magie. (amo@ct.de) **ct**

hat erstaunlich wenig Auswahl. Ein eingebautes WLAN-Modul fanden wir lediglich bei den baugleichen Geräten von Bosswerk und Pearl.

Sollten Sie in Deutschland, Österreich und der Schweiz nicht mehr fündig werden, lohnt es sich durchaus, über den Tellerrand zu schauen, denn zumindest Deutsche und Österreicher können in der restlichen EU problemlos einkaufen.

### Fazit

Balkonkraftwerke haben im Jahr 2022 gerade den Sprung aus der Nische in den Massenmarkt geschafft – und das sieht man auch am Wechselrichterangebot. So gibt es bereits ein vergleichsweise großes Angebot, aber viele Geräte wurden nicht explizit für Balkonkraftwerke entworfen. Diese Mikrowechselrichter waren mal dafür gedacht, zu größeren Anlagen kas-

### Literatur

- [1] Jan Mahn u. Andrijan Möcker, Heimkleinkraftwerk, Mit Balkonsolaranlagen die Stromrechnung senken, c't 15/2022, S. 20
- [2] Jan Mahn u. Andrijan Möcker, Steckerdiskussion, VDE: Einspeisesteckdose für Balkonkraftwerke bleibt vorerst Pflicht, c't 13/2022, S. 40

**Wechselrichter-Datenblätter**  
& weitere Infos: [ct.de/yta2](https://ct.de/yta2)

DIE WEBINAR-SERIE VON HEISE

# Product Owner im Unternehmen

Lernen Sie, wie Sie als **Product Owner effektiv arbeiten** können, **Ihre Rolle im Unternehmen** verstehen, und wie Sie die wichtigsten **Konzepte und Techniken meistern**.

### DIE TERMINE:

07. September 2022

**Die Rolle des Product Owners verstehen**

14. September 2022

**Als Product Owner in den Scrum-Events**

21. September 2022

**User Stories, Akzeptanzkriterien und Schneiden von Anforderungen**

28. September 2022


**Erfolgreiche Zusammenarbeit mit Stakeholdern**

05. Oktober 2022

**Die Bedürfnisse der Nutzer verstehen und berücksichtigen**

**Exklusiver Kombi-Preis: 595,-**

Einzelpreis pro Webinar: 169,-

 heise Academy



**Jetzt Kombi-Rabatt sichern und 250,- sparen:**  
[webinare.heise.de/product-owner/](https://webinare.heise.de/product-owner/)



# Bruderwettkampf

## Sony-Smartphones Xperia 1 IV und 10 IV

**Die erste Smartphone-Kamera mit echtem Zoom steckt im 1400 Euro teuren Sony Xperia 1 IV. Der kleine Bruder Xperia 10 IV kostet nur ein Drittel davon und bricht als Langläufer Rekorde. Was verpasst, wer zum günstigeren Modell greift? Gar nicht mal so viel, wie unser Test zeigt.**

Von Robin Brand

Zwei Geräte genügen, um fast die gesamte Modellpalette der aktuellen Sony-Smartphones zu überblicken: Den Einstieg bildet das Sony Xperia 10 IV, am anderen Ende steht das 1 IV. Doch was trennt die Geräte abgesehen von fast 1000 Euro Preisdifferenz wirklich? Wir haben beide Geräte zum ungleichen Stelldichein gebeten.

Optisch unterscheiden sich die Geräte nicht sehr, abgesehen davon, dass das 10 IV etwas kleiner ist. Beide Smartphones

sind mit OLED-Bildschirmen im 21:9-Format ausgestattet, jener des 1 IV misst 6,5 Zoll in der Diagonalen, der des 10 IV 6 Zoll. Beide Displays sind – ungewöhnlich für aktuelle Smartphones – frei von Aussparungen für eine Frontkamera. Diese sitzt im schmalen Rand, der das Display einfasst.

Durch die langgezogenen Displays bauen beide Smartphones schmal und lassen sich gut mit einer Hand bedienen, das kleinere 10 IV etwas besser. Beide Gehäuse sind wertig verarbeitet, im direkten Vergleich gilt das noch mehr für das 1 IV im Glas- und Metallkleid. Das robuste Kunststoffgehäuse des 10 IV ist bei Stürzen aber besser gegen Materialsprünge gefeit. Gemäß IP65/68 sind beide Gehäuse wasser- und staubdicht – keine Selbstverständlichkeit in der 500-Euro-Klasse des 10 IV.

### Zoom, zoom

Größere Unterschiede stellten wir beim Blick auf die Kameras fest. Zwar stattet Sony beide Smartphones mit einer Triple-Kamera aus Weit- und Ultraweitwinkel sowie Telekamera aus, doch das 1 IV arbeitet mit höherwertigen Optiken und größeren Sensoren (genaue Angaben entneh-

men Sie der Tabelle) – und wartet mit einem echten Novum auf: Die Telekamera besitzt einen stufenlosen optischen Zoom, der den kleinbildäquivalenten Brennweitenbereich zwischen 85 und 125 Millimetern ( $f/2,3 - 2,8$ ) abdeckt. Ein „echtes“ Zoomobjektiv gab es zuvor mal im Samsung Galaxy S4 Zoom, das war aber mehr Kamera als Smartphone.

Im quer eingebauten Objektiv verändern beweglich eingebaute Linsen ihre Position und dadurch die Brennweite und machen einen Digitalzoom in diesem Bereich überflüssig. In Kombination mit dem für ein Smartphone-Tele lichtstarken Objektiv ergeben sich unter guten Lichtverhältnissen ansehnlich scharfe Resultate mit etwas flauen Farben. Das Tele des Geschwistermodells, das streng genommen eher eine Normalbrennweite ist (54 mm KB), hält nicht mit: Unter nicht optimalen Bedingungen wechselt die Software auf die Hauptkamera im Digitalzoom. Das hat etwas matschige Fotos zur Folge.

Die besten Fotos schießt man mit beiden Smartphones, wenn man die weitwinklige Hauptkamera verwendet. Wer hauptsächlich im Tageslicht fotografiert, wird nur geringe Unterschiede feststellen. Doch bei wenig Licht sind die Kameras des 1 IV deutlich im Vorteil. Mit beiden Ultraweitwinkelkameras sind gleichermaßen spektakuläre Aufnahmen möglich. Der des 1 IV gehört zu den besten, weil schärfsten Ultraweitwinkeln, die wir bisher im Labor hatten. In die matschigen Aufnahmen des 10 IV sollte man dagegen besser nicht hineinzoomen.



## Pixel satt

Gut und sehr gut: So lautet die Kurzbewertung der Displays der beiden Smartphones. Dem scharfen, kontraststarken und hell strahlenden OLED des Xperia 10 IV hätten wir vor ein, zwei Jahren noch Oberklasseniveau attestieren können. Zu diesem fehlt es heutzutage vor allem an einer höheren Bildrate: Das Display zeigt nicht mehr als 60 Bilder pro Sekunde an. Das 1 IV dagegen trumps mit einer maximalen Bildrate von 120 Hertz auf, vor allem im direkten Vergleich fällt die flüssigere Scroll-Animation auf. Schriften werden auch während des Scrollens scharf dargestellt, Spiele, die höhere Bildraten unterstützen, sehen geschmeidiger aus. Im Unterschied zu einigen anderen Oberklasse-Smartphones passt das Sony-Smartphone die Bildfrequenz nicht dynamisch an den Inhalt an, sondern zeigt entweder 60 oder 120 Hertz an.

Ein vermeintlicher weiterer Vorteil des 1 IV erweist sich in der Praxis dagegen auch als Hemmschuh: das fein auflösende Display. Ganze 3840 × 1644 Bildpunkte zeigt das 1 IV an. Mit der sich daraus ergebenden Punktdichte von 644 dpi übertrumpft es jedes andere Smartphone. Allein: Es braucht keine 6 Millionen Bildpunkte, um auf einem kleinen Smartphone-Display Inhalte gestochen scharf darzustellen, ein paar weniger hätten es auch getan. Immer wieder überhitzte das Smartphone, wenn wir es mit anspruchsvollen 120-Hertz-Inhalten forderten, und begrenzte die Bildrate auf 60 Hertz.

## Snapdragon geht in die Knie

Das hat mit dem Snapdragon 8 Gen 1 zu tun, der auch in anderen Smartphones für Überhitzen und starkes Drosseln bekannt ist. Das schmale Gehäuse des 1 IV scheint mit der Abwärme schlecht zurechtzukommen: In Grafikbenchmarks drosselt das Smartphone unter Last reproduzierbar auf fast die Hälfte seiner Maximalleistung. Forderten wir das Smartphone nicht gerade mit unserem 4K/120fps-Testvideo, fiel das in der alltäglichen Benutzung aber nicht negativ auf. Viele Aufgaben erledigt der 8 Gen 1 auf den Energiesparkernen.

Der kleine Bruder mit Snapdragon 695 erreicht im Ein- und im Mehrkernbetrieb etwas mehr als die Hälfte der Rechenleistung des 1 IV – aber in Grafikbenchmarks nur ein Siebtel der Werte des 8 Gen 1. Aufwendige Spiele kann man mit dem 10 IV schon jetzt nicht in voller Detailtiefe spielen. Wer gerne auf dem Smartphone spielt, sollte also die Finger davon lassen.



### Sony Xperia 1 IV

Sony schafft es mit dem Xperia 1 IV tatsächlich, im Smartphone-High-End mit der Kamera aufzufallen. Wie die meisten anderen Smartphones der höchsten Preisklasse schießt auch das 1 IV Fotos mit drei Kameras, doch mit dem echten optischen Zoom sticht das Sony-Smartphone aus der Masse heraus – und tritt den Beweis an, dass optische Zooms in einem flachen Smartphone-Gehäuse möglich sind. Der Autofokus gehört zu den besten in einem Smartphone, erkennt Gesichter und sogar Augen punktgenau und heftet sich wahlweise auch an Objekte. Auch in Videos funktioniert der Augen-Autofokus oder bei Serienbildaufnahmen bis zu 20 Bildern pro Sekunde – egal, welches der drei Objekte man verwendet. Die Kamera-App ist an die Bedienung der Alpha-Kameras angelehnt, vor allem der manuelle Modus ist ausgereifter als jene der Konkurrenz.

Ohne Schwächen ist das 1 IV aber beileibe nicht: Das brillante Display überfordert mitunter die potente Hardware, die Akkulaufzeit liegt weit unter Klassendurchschnitt, das SoC drosselt stark und das Updateversprechen bleibt hinter jenem der Konkurrenz zurück. Der umfangreichen Ausstattung des 1 IV zum Trotz bieten ähnlich teure Smartphones von Apple, OnePlus oder Samsung das stimmigere Gesamtpaket.

- 👉 tolle Kamera
- 👎 kurze Laufzeit
- 👎 zu kurzes Updateversprechen

Preis: 1399 Euro

### Laufzeitrekord ...

Obwohl das 10 IV das kleinere Gerät ist, hat Sony es geschafft, einen gleich großen Akku darin unterzubringen. 5000 mAh fassen die Akkus in beiden Smartphones. Und dennoch ermittelten wir in unseren Laufzeittests enorme Unterschiede. Das



### Sony Xperia 10 IV

In einer Hinsicht hängt das kleine Xperia 10 IV sogar die versammelte Oberklasse ab: So lange wie das Mittelklasse-Smartphone läuft kaum ein anderes Smartphone und so ein zierliches schon gar nicht. Fast 30 Stunden im Video-Dauerlauf sind Rekord, bei moderater Nutzung kann man so auch drei Tage ohne Nachladen schaffen. Da fällt es kaum ins Gewicht, dass das Laden selbst lange dauert und nur per Kabel möglich ist.

Gegenüber anderen Mittelklasse-Smartphones setzt sich das 10 IV vor allem dank umfangreicher Ausstattung ab: Klinkenbuchse, erweiterbarer Speicher, IP68 und eSIM sind in dieser Kombination kaum in einem Gerät zu finden. Gegenüber dem Vorgänger spart Sony aber an der USB-Buchse: Statt USB Type-C 3.1 mit DisplayPort gibt es schnödes USB 2.0. Dank schmalen Gehäuse lässt sich das Xperia 10 IV gut einhändig bedienen. Leider will Sony neben drei Jahren Patches (alle 60 Tage) nur ein Funktionsupgrade liefern. Besser macht es Google beim ähnlich teuren Pixel 6a (Test siehe S. 88 in diesem Heft), das fünf Jahre Updates erhält und mit besserer Hauptkamera und schnellerer Hardware ausgestattet ist. Allerdings fehlen diesem im Unterschied zum Sony-Smartphone ein Tele, eine Klinkenbuchse und erweiterbarer Speicher.

- 👉 sehr lange Akkulaufzeit
- 👉 top ausgestattet
- 👎 zu kurzes Updateversprechen

Preis: 499 Euro

10 IV läuft in fast allen Disziplinen in der Spitzengruppe mit, beim Abspielen eines lokal gespeicherten 720p-Videos setzt es gar die Bestmarke. Erst nach satten 28,7 Stunden gingen die Lichter aus – das 1 IV war mehr als doppelt so schnell am Ende. Einzig unter Last beim Anzeigen eines

Laufzeiten & Benchmarks

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	3DMark Wild Life [Punkte]	YouTube-Stream (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Video 4K/120fps (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Video 720p (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
Sony Xperia 1 IV	1242	3310	9230	11,8	7,9	13	11,8	31 / 99
Sony Xperia 10 IV	670	1894	1218	22,5	7,9	28,7	20,2	61 / 152

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

4K-Videos ging dem 10 IV recht schnell die Puste aus.

Beide Smartphones liegen ohne jegliches Zubehör in der Verpackung, sowohl auf Netzteil als auch USB-C-Kabel lässt Sony die Kundschaft aus Umweltschutzgründen verzichten. Mit einem 30-Watt-Netzteil ist das 1 IV deutlich schneller befüllt, auf einem Qi-Ladepuck lädt es mit maximal 15 Watt, das 10 IV gar nicht.

... und volle Ausstattung

Mit zahlreichen Annehmlichkeiten, die die meisten anderen Hersteller einsparen, wartet die restliche Ausstattungsliste der Smartphones auf. Sowohl Benachrichtigungs-LED als auch erweiterbarer Speicher und Kopfhörerbuchse sind heutzutage eher die Ausnahme in einem Oberklasse-Smartphone. Mit der Kombination aller drei Features stehen die Sony-Geräte allein auf weiter Flur. Die Klinkenbuchsen beider Smartphones überzeugen mit einem Dynamikumfang von 112,7 dB (10 IV) respektive 107,2 dB (1 IV) und einem sehr guten Signal-Rausch-Abstand (10 IV: 112,6 dB, 1 IV: 104,8 dB). Für die Buchsen beider Smartphones ermittelten wir einen Frequenzbereich, der bis 40 kHz reicht. Abgerundet wird das Gesamtpaket von eSIM und wasserdichtem Gehäuse gemäß IP65/68.

Softwareseitig scheint Sony den guten Eindruck zunächst zu bestätigen: Im Einrichtungsprozess fragt der Hersteller, ob man zusätzliche Software wie Amazon, Booking, die PlayStation- oder zahlreiche Google-Apps installieren möchte, und verzichtet ansonsten weitgehend auf Bloatware. Ausgerechnet die datenhungrigen Facebook und LinkedIn sind dann aber doch vorinstalliert und lassen sich auch nicht deinstallieren, sondern nur deaktivieren. Schwerer wiegt nach unserem Geschmack aber das viel zu kurze Update-Versprechen, das Sony für die Smartphones gibt. Gerade einmal drei Jahre Sicherheitspatches sichert der Konzern für das 1 IV zu, Funktionsupdates soll es zwei Jahre lang geben. Das 10 IV wird nach Sony-Plänen nur ein Funk-

tionsupgrade bekommen, beides viel zu wenig angesichts von Preisen von 500 und 1400 Euro. Spätestens wenn die EU Hersteller verpflichtet, Smartphones mindestens fünf Jahre lang mit Sicherheitsupdates zu versorgen, wird sich Sony ordentlich strecken müssen.

Fazit

Obwohl das Xperia 10 IV nur etwas mehr als ein Drittel des Sony-Topmodells kostet, teilen sich die Geräte eine Menge Vorzüge (IP68, eSIM, erweiterbarer Speicher, Klin-

kenbuchse) und einen Mangel: die zu kurzen Updates.

Darüber hinaus haben beide Geräte eigene Stärken. Das günstigere 10 IV läuft extrem lange und knackt auf dem c't-Prüfstand sogar einen Laufzeitrekord – da kann das 1 IV bei Weitem nicht mithalten. Auf der anderen Seite übertrumpft letzteres sein kleines Geschwisterlein mit toller Kamera inklusive klassenbestem Autofokus, schnellem (aber stark drosselndem) SoC und einem brillanten Display.

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

Sony-Smartphones

Modell	Sony Xperia 1 IV	Sony Xperia 10 IV
Betriebssystem / Patchlevel	Android 12 / Juni 2022	Android 12 / April 2022
Funktions-Updates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 14 / Juni 2025	Android 13 / Juni 2025
Ausstattung		
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Qualcomm Snapdragon 8 Gen 1 / 1 × 3 GHz, 3 × 2,5 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 730	Qualcomm Snapdragon 695 / 2 × 2,2 GHz, 6 × 1,7 GHz / Adreno 619
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	12 GByte / 256 GByte (230 GByte) / ✓ (MicroSDXC bis 1 TByte)	6 GByte / 128 GByte (108 GByte) / ✓ (MicroSDXC bis 1 TByte)
5G / LTE / SIMs / SAR-Wert	✓ / ✓ / nanoSIM + eSIM / 0,88 W/kg	✓ / ✓ / nanoSIM + eSIM / 0,99 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 6E (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo,	Wi-Fi 5 (2) / 5.1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo,
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdrucksensor / Benachrichtigungs-LED	USB-C 3.2, OTG, DP / ✓ / im Einschalter / ✓	USB-C 2.0, OTG, kein DP / ✓ / im Einschalter / ✓
Akku / drahtlos ladbar	5000 mAh / ✓ (15 W Qi)	5000 mAh / –
Abmessungen (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	16,5 cm × 7,1 cm × 0,8 - 0,9 cm / 185 g / ✓ (IP65/68)	15,3 cm × 6,7 cm × 0,8 - 0,9 cm / 161 g / ✓ (IP65/68)
Kameras		
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite (Bildwinkel) / Sensorgröße	12 MP (4000 × 3000) / f/1,7 / ✓ / 24 mm (82°) / 1/1,7"	12 MP (4000 × 3000) / f/1,8 / ✓ / 27 mm (79°) / 1/2,8"
Telekamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite (Bildwinkel) / Sensorgröße	12 MP (4000 × 3000) / f/2,3 - 2,8 / ✓ / 85 mm (28°) - 125 mm (20°) / 1/3,5"	8 MP (3264 × 2448) / f/2,2 / – / 54 mm (43°) / 1/4,4"
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS / Brennweite (Bildwinkel) / Sensorgröße	12 MP (4000 × 3000) / f/2,2 / – / 16 mm (124°) / 1/2,5"	8 MP (3264 × 2448) / f/2,2 / – / 16 mm (ca. 120°) / 1/4"
Frontkamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite (Bildwinkel) / Sensorgröße	12 MP (4000 × 3000) / f/2 / – / ca. 24 mm (83°) / 1/2,9"	8 MP (3264 × 2448) / f/2 / – / ca. 27 mm (78°) / 1/4"
Display-Messungen		
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,5 Zoll / OLED / 3840 × 1644 Pixel / 644 dpi	6 Zoll / OLED / 2520 × 1080 Pixel / 459 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	1,66 ... 798 cd/m <sup>2</sup> / 96,5% / 120 Hz	2,02 ... 649 cd/m <sup>2</sup> / 94,1% / 60 Hz
Bewertungen		
Performance / Akku	⊕ / ⊖	⊖ / ⊕⊕
Display / Kamera	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊖
Software <sup>1</sup> / Ausstattung	○ / ⊕⊕	○ / ⊕
Preis	1399 €	499 €

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



# ITJOB KOMPAKT



25. bis 28. August 2022  
Halle 10.2 – Job- & Karrierebereich

## LEVEL UP YOUR CAREER

Deine Fachkonferenz- und Recruiting-Messe auf der



Mehr Infos zu Highlights  
und Programm findest du hier:  
[it-job-kompakt.de](https://it-job-kompakt.de)



Aussteller:

AIRBUS AIXTRON



BROCKHAUS AG



Creditreform

DEPHION



fulfillmenttools  
by REWE digital

octopusenergy



REWE digital

RHEINMETALL

SCHÜTTFLIX®

SIEMENS





# Nackte Hardware

## Gigabyte U4: Notebook ohne Betriebssystem

**Sie suchen ein günstiges Notebook für Büro und Home-office oder einfach, weil der Wohnraum zu wertvoll für einen Desktop-PC ist? Das U4 UD von Gigabyte lockt mit guter Hardware zum kleinen Preis von 700 Euro. Der Hersteller liefert es ohne Betriebssystem aus und lässt Käufern die freie Wahl. Wir haben Windows 11 sowie zwei Linux-Distributionen installiert und die Pferdefüße gefunden.**

Von Carsten Spille

**A**uf der Suche nach einem brauchbaren Arbeitsnotebook lief uns das unscheinbare U4 UD von Gigabyte für

schlanke 700 Euro über den Weg. Das unter 1 Kilogramm leichte Notebook verspricht mit dem Core i7-1195G7 (vier Kerne plus SMT) reichlich Leistung für gängige Büroanwendungen, großzügige 16 GByte DDR4-3200-Arbeitsspeicher halten viele Daten vor. Dazu kommen eine flotte NVMe-SSD mit 512 GByte, ein matter Full-HD-Bildschirm mit 180 Grad Öffnungswinkel sowie schnelle USB-Anschlüsse inklusive Typ-C und flottem Thunderbolt 4. Das klingt nicht schlecht, auch wenn sich das mitgelieferte Zubehör auf ein 65-Watt-Netzteil beschränkt. Gigabyte gibt zwei Jahre Garantie, aber nur eines auf den integrierten Akku.

Der Notebook-Barebone stammt von Clevo und wird dort als L141/L142 in verschiedenen Konfigurationen angeboten, von denen jedoch keine exakt unserem Testgerät entspricht. Er ist auch bei Schenker, Wortmann und Tuxedo erhältlich – dort aber mit doppelter Akkukapazität

(73 Wh), schwächerem Prozessor und zu Preisen über 1000 Euro. Das Gigabyte U4 UD muss als Kompromiss mit einer relativ geringen Akkukapazität von 36 Wh auskommen. Die war im Test für zehn Stunden im Leerlauf und rund 80 Minuten unter Volllast gut – für einen vollen Arbeitstag unterwegs muss man also das Netzteil einpacken.

Das gilt noch mehr für den Einsatz mit Linux. Im Leerlauf hielt der Akku unter Ubuntu nur sechseinhalb Stunden durch. Im softwarebasierten Bereitschaftsmodus Suspend-to-Idle (S0ix, s2idle) verbrauchte das Notebook unter Ubuntu mit 0,72 Watt weniger als unter Windows. Ein Blick in die Datei `/sys/power/mem_sleep` suggeriert, dass neben s2idle auch das oft energiesparendere Suspend-to-RAM (ACPI S3) unterstützt wird, wo dieser Modus als „deep“ gelistet wird. Nach einem Wechsel zum alternativen Bereitschaftsmodus ließ sich das Notebook jedoch partout nicht mehr aufwecken.

Die Tastatur hat einen angenehmen Anschlag und ist dank des Standardrastermaßes von 19 × 19 Millimetern und mit doppelt hoher Entertaste leicht bedienbar. Die Einschalttaste liegt an der rechten Gehäusesseite, wo sie vor ungestümen Blindtippern gut geschützt ist. Das mit 107 × 66 Millimetern nur durchschnittlich große Trackpad versteht die üblichen Vierfingergersten. Die Webcam liefert nur magere 1280 × 720 Pixel bei 30 Bildern pro Sekunde – Windows-Hello-tauglich ist sie nicht. Die USB-Anschlüsse lieferten allesamt ein rundes GByte pro Sekunde und bremsten damit nur die schnellsten externen SSDs ein. Der MicroSD-Reader war mit maximal 92 MByte/s aber von der eher lahmen Sorte.

Während der Reader unter Fedora problemlos funktionierte, versagte er unter Ubuntu zunächst den Dienst. Der Kernel beschwerte sich mit einer Fehlermeldung und startete den Controller neu. Nach der manuellen Installation eines aktuellen Mainline-Kernel (Linux 5.18.6) wurden die Volumes der MicroSD-Karte zwar eingehängt, allerdings nur mit lahmen 43 MByte/s gelesen und 12 MByte/s beschrieben.

### Blanker Knochen

Unser Testgerät aus dem Handel kam zwar mit vollständiger Hardware inklusive SSD und Arbeitsspeicher, ließ sich jedoch nicht sofort nutzen. Es war nämlich kein Betriebssystem vorinstalliert, nicht einmal



das versprochene, wenig nützliche FreeDOS. Linux-Fans werden so nicht gezwungen, das ungeliebte OS aus Redmond mitzubezahlen und Windows-Freunde können die gewünschte Edition (Pro, Home) installieren und bleiben von vorinstallierter Bloatware verschont.

Zunächst stand die Installation von Windows 11 an, weil der Linux-Kollege noch im Urlaub war. Die verlief mittels eines USB-Sticks problemlos. Treiber für den AX201-WLAN-Adapter (ein Ethernet-Anschluss ist nicht vorhanden) waren schon im Windows-11-Paket dabei, sodass sich Windows-Update direkt anstoßen ließ. Nach dessen Durchlauf blieben aber ein paar gelbe Ausrufezeichen im Gerätemanager zurück; einige Komponenten hatten also keinen Treiber – auf Gigabytes Support-Seiten wurden wir aber schnell fündig. Von dort bezogen wir nur die frischere BIOS-Version FB04, den HID-Filter und die Chipsatztreiber, die Windows fehlten. Die aktuellen WLAN- und Grafiktreiber bezogen wir vom Hersteller Intel direkt. Die von Gigabyte waren zum Testzeitpunkt nämlich auch nicht neuer als im Windows-Update – beide schon fast ein Jahr alt. Außerdem gibt es für das U4 UD auch Treiber für Windows 10 in der 64-Bit-Version. Linux-Freunde müssen sich auf den Kernel ihrer bevorzugten Distribution verlassen.

### Leistungsspielerien unter Windows ...

Das Windows-Update brachte auch die Funktion „Fn hotkeys and OSD“ auf den Rechner, die das „Control Center 3.0“ von Barebone-Lieferant Clevo startete. Per Rechtsklick auf das Taskleistensymbol kann es zwischen vier Leistungs-Voreinstellungen wechseln – ab Werk ist der Unterhaltungsmodus eingestellt. Besteht eine Inter-

netverbindung, holt sich das Programm beim ersten Aufruf über das Taskleistensymbol ein User-Interface aus dem Microsoft-Store, welches auch die Einstellung von Tastaturbeleuchtung und CPU-Lüfter ermöglicht. Beide sind jedoch recht rudimentär: Die Helligkeit der Tastatur-LEDs regelt man auch über Fn+F4 in denselben fünf Stufen, das Programm erlaubt zusätzlich nur die Einstellung der Nachleuchtzeit von fünf Sekunden bis knapp zwei Stunden (1:59:59). Die Lüftersteuerung ist witzlos, denn hier kann man nur einen prozentualen Aufschlag zur Automatik vergeben – und die ist eh schon laut genug.

Die Power-Modi sind da schon interessanter. Sie definieren die Höhe und Dauer der kurzzeitigen Leistungsaufnahme (Turbo, PL2) sowie der dauerhaften Leistungsaufnahme unter Last (PL1). Am sparsamsten fährt man mit dem Lautlosmodus mit 5 Watt PL1 und 10 Watt PL2. Der Stromsparmmodus verdoppelt die Werte auf 10 und 20 Watt, im Unterhaltungsmodus sind es 15 und 46 Watt und im Leistungsmodus schließlich 20 und 51 Watt. In den beiden sparsameren Modi hält das Notebook die PL2-/Turbo-Werte nur für 3 Sekunden, im Unterhaltungsmodus immerhin für 85 Sekunden und der Leistungsmodus brät für bis zu 135 Sekunden maximal 51 Watt durch. Denen ist aber das Kühlsystem auch mit voller Lüfterdrehzahl nicht gewachsen, sodass der Takt bei Kerntemperaturen von 98 Grad Celsius graduell von 4,4 auf 2,9 GHz (Basistakt) im Cinebench R23 absinkt, obwohl der Lüfter ein wahres Orkänchen veranstaltet.

Diese deutlichen Unterschiede bei der Leistungsaufnahme schlagen sich auch in der Performance nieder. Die Punktzahl im Multithreading-Test des Benchmarks Ci-

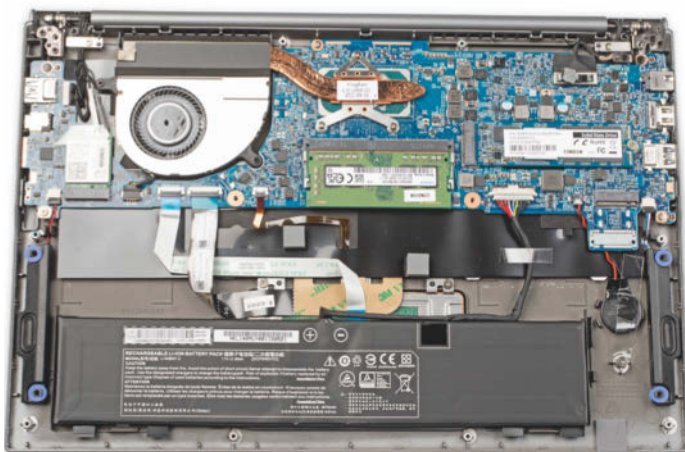
## c't kompakt

- Gigabyte U4 UD: 700-Euro-Notebook mit kräftiger Hardware und freier Wahl des Betriebssystems.
- Nötige Windows-11-Treiber waren auf der Gigabyte-Website deutlich älter als aktuelle von Intel.
- Das U4 schlägt sich zufriedenstellend im Linux-Betrieb. Nach einigen Handgriffen können Nutzer komfortabel zwischen Leistungsprofilen wechseln.

nebench R23 liegt ab Werk bei schmalen 3218 Punkten, noch langsamer wirds erwartungsgemäß im Stromsparmmodus mit 2196 Punkten und im Lautlosmodus mit schlappen 748 Punkten – hier fühlt sich das Gigabyte U4 UD dann auch schon sehr zäh an. Der Leistungsmodus erreicht mit 4871 Punkten dann eine ordentliche Performance, wird aber auch von dem oben erwähnten Mini-Orkan des Lüfters begleitet. Das Performanceniveau im voreingestellten Unterhaltungsmodus reicht für gängige Büroprogramme locker aus, alles fühlt sich schnell an, Programme starten auch dank der flotten SSD flutschig. Auch der Lüfter erzeugt bei der täglichen Arbeit eine viel erträglichere Geräuschkulisse als im Leistungsmodus. Gegen ausgewachsene Gaming-Notebooks mit größeren Kühlsystemen, die in anderen Wattklassen spielen, kommt das U4 UD aber nicht an, und auch Microsofts Surface Laptop Studio muss es um circa zehn Prozent ziehen lassen.

### ... und unter Linux

Das Notebook lief im Alltag unter Linux anders als in Windows 11 größtenteils mit einem gleichmäßigen, ruhigen Lüftergeräusch. In einem Testlauf mit dem CPU-intensiven Benchmark kcbench fiel jedoch auf, dass Intels Thermal-Daemon (thermald), der dafür sorgt, dass das System nicht überhitzt, den CPU-Takt bei parallelen Workloads sehr schnell auf 2,9 GHz begrenzt, was den Basistakt des Core i7-1195G7 darstellt. thermald läuft standardmäßig im adaptiven Modus und interagiert mit Intels DPTF-Interface (Dynamic Platform and Thermal Framework). Das funktionierte aber unter Ubuntu 22.04 LTS nicht ordnungsgemäß, wie eine



**Das leichte Gigabyte U4 umbaut reichlich leeren Raum: Eine zweite M.2-SSD kann man einbauen und auch ein größerer Akku fände problemlos Platz.**

## Gigabyte U4 UD: Günstiges Notebook im Vergleich

Modell	Preis [€]	CPU (Kerne) / GPU	Gewicht [kg]	Lautstärke (idle / Last) [sone]	Laufzeit (Last / idle) [h]	Cinebench R23 MT [Punkte]	3DMark Time Spy [Punkte]
			◀ besser	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Gigabyte U4 UD	700	Core i7-1195G7 / Iris Xe	0,97	<0,1/1,5	1,3/10	4871 <sup>1</sup>	1497 <sup>2</sup>
<b>zum Vergleich</b>							
Asus ZenBook S 13 OLED	1400	Ryzen 7 6800U (8) / Radeon 680M	1,1	<0,1/1,2	3,3/19,6	10390	2480
MSI Summit E14 Evo	1200	Core i5-1240P (12) / Iris Xe	1,47	<0,1/1,1	2,3/16,7	8947	1578
Samsung Galaxy Book2 Pro 13	1000	Core i5-1240P (12) / Iris Xe	0,88	<0,1/0,9	3/30,1	7419	1412
Asus X415	650	Core i5-1135G7 (4) / Iris Xe	1,43	<0,1/0,7	2/10,9	4590	1245
HP Pavilion Aero 13	1100	Ryzen 7 5800U (8) / Vega 8	0,96	<0,1/1,2	1,5/10	7951	1260
gemessen unter Windows 11 inkl. aller Patches <sup>1</sup> gemessen mit Energieprofil „Leistungsmodus“, sonst 3218 <sup>2</sup> gemessen mit Energieprofil „Leistungsmodus“, sonst 1383							

Abfrage mit `systemctl status thermald` ergab: Der Dienst meldete einen Fehler und empfahl, `thermald` gegebenenfalls zu deaktivieren.

Statt `thermald` wie vorgeschlagen lahmzulegen, können Sie alternativ auch den adaptiven Modus deaktivieren. `Thermald` nutzt dann eine Konfigurationsdatei, die Sie mit dem Tool `dptfextract` erzeugen (siehe [ct.de/ya24](#)). Vergewissern Sie sich, dass die generierte Datei `thermal-conf.xml.auto` im Verzeichnis `/etc/thermald` liegt. Dann bearbeiten Sie mit `sudo systemctl edit thermald.service` den `systemd`-Eintrag von `thermald` und entfernen in der Zeile `ExecStart=` den Parameter

--adaptive sowie das vorangestellte Kommentarzeichen (#). Mit `sudo systemctl restart thermald` starten Sie den Dienst mit der neuen Konfiguration. Bei Bedarf können Sie die Temperatur-Schwellenwerte in der Konfigurationsdatei noch feintunen.

Der Daemon drosselt die CPU jetzt etwas weniger voreilig, was beispielsweise dazu führte, dass `kernel` den Linux-Kernel 5.17 (mit Konfiguration „`defconfig`“) in 200 statt in 223 Sekunden übersetzte. Unter Fedora ließ sich der Wert mit dem gleichen Verfahren sogar von 273 auf 215 Sekunden drücken. Standardmäßig boostet der Core i7-1195G7 in Fedora und Ubuntu auf einem Kern nur bis 4,7 GHz.

Um ihm den maximalen Boost von 5 GHz zu entlocken, war ein Wechsel zum CPU-Scaling-Governor „`performance`“ nötig, was aber kürzere Akkulaufzeiten, eine erhöhte Leistungsaufnahme und mehr Hitze bewirkt.

### Empfehlung für Bastler

Nicht nur ist die Hardware im Gigabyte U4 UD vergleichsweise günstig und flott, auch die weitere Ausstattung sowie einige äußere Details sind überaus praktisch. Der matte Bildschirm mit Full-HD-Auflösung eignet sich gut fürs Arbeiten, und die praktische Position des Einschaltknopfs haben wir bereits gelobt. Doch es

## Gigabyte U4 UD mit Linux: Sensoren und Leistungsprofile

Außer unter Windows 11 haben wir das Gigabyte U4 UD auch mit den Linux-Distributionen Ubuntu 22.04 LTS und Fedora 36 getestet. Das liegt nahe, weil der auf Linux-Rechner spezialisierte Anbieter Tuxedo Computers den Barebone auch als Grundlage für das InfinityBook S 14 (6. Generation) nutzt. Man kann also zufriedenstellende Linux-Kompatibilität erwarten. Tatsächlich schlägt sich der Laptop auf den ersten Blick auch ordentlich mit den beiden Linux-Distributionen: Touchpad und Funktionstasten, Tastaturbeleuchtung, Bluetooth und WLAN funktionieren auf Anhieb. Auch Webcam und integriertes Mikrofon tun zuverlässig ihren Dienst. Der Datendurchsatz der internen NVMe-SSD steht dem Windows-Betrieb in nichts nach.

Während Windows-Nutzer auf das „Control Center 3.0“ von Clevo zur Konfiguration verschiedener Leistungsprofile zurückgreifen können, müssen Linuxer einige Umwege gehen. Nach der Installa-

tion des Pakets `sensors` (Im `sensors` in Fedora) gibt der Befehl `sensors` Aufschluss über die Temperatur der CPU-Kerne und NVMe-SSD, lässt aber Informationen zur Drehzahl des Lüfters vermissen. Die ließen sich auch nicht mit dem zugehörigen Skript `sensors-detect` zutage fördern. Da das Notebook leicht modifiziert auch von Tuxedo Computers vertrieben wird, schien ein Blick auf die Software „Tuxedo Control Center“ lohnenswert, die es auf kompatiblen Geräten erlaubt, Systeminformationen auszulesen und eigene Leistungsprofile anzulegen.

Tuxedo stellt die Software als Debian-Paket zum kostenlosen Download bereit, den wir unter [ct.de/ya24](#) verlinkt haben. Für das Control Center wird das Kernel-Modul `tuxedo-io` benötigt, das vom Paket `tuxedo-keyboard` (siehe [ct.de/ya24](#)) geliefert wird. Für Fedora existieren keine fertigen RPM-Pakete von Tuxedo. Fedora-Nutzer müssen die Quellen also selbst

übersetzen oder alternativ auf ein Paket aus den User-Repositories (Copr) zurückgreifen. Unter [ct.de/ya24](#) haben wir ein solches Paket verlinkt. Sollte es auf Ihrem System nicht vorhanden sein, dann müssen Sie auch das Paket „`kernel-devel`“ installieren. Hinweis: Beim Modul `tuxedo-io` handelt es sich um ein sogenanntes „out-of-tree“-Modul. Durch die Installation markiert sich der Linux-Kernel als „befleckt“ (engl. „tainted“). Das ist erstmal nicht weiter schlimm, sollten Sie aber berücksichtigen, wenn Sie den Kernel-Entwicklern ein Problem melden wollen. Was es dabei zu beachten gibt, haben wir erst kürzlich in einem Artikel [1] festgehalten.

Nach der Installation der Pakete und einem anschließenden Neustart war das Tuxedo Control Center in der Lage, CPU-Temperatur, Frequenz und Lüftergeschwindigkeit auszulesen. Über die Profile lassen sich Takt und Lüftergeschwindigkeit nach Belieben anpassen.




geht noch weiter. Entgegen der fortschreitenden Integration anderer Notebooks ist der Aufbau des U4 noch rustikal: Die Bodenplatte wird von zwölf einfachen Kreuzschlitzschrauben gleicher Länge gehalten. Keine Gummifüßchen versperren den Zugang zu ihnen und keine fiesen Plastikhäkchen versuchen, dem oder der Auseinanderbauenden das Leben unnötig schwer zu machen.

Im Inneren ist eine einzelne SO-DIMM-Fassung, die zwar bereits belegt ist, zur Not aber auch durch ein Speicherriegelchen mit mehr Kapazität ersetzt werden kann. Ein zweiter Steckplatz für ein 80-Millimeter-SSD-Kärtchen im M.2-Format ist vorhanden, der im Test mit NVMe- (PCIe 3.0 x4) und SATA-Modellen funktionierte und eine günstige Erweiterung des Speicherplatzes erlaubt. Der Akku ist nur verschraubt, sodass er sich leichter wechseln lässt als die inzwischen üblichen, verklebten Varianten.

## Fazit

Die Installation von Windows verlief problemlos und auch die Kompatibilität zu den Linux-Distributionen Ubuntu 22.04 LTS und Fedora 36 war zufriedenstellend – kleinere Macken hüben wie drüben ließen sich meist ausbessern. Wie oft bei modernen Notebooks ist man mit einer Linux-Distribution, die einen aktuellen Kernel nutzt, besser beraten. Was es bei einer Installation von Linux neben Windows zu beachten gibt, haben wir erst kürzlich in [2] aufgeschrieben.

Die Hardware des Gigabyte U4 UD ist vernünftig zusammengestellt und hat keine größeren Schwächen, wenn man den Preis und das schlanke, leichte Format des Notebooks bedenkt. Schade, dass die Kühlung nicht gut gelungen ist. Selbst im lahmten Lautlosmodus springt immer wieder der Lüfter an und auch sonst pfeift das kleine Windchen öfter, als einem in ruhiger Umgebung lieb ist. Inzwischen gibt es zwar in jeder Einzeldisziplin besseres, doch das ist dann wie das Asus X415 deutlich schwerer oder kaum noch für einen solchen Kampfpfeis zu haben. (csp@ct.de) 

## Literatur

- [1] Thorsten Leemhuis, Fehlerparkour, Macken im Linux-Kernel erfolgreich melden, c't 16/2022, S. 158
- [2] Keywan Tonekaboni, Loslegen mit Linux, Linux-Distribution neben Windows installieren, c't 6/2022, S. 160

Weitere Infos: [ct.de/ya24](https://ct.de/ya24)



Die externen Anschlüsse des U4 sind mit USB-C (TB4), 2 × USB-A, HDMI, Audioklinke und einem MicroSD-Kartenleser nicht besonders reichhaltig, dafür aber zweckmäßig ausgewählt und verteilt.

## Laufzeiten Tiger-Lake-Notebooks mit Linux

Modell	Idle, 100 cd/m² [h]	Video, 200 cd/m² [h]	3D, max. cd/m² [h]
	besser ►	besser ►	besser ►
Gigabyte U4 UD <sup>1</sup>	6,5	5	2,4
Framework Laptop <sup>2</sup>	12	6,2	2,5
XPS 13 9310 <sup>3</sup>	12,5	6,4	— <sup>4</sup>
<sup>1</sup> mit Ubuntu 22.04 LTS <sup>2</sup> mit Ubuntu 21.10 <sup>3</sup> mit Ubuntu 20.04 LTS <sup>4</sup> nicht getestet			

## Gigabyte U4: Daten und Testergebnisse

getestete Konfiguration	UD-70DE823SD
Lieferumfang	Netzteil
Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)	
VGA / DVI / HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	— / — / ✓ (2.0, L) / — / ✓ (—)
USB 2.0 / USB 3.0 / USB 3.2 / LAN	— / — / 2 × L (1 × Typ C), 1 × R / —
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	✓ (MicroSDXC) / ✓ (L) / —
USB-C: Thunderbolt / USB 3.0 / USB 3.1 / DisplayPort / Laden	✓ <sup>1</sup> / ✓ / ✓ / ✓ / ✓
Ausstattung	
Display	CMN N140HCE-EN2 (IPS): 14 Zoll / 35,7 cm, 1920 × 1080, 16:9, 157 dpi, 60 Hz, 23 ... 411 cd/m², matt
Prozessor	Intel Core i7-1195G7 (4 Kerne mit SMT), 2,9 GHz (Turbo bis 5,0 GHz <sup>2</sup> ), 4 × 1280 KByte L2-, 12 MByte L3-Cache
Hauptspeicher	16 GByte DDR4-3200 (8 GByte verlötet, 8 GByte als SO-DIMM)
Grafikchip (Speicher)	int.: Intel Iris Xe (1,4 GHz, 96 CUs, vom Hauptspeicher)
Sound	HDA: Realtek ALC293
LAN / WLAN	— / PCIe: Intel Wi-Fi 6 AX201 (2 Streams)
Mobilfunk / Bluetooth (Stack)	— / USB: Intel Wi-Fi 6 AX201 (Microsoft)
Touchpad (Gesten) / TPM / Fingerabdruckleser	I2C: HID (max. 4 Finger) / TPM 2.0 / —
Massenspeicher / optisches Laufwerk	SSD: ESR512GTGL-E6GBTNB4 (512 GByte) / —
Stromversorgung, Maße, Gewicht	
Akku (Ladestopp < 100 % einstellbar)	36 Wh Lithium-Ionen (—)
Netzteil	65 W, 330 g, 9,0 cm × 5,1 cm × 3,0 cm, fliegendes Netzteil
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	0,97 kg / 32,2 cm × 21,2 cm / 1,8 ... 2,0 cm
Tastaturhöhe / Tastenraster	1,0 cm / 19 mm × 18 mm
Leistungsaufnahme	
Suspend / ausgeschaltet	0,9 W / 0,3 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	2,1 W / 4,7 W / 7,3 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	39 W / 10,7 W / 44 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	52 W / 0,59
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks	
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max.)	10,0 h / 4,8 h / 1,3 h
Ladestand / Laufzeit nach 1 h Laden	79 % / 7,9 h
Geräusch ohne / mit Rechenlast	< 0,1 sone / 1,5 sone (im Turbo: 2,5 sone)
Massenspeicher lesen / schreiben	5005 / 2518 MByte/s
IOPS (4K) lesen / schreiben	29947 / 73880
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20m) / MU-MIMO-fähig	— / 131 - 212 / 184 - 213 Mbit/s / ✓
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 98,2 dBA
Cinebench R23 Rendering (1T / nT)	1206 <sup>1</sup> / 3218 <sup>1</sup>
3DMark: Wild Life / Night Raid / Fire Strike / Time Spy / Port Royal	9209 / 11338 / 3457 / 1383 / —
Preis und Garantie	
Straßenpreis Testkonfiguration	700 €
Garantie	2 Jahre
⊕⊕ sehr gut    ⊕ gut    ○ zufriedenstellend    ⊖ schlecht    ⊖⊖ sehr schlecht    ✓ vorhanden    — nicht vorhanden k. A. keine Angabe <sup>1</sup> siehe Text	



# Jeder für sich, alle zusammen

## Sechs Web-Whiteboards für Meetings und Workshops im Test

**Digitale Whiteboards helfen, wenn Arbeitsgruppen in Videokonferenzen neue Ideen entwickeln und bewerten sollen. Wir testen sechs Anbieter: Wer bringt mit agilen Methoden frischen Wind in Sitzungen und wer unterstützt Kursleiter am besten?**

**Von Anke Brandt und  
Hartmut Gieselmann**

**M**it Methoden wie Brainstorming oder SWOT-Analyse gestaltet man Gruppensitzungen effizienter und findet Ideen abseits ausgetretener Pfade. Doch es braucht ein Whiteboard, um die Beiträge zu sammeln, zu sortieren und zu bewerten. Offline klappt das prima mit einer Tafel, Klebezetteln, Stiften und einer Eieruhr. In einer Videokonferenz nutzt man dazu ein digitales Whiteboard. Aber auch für Präsenzmeetings vor Ort oder hybride Veranstaltungen eignen sich digitale Pinnwände, sofern jeder Teilnehmer mit einem eigenen Notebook anwesend ist.

Große Videokonferenzprogramme wie Zoom, Teams oder Google Meet haben bereits einfache Whiteboards eingebaut. Wer es komfortabler haben will, greift zu einem separaten Anbieter. Die sechs Whiteboards in diesem Test laufen unabhängig von der Videokonferenzsoftware im Browser, sodass die Teilnehmer keinerlei Programme vorab installieren müssen. Sie stammen von Bentlymento, Collaboard, Conceptboard, Lucidspark, Mural und Miro. Wer mit ihnen in größeren Gruppen arbeiten will, muss ein Abo abschließen. Die Kosten variieren stark, abhängig von Nutzeranzahl und benötigten Werkzeugen.

In diesem Test prüfen wir die unterschiedlichen Konzepte der Anbieter und klären die Frage, welche Whiteboards sich für welchen Einsatzzweck am besten eignen. Anhand von Beispielen rechnen wir in der Tabelle die Kosten aus und werfen einen Blick auf den Datenschutz.

### Einladungen und Gästeliste

Bevor man mit anderen gemeinsam am Whiteboard arbeiten kann, muss man ihnen Zugriff gewähren. Das klappt bei allen Testkandidaten mit einem Link, den man zum Beispiel per Mail verschickt. Den



Einladungslink können Moderatoren bei allen Anbietern mit einer Passwortabfrage kombinieren. Bentiemento, Collaboard und Conceptboard bringen zudem die Möglichkeit mit, Mitstreiter per QR-Code einzuladen. Das ist insbesondere dann hilfreich, wenn man während eines Präsenzmeeetings schnell per Smartphone über eine Sache abstimmen lassen möchte: Code scannen, in der Agenda die Abstimmung auswählen und Punkte vergeben.

Um die verschiedenen Abotarife zu verstehen, muss man die unterschiedlichen Bezeichnungen kennen, nach denen die Anbieter die Teilnehmer unterteilen. Blöderweise gibt es keine allseits anerkannten Definitionen, sodass der „Gast“ bei Anbieter A eine andere Rolle haben kann als bei Anbieter B.

Wir unterscheiden in diesem Test zwischen drei Rollen: **Mitglieder** beziehungsweise **Benutzer** gehören zum Board und können Einstellungen verändern, als Moderator auftreten sowie andere Nutzer verwalten. Kurz, sie haben die umfangreichsten Rechte und Möglichkeiten. **Gäste** benötigen ein Nutzerkonto, um auf ein fremdes Board, zu dem man sie eingeladen hat, zuzugreifen. **Besucher** brauchen keinen eigenen Account, können aber ihren Namen angeben oder erhalten vom Board ein Kürzel.

Sofern man nur einmalig in einem Workshop oder einer Teambesprechung mit anderen gemeinsam an einem Board arbeiten möchte, genügt eine Mitgliedslizenz für den Moderator. Der Rest des Teams oder der Workshopteilnehmer tritt dem Board als Besucher mit Schreibrechten bei. Es genügt, wenn sie ihren Namen angeben können, damit jeder weiß, wer was geschrieben hat. Nach dem Meeting oder Workshop sichert der Moderator die Ergebnisse, verschiebt sie und die Mitstreiter müssen nicht erneut auf das Board zugreifen. Achtung: Collaboard und Lucidspark nennen diesen Teilnehmertyp Gäste, meinen nach unserer Begriffsdefinition aber Besucher.

Arbeitet man dagegen längerfristig gemeinsam an Projekten auf einem Whiteboard, beispielsweise um einen Veränderungsprozess in der Abteilung zu organisieren und zu begleiten, sollten alle feste Nutzerkonten haben. Der Abteilungsleiter richtet den Zugang mit der benötigten Anzahl Lizenzen ein und fügt die Teammitglieder hinzu. Dann können sie sich benachrichtigen lassen, wenn ein Kollege etwas auf dem Board verändert hat.

Außerdem kann es sinnvoll sein, externen Partnern Gastzugriff auf eigene Whiteboards zu gestatten, um mit ihnen daran zu arbeiten. Diese Funktion bringen nicht alle Anbieter mit, Collaboard und Lucidspark kennen keine Gästeverwaltung. In Conceptboard kann man Gäste ab der Premium-Lizenz hinzufügen. Sie werden dem eigenen Konto als Nutzerlizenz in Rechnung gestellt. In Miro und Mural kann man Gäste erst ab der Business-Lizenz verwalten. Dann allerdings kann man unbegrenzt viele Gäste kostenlos einladen.

Bentiemento geht einen Sonderweg und rechnet immer pro aktivem Teilnehmer ab, unabhängig vom Status. Man kann zwar Teilnehmer einladen, die sich nicht registrieren müssen, aber auch diese zählt es als aktive Nutzer, deren Anzahl je nach Abo-Typ auf 3 bis 20 Personen pro Workshop begrenzt ist. Wer mit mehr als 20 Nutzern arbeiten will, müsste die Teilnehmer auf zwei parallel stattfindende Workshops aufteilen und die Ergebnisse hinterher zusammenführen.

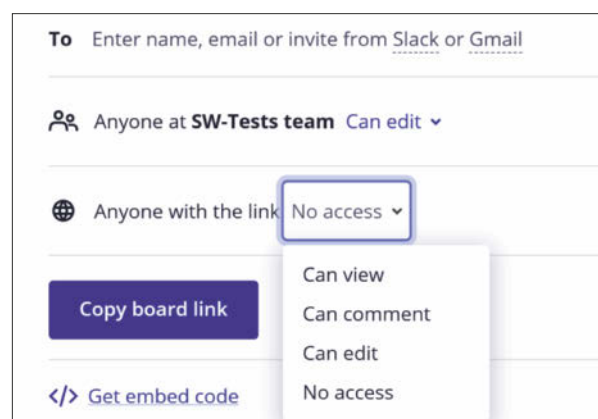
### Gut moderiert

Wer nur eben ein paar Zettelchen mit Ideen auf eine virtuelle Pinnwand kleben will, braucht keine umfassende Vorbereitung. Längere Besprechungen oder Seminare dagegen sollte man vorab strukturieren, damit sie rund laufen. Dauert ein Workshop mehrere Tage, kann man sich die Größe der Whiteboards zunutze machen und auf der linken Seite den ersten und auf der rechten Seite den zweiten Tag vorbereiten. Miro und Mural bieten zusätzlich die Möglichkeit, bestimmte Objekte für andere Teilnehmer auszublenden. So kann niemand spicken und sich besser auf die Aufgaben des ersten Tages fokussieren. Bei Bentiemento legt der Moderator fest, ob alle anderen immer nur

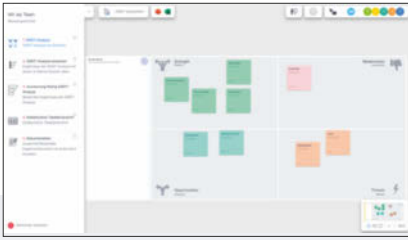
den von ihm ausgewählten Abschnitt sehen und bearbeiten können, also beispielsweise nur die SWOT-Analyse bewerten – so kann niemand nachträglich ein Kärtchen hinzuschummeln. Wechselt der Moderator die Ansicht, sperrt Bentiemento die anderen Abschnitte automatisch.

Damit die Teilnehmer nicht lange den jeweils aktuell zu bearbeitenden Bereich auf dem Whiteboard suchen müssen, kann man bei allen Anbietern eine Agenda anlegen. Diese enthält Links samt Beschreibung zu den jeweiligen Board-Abschnitten. Die Bezeichnung für diese Funktion variiert von Anbieter zu Anbieter: Quick Links (Collaboard), Abschnitte (Conceptboard), Inhaltsverzeichnis (Lucidspark), Meeting (Miro) und Outline (Mural). Bei Bentiemento sind die Agendaschritte vorgegeben.

Falls man einzelnen oder allen Teilnehmern etwas auf dem Board zeigen möchte, gibt es verschiedene Optionen. Bei Collaboard, Conceptboard, Lucidspark, Miro und Mural können Moderatoren alle Teilnehmer bitten, ihnen zu folgen: Die Boardansicht der Teilnehmer verschiebt sich und sie sehen genau den Bereich, den der Moderator gerade vor sich hat. Diese Funktion sollte man nur nach Vorankündigung nutzen, beispielsweise zu Beginn des Meetings, um das Whiteboard und seine Funktionen vorzustellen. Andernfalls fliegen die Teilnehmer unvorbereitet einmal quer übers Board. Nutzer von Collaboard, Miro und Mural können auch einzelne Teilnehmer bitten, ihnen zu folgen, beispielsweise, wenn sie zu Beginn mit der Bedienung überfordert sind und sich auf dem großen Board verlaufen haben. Bentiemento verzichtet auf diese Funktionen, da sie aufgrund der klaren Struktur der Bedienoberfläche nicht nötig sind.



In allen Whiteboards (hier: Miro) kann man differenziert festlegen, welchen Teilnehmer man mit welchen Zugriffsrechten ausstatten will.



## Bentimento

Bentimento aus Deutschland macht vieles anders als die übrigen Whiteboards im Test. Statt alle Teilnehmer auf einer riesigen Leinwand herumwuseln zu lassen, führt Bentimento die Gruppe anhand von detaillierten Kochrezepten durch eine Sitzung. Hat man sich einmal auf den durchdachten Workflow eingelassen, lässt sich dadurch viel Zeit sparen. Zunächst entscheidet man sich für eine Methode, beispielsweise Brainstorming oder SWOT-Analyse. Anschließend erstellt man für jede Methode eigene Workshops.

Bentimento erklärt die methodischen Prozesse jedes Workshops sehr ausführlich. Anhand der Erläuterungen zum Zweck, Aufbau, Vor- und Nachteilen sowie Praxistipps findet man schnell die beste Methode für die jeweilige Aufgabe, die die Gruppe lösen soll. Zwar kann der Moderator die Erklärungen nicht anpassen, durch den stringenten Aufbau bleiben alle Teilnehmer aber stets fokussiert.

Während des Workshops führt Bentimento Schritt für Schritt durch das Seminar. Besonders clever ist die automatisierte Zusammenfassung am Ende des Workshops. Diese lässt sich als Word-Datei herunterladen, sodass jeder gleich ein fertiges Protokoll erhält. Einzelergebnisse exportiert Bentimento wahlweise als PowerPoint- oder Excel-Datei. Einziger Nachteil ist die begrenzte Teilnehmerzahl, die je nach Abo auf 3 bis 20 Personen pro Workshop beschränkt ist.

- ⬆️ stringenter Workflow
- ⬆️ automatischer Protokolleexport
- ⬇️ begrenzte Teilnehmerzahlen

Preise: 4 Euro pro Monat (Basic) bis 36 Euro pro Monat (Premium)



## Collaboard

Collaboard aus der Schweiz bringt zwar einige Vorlagen mit, allerdings liefert das Programm nur wenige Informationen zur Frage, welche Methode für welches Problem am besten geeignet ist. Viele Erklärungen sind nur in englischer Sprache verfügbar.

Um eine Sitzung zu strukturieren, kann der Moderator vorab eine Agenda mit Links zu einzelnen Abschnitten auf dem Board anlegen. Die ausgewählten Objekte dürfen dazu noch nicht gesperrt sein. Die Bedienoberfläche wirkt aufgeräumt. Man findet sämtliche Werkzeuge, mit denen man Inhalte einfügen und bearbeiten kann, am linken Rand. Nur der Zeichenstift hat sich an den rechten oberen Rand zu den Verwaltungsoptionen verirrt.

Wer Collaboard zusammen mit Zoom oder Webex nutzt, kann das Videofenster direkt auf dem Whiteboard einbinden. Dafür muss man nur die Zugangsdaten angeben.

Navigation und Bedienung sind bei Collaboard sehr einfach gehalten, der Funktionsumfang geht aber kaum darüber hinaus, was Videokonferenzprogramme mit ihren eingebauten Whiteboards bereits mitbringen. Man sollte sich sehr genau ansehen, ob die Möglichkeiten für die eigenen Bedürfnisse genügen, denn bei einem Abo muss man sich mindestens für ein Jahr festlegen.

- ⬆️ Einbindung von Zoom- und Webex-Meetings
- ⬇️ nur Jahresabos
- ⬇️ geringer Funktionsumfang

Preise: kostenlos (Basisvariante) bis 10 Euro pro Monat/Nutzer (Advanced im Jahresabo)



## Conceptboard

Conceptboard stammt von einem deutschen Unternehmen. Falls die Sprache des Whiteboards auf Englisch voreingestellt sein sollte, wählt man Deutsch über das Nutzerkonto aus.

Als Moderator kann man eine Sitzung vorab bequem in Abschnitte unterteilen. Im Seminar springen die Teilnehmer über anklickbare Links zu den jeweiligen Aufgaben, ohne lange über das Board irren zu müssen. Während einer Sitzung lassen sich die Zugriffsrechte der Teilnehmer komfortabel ändern. So kann man Einzelne oder die ganze Gruppe bei dem, was sie gerade tun, unterbrechen, um ihnen kurz etwas zu erklären.

Die Navigation auf dem Whiteboard klappt allerdings nicht so flüssig wie bei den anderen Kandidaten, weil der jeweilige Bildausschnitt auf der Übersichtskarte nicht direkt mit der Maus verschoben werden kann, sondern erst beim Loslassen der Maustaste neu gerendert wird. Daher sollte man den Anwendern etwas mehr Zeit zur Eingewöhnung geben.

Die kostenlose Version taugt nur, um sich einen ersten Überblick über das Bedienkonzept zu verschaffen. Entschieden man sich, Conceptboard im Arbeitsalltag mit anderen zusammen einzusetzen, muss man zu einer der Abo-Versionen wechseln. Nur mit dieser dürfen beispielsweise auch Gastnutzer das Board bearbeiten. In der Business-Version muss man mindestens zehn Lizenzen erwerben, zahlt also mindestens 120 Euro im Monat.

- ⬆️ viele Importformate
- ⬆️ Zugriffsrechte für einzelne Nutzer änderbar
- ⬇️ umständliche Navigation

Preise: kostenlos (Basisvariante) bis 10 Euro pro Monat/Nutzer (Business, mindestens 10 Nutzer)





## Lucidspark

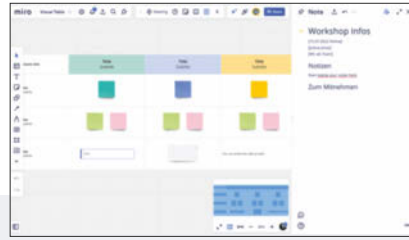
Lucidspark hat seinen Sitz in den USA, kommt aber mit deutscher Bedienoberfläche und Hilfe daher. Grundsätzlich finden sich Moderatoren und Teilnehmer schnell zurecht. Die Werkzeugleiste am linken Fensterrand ist allerdings unübersichtlich gestaltet, denn sie mischt Werkzeuge für Moderatoren und Teilnehmer durcheinander. Besonders verwirrend ist, dass auch Gäste Werkzeuge angezeigt bekommen, die sie gar nicht nutzen dürfen und dann mit einem Pop-up zum Abschluss eines Abos animiert werden.

Moderatoren können vor der Sitzung eine Agenda festlegen. Mit dem Präsentationswerkzeug erstellen sie Folien, wie man sie aus gängigen Präsentationsprogrammen kennt. Diese können sie während des Meetings in Lucidspark präsentieren oder an Google Präsentationen senden oder als PDF speichern und mit wenigen Handgriffen ein Sitzungsprotokoll erstellen.

Vom selben Anbieter stammt die Diagrammanwendung Lucidchart, die umfangreiche Diagramme, Schaltpläne, Prozessabläufe und vieles mehr visualisieren kann. Workshop-Ergebnisse exportiert man zu Lucidchart und dort erstellte Pläne wiederum aufs Whiteboard. Allerdings benötigt man für jede Anwendung separate Abos.

- 👍 gute Abstimmungsfunktion
- 👍 Präsentationsfolien erstellen
- 👎 Gäste werden zur Registrierung gedrängt

Preise: 8,33 Euro/Monat (Individual-Variante) bis 11,90 Euro pro Monat/Nutzer (Team, mind. 3 Benutzer)



## Miro

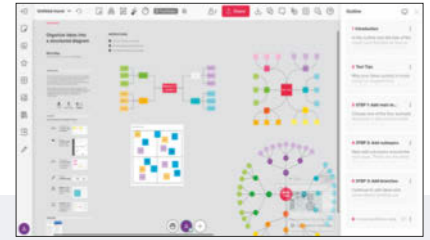
Miro bringt viele Vorlagen mit, die die Workshop- oder Meeting-Organisation vereinfachen. Für den unwahrscheinlichen Fall, dass man hier kein passendes Template findet, lohnt ein Blick in das Miroverse. Hier stellen andere Nutzer eigene Vorlagen zur Verfügung. Manche von ihnen enthalten Workshop-Ergebnisse. Das ist prima, um sich einen ersten Eindruck von der jeweiligen Methode zu verschaffen und zu prüfen, ob die Methode zum gedachten Zweck passt. Mit dabei sind auch viele Icebreaker-Vorlagen für den Beginn des Meetings.

Damit Teilnehmer nicht einfach irgendwo mitten auf dem Board landen, wenn sie es das erste Mal aufrufen, kann der Moderator einen Startpunkt für alle festlegen. Während Gruppenarbeitsphasen verteilt man die Mitstreiter auf Breakout-Boards, die man vorher vorbereitet hat. Allerdings kann der Moderator immer nur eine Breakout-Session vorbereiten. Externe Projektmitarbeiter lassen sich erst in der Business-Variante mit dazu holen.

Miros englischsprachige Hilfeseiten überzeugten im Test. Kommentierte Videos und Blogbeiträge erläutern, wie man die Anwendung geschickt nutzt, und verraten so manchen Kniff, auf den man sonst vielleicht nur nach viel Herumprobieren gekommen wäre. Einige Videos starten direkt im Whiteboard-Fenster, andere öffnen sich im neuen Fenster oder Tab.

- 👍 Breakout-Boards
- 👍 viele Vorlagen
- 👎 Gastzugänge erst ab Business

Preise: kostenlos (Basisvariante) bis 23,80 US-Dollar pro Monat/Nutzer (Business)



## Mural

In Murals Bibliothek findet man unterschiedlichste Vorlagen, vom umfangreichen Teamworkshop über eine Onboarding-Roadmap bis zur Dinnerplanung. Erläuterungen, welches Template für welchen Zweck taugt, gibt es jedoch nicht.

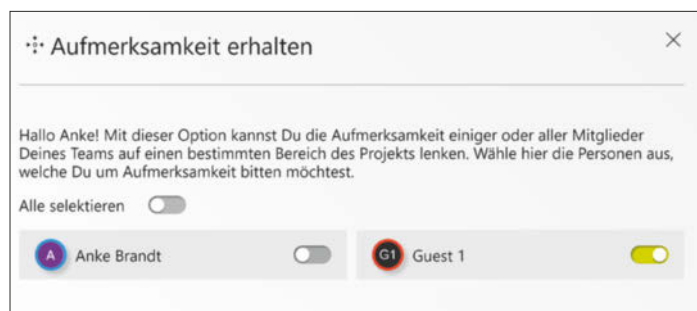
Auf dem Board findet man sich schnell zurecht und bewegt sich mit der kleinen Landkarte in Echtzeit über die große Pinnwand. Besonders gut gefällt die Zoomfunktion für einzelne Objekte: Klickt man beispielsweise ein Klebezettelchen an und wählt dann die eingeraumte Lupe im Menü, zoomt Mural so nah heran, dass man Texte gut lesen kann.

Auch die Agendafunktion, vom Anbieter „Outline“ genannt, lässt sich gut nutzen. Einfach einzelne Bereiche oder Elemente mittels Rechtsklick zur Outline hinzufügen, Namen und Beschreibung eingeben. Moderatoren bearbeiten im privaten Modus Inhalte, ohne dass andere Teilnehmer die Änderungen sehen – perfekt, um Arbeitsphasen der Teilnehmer zur Vor- oder Nachbereitung zu nutzen.

Alle zum Workspace gehörenden Mitglieder können auf Inhalte öffentlicher Räume zugreifen. In die privaten Arbeitsbereiche kommt man nur auf Einladung. Gastzugänge kann Mural erst ab der Business-Variante verwalten. Diese gibt es nur im Jahresabo. In der kostenlosen Variante können Besucher die Boards nur ansehen, nicht aber bearbeiten.

- 👍 gute Agendafunktion
- 👍 privater Arbeitsmodus
- 👎 Besucher in der kostenlosen Variante nur als Betrachter möglich

Preise: kostenlos (Basisvariante) bis 21,42 US-Dollar pro Monat/Nutzer (Business, Jahresabo)



**Um den Fokus einzelner oder aller Teilnehmer auf einen bestimmten Board-Bereich zu lenken, können Moderatoren sie bitten, ihnen zu folgen.**

## Orientierungsphasen

Mit Ausnahme von Bentimento ähneln sich die Whiteboards. Sie zeigen eine riesige, anpassbare Arbeitsfläche, um die herum Klebezettelchen, Textfunktionen, Moderatorenwerkzeuge und Boardverwaltung verteilt sind. So kennt man es auch von vielen einfacheren Web-Whiteboards[1].

Am schnellsten fucht man sich in Bentimento ein. Der Moderator wählt aus der Methodenbibliothek eine zum Problem passende Methode: Brainstorming, sechs Denkhüte, SWOT-Analyse und viele mehr stehen zur Auswahl. Der Anbieter gibt je nach gewählter Methode die Ablaufschritte vor und es stehen nur die wichtigsten Werkzeuge zur Verfügung. Klebezettel beschriften Teilnehmer zunächst auf ihrem privaten Board und ziehen sie erst danach auf den für alle sichtbaren Bereich. So schreiben die Teilnehmer nicht voneinander ab oder lassen sich von ihrem Nachbarn beeinflussen.

In Miro und Mural arbeiten sich Teilnehmer fast genauso schnell ein. Collaboards reduzierte Oberfläche wirkt etwas altbacken, ist aber für Teilnehmer schnell zu erfassen. Es gibt keine Untermenüs, die rechte Maustaste ist funktionslos. Objektbezogene Optionen erscheinen erst dann, wenn man das Objekt anklickt. Hier müssen Moderatoren etwas mehr Einarbei-

tungszeit einrechnen. Auch Lucidspark-Nutzer benötigen zu Beginn mehr Zeit. Hier ist es jedoch eher der große Funktionsumfang, den vor allem Moderatoren zunächst durchblicken müssen. Conceptboard erfordert die längste Lernphase.

## Ergebnisse sichern

Der effizienteste Workshop nützt nichts, wenn am Ende alle rausgehen, aber nichts mitnehmen, auf das sie später nochmal schauen können. Viele Teambesprechungen erfordern ebenfalls ein Protokoll. Während man in der analogen Variante entweder riesige Papierplanen gefaltet oder gerollt aufhebt und Teilergebnisse abfotografiert, bieten digitale Whiteboards elegantere Möglichkeiten.

Mit Ausnahme von Bentimento exportieren alle Boards Ergebnisse mindestens als Bilddatei (PNG) und PDF-Dokument. Das taugt als Gesamtüberblick, wird je nach Boardgröße aber schnell unübersichtlich, wenn man das Bild beispielsweise in eine PowerPoint-Dokumentation einfügen muss. Deshalb kann man bei Collaboards, Lucidspark und Mural auch Ausschnitte als Bild und PDF abspeichern. Conceptboard exportiert einzelne Bereiche nur als Bild. Bei Miro klappt der Teilerport nur in einer Tabelle als CSV-Datei, alternativ kann man den gewählten Ausschnitt als Bild in die Zwischenablage kopieren.



**Newcomer Bentimento liefert automatisch Auswertungen, die man als Excel-Datei speichern kann, um sie bei Bedarf weiterzuverarbeiten.**

Bentimento sichert das Gesamtergebnis des Workshops als Word-Datei im DOCX-Format. So hat man direkt nach dem Meeting ein fertiges Protokoll, dessen Aufbau immer identisch ist. Einzelergebnisse sichert man wahlweise als PowerPoint-Präsentation (PPTX) oder Excel-Tabelle (XLSX).

## Datenschutz

In puncto Datenschutz teilt sich das Testfeld in eine Zweiklassengesellschaft. Die drei US-Anbieter Lucidspark, Miro und Mural halten es nicht für nötig, ihre Datenschutzerklärung auf Deutsch zu formulieren, wie es die DSGVO für Anbieter vorschreibt, die sich an Kunden aus Deutschland wenden. Beim Datentransfer in die USA beziehen sich Lucidspark und Mural zudem auf den inzwischen nicht mehr gültigen Privacy-Shield-Beschluss der EU, einzig Miro ist mit Standard-Vertragsklauseln up to date. Miro speichert Kundendaten in Irland und kopiert Backups auf Server in Virginia, USA. Firmenkunden haben immerhin die Option, dass die Backups in Frankfurt gespeichert werden.

Deutlich besser sieht es bei den deutschen Anbietern Bentimento und Conceptboard sowie bei Collaboards aus der Schweiz aus. Sie erklären auf Deutsch, was mit den Daten passiert. Alle drei übertragen bestimmte Daten aber auch an US-Unternehmen. Newcomer Bentimento gibt in seiner Datenschutzerklärung an, dass die Daten bei Hetzner in Deutschland gespeichert werden. Bei Collaboards kann man sich aussuchen, ob die Daten in Deutschland von der Telekom oder aber von Microsoft in der Schweiz und Holland gehostet werden sollen.

Conceptboard aus Stuttgart gibt die meisten Auskünfte, was mit den Daten der Kunden passiert. Demnach werden die Whiteboards in Deutschland von Amazon gehostet. Wer die zusätzlichen Webkonferenzfunktionen nutzt, sollte sich bewusst sein, dass die Audio- und Videodaten von der US-Firma Tokbox verarbeitet werden.

## Fazit

Für welches Board man sich entscheidet, hängt sehr von den eigenen Bedürfnissen ab. Tutoren mit wechselnden Workshop-Teilnehmern dürfte es wichtiger sein, dass ihre Teilnehmer sich schnell auf dem Board zurechtfinden und sich nicht registrieren müssen. Um Gastzugänge oder weitere Team-Lizenzen müssen sie sich also keinen Kopf machen und sollten



einen Blick auf Conceptboard werfen (Premiumabo: 7 Euro pro Monat). Sofern sie damit leben können, dass die Daten in den USA landen, kommen auch die Team-Varianten von Miro und Mural in Betracht.


Teams, deren Mitglieder alle mit ihrem eigenen Nutzerkonto mitarbeiten sollen, müssen tiefer in die Tasche greifen. Noch teurer wird es, wenn man auf Gastzugänge für externe Projektpartner angewiesen ist. Bei einem fiktiven Team mit 15 Mitgliedern ist Bentimento -Premium mit 36 Euro im Monat am günstigsten. Falls es ein klassisches Whiteboard sein soll, lohnt es sich, Conceptboard-Premium genauer in den Blick zu nehmen. Für 15 Teilnehmer kostet es 94 Euro im Monat. Kommen bei-

spielsweise noch fünf Gäste hinzu, erhöht sich der Preis auf 125 Euro monatlich.

Unsere Empfehlungen sind nicht in Stein gemeißelt. Am besten überlegen Sie sich, welche Funktionen Sie unbedingt benötigen und wählen den für Sie günstigsten Anbieter anhand der Preistabellen aus (siehe [ct.de/ymdn](https://ct.de/ymdn)). Außer bei Miro und Mural können Sie zudem überall mit einem zeitlich begrenzten Testzugang die kostenpflichtigen Versionen mit allen Zusatzfunktionen ausprobieren.

Sofern der Datenschutz eine Rolle spielt, bleiben US-Anbieter außen vor. Miro speichert auf Wunsch seiner Firmenkunden Backups in Frankfurt, allerdings erst ab dem Enterpriseplan mit mindestens 50 zahlen-

den Mitgliedern. Conceptboard punktet zwar mit der ausführlichsten Datenschutzerklärung, lässt sich aber hakelig bedienen.

Der Newcomer Bentimento dürfte für viele zum Whiteboard der Wahl werden, die sich auf methodenfokussierte Workshops konzentrieren wollen. Die stringenten Abläufe und umfangreichen Exportfunktionen dürften viele Sitzungen beleben und beschleunigen. ([abr@ct.de](mailto:abr@ct.de)) 

## Literatur

- [1] Dorothee Wiegand, Andrea Trinkwalder, Ideenschmiede im Web, Sechs Apps für virtuelle Whiteboards im Vergleich, c't 4/2020 S. 98

Preislisten der Anbieter: [ct.de/ymdn](https://ct.de/ymdn)

## Digitale Whiteboards für Workshops und Meetings

Name	Bentimento	Collaboard	Conceptboard	Lucidspark	Miro	Mural
URL	<a href="https://bentimento.com">bentimento.com</a>	<a href="https://collaboard.app">collaboard.app</a>	<a href="https://conceptboard.com">conceptboard.com</a>	<a href="https://lucidspark.com">lucidspark.com</a>	<a href="https://miro.com">miro.com</a>	<a href="https://mural.co">mural.co</a>
Anbieter	Bentimento GmbH, Deutschland	IBV Informatik, Beratungs und Vertriebs AG, Schweiz	Conceptboard Cloud Service GmbH, Deutschland	Lucid Software Inc., USA	RealtimeBoard Inc., USA	Tactivos Inc., USA
App für Android / iOS	– / –	– / –	– / –	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Account erforderlich Moderator / Besucher	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –
maximale Zahl registrierter Mitglieder kostenlos / Abo	– / 20	5 / unlimitiert	1 / über 250	1 / Preis pro Benutzer	unbegrenzt / Preis pro Nutzer	unbegrenzt / unbegrenzt
Serverstandorte	Deutschland (Hetzner)	Deutschland (Telekom), Niederlande + Schweiz (Microsoft)	Deutschland (Amazon), Web-Konferenzen: USA (Tokbox)	USA	Deutschland, Irland und USA	Argentinien und USA
Funktionsumfang						
Einladung per Link / E-Mail / QR-Code	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / –
Passwortschutz	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TN-Rechte: Bearbeiten / Kommentieren / Betrachten	✓ / – / –	✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓
Agenda erstellen	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ein TN folgt / alle TN folgen dem Moderator / Versammlung	– / –	✓ / ✓	– / ✓	– / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Abstimmungen	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Schrift: Größe / Schriftart / Farbe	– / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Übersichtskarte	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Objekte sperren / gruppieren	– / –	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Objekte für andere ausblenden	–	–	–	✓	✓	✓
zum gewählten Objekt zoomen	–	–	–	–	✓	✓
Chat / Videokonferenz	✓ / –	– / ✓	✓ / ✓	✓ / –	✓ / ✓	✓ / –
automatisches Protokoll	✓	–	–	–	–	–
Importformate	–	DOC, PDF, PPT, XLS, Bilder, Videos, eigenes Video aufnehmen	DOC, PDF, PPT, XLS, Bilder, Videos	CSV, Lucidchart, Bilder	DOC, PDF, PPT, XLS, Bilder	DOC, PDF, PPT, XLS, Bilder
Exportformate	PPTX, XLSX, DOCX	CSV, PDF, PNG	PDF, PNG	CSV, JPG, PDF, PNG, SVG, Lucidchart	CSV, JPG, PDF, Board-Backup	CSV, HTML, PNG, PDF
Testzeitraum	30 Tage	14 Tage	30 Tage	7 Tage	–	–
Lizenz-Empfehlung, für Beispielnutzer berechnet, Preis pro Monat						
1 Tutor, 20 Workshopteilnehmer	Premium: 36 €	Advanced: 10 € <sup>1</sup>	Premium: 6,25 €	Team: 35,70 €	Team: 11,90 US-\$	Team+: 14,28 US-\$
1 Team, 15 Mitgliedern	Premium: 36 €	Advanced: 150 € <sup>1</sup>	Premium: 93,75 €	Team: 178,50 €	Team: 178,50 US-\$	Team+: 214,20 US-\$
1 Team, 15 Mitglieder und 5 Gast-Nutzer	Premium: 36 €	Advanced: 150 € <sup>1</sup>	Premium: 125 €	Unternehmen: Preis auf Anfrage	Business: 375 US-\$	Business: 321,12 US-\$ <sup>1</sup>
Bewertung						
Funktionsumfang	⊕	○	⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕
Navigation	⊕⊕	⊕	○	○	⊕⊕	⊕⊕
Workflow	⊕⊕	⊕	○	⊕	⊕⊕	⊕⊕
Datenschutzerklärung	⊕⊕	⊕	⊕⊕	⊖⊖	⊖	⊖⊖
Preise pro Monat pro Nutzer	4 bis 36 €	kostenlos bis 10 € <sup>1</sup>	kostenlos bis 10 €	8,33 € bis 11,90 €	kostenlos bis 23,80 US-\$	kostenlos bis 21,42 US-\$
<sup>1</sup> nur Jahresabo ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ verfügbar – nicht verfügbar						



Bild: Thorsten Hübner

# Es bleibt schwierig

## Erste Erfahrungen und Tipps für Freelancer im Umgang mit dem neuen Statusfeststellungsverfahren

**Für die Beurteilung der Tätigkeit von Selbstständigen durch die Deutsche Rentenversicherung gibt es das sogenannte Statusfeststellungsverfahren. IT-Freelancern droht dabei die Einstufung als Arbeitnehmer, und Auftraggeber können zu hohen Nachzahlungen verdonnert werden. Seit April gelten neue Regeln für das Verfahren. Wir haben Experten um eine Einordnung und um Tipps zur Vermeidung von Fallstricken gebeten.**

Von Dorothee Wiegand

**O**b es sich bei der Arbeit eines Selbstständigen, beispielsweise eines IT-Freelancers, für einen Auftraggeber tatsächlich um eine selbstständige Tätigkeit handelt, das entscheidet hierzulande die Clearingstelle der Deutschen Rentenversicherung (DRV). Im Statusfeststellungsverfahren gemäß § 7a SGB IV urteilt die Clearingstelle darüber anhand von über 400 Kriterien. Sie prüft beispielsweise, ob der Freelancer Weisungen vom Auftraggeber erhält, ob er für geplante arbeitsfreie Tage einen Urlaubsantrag stellen und sich im Krankheitsfall krankmelden muss. Die Clearingstelle wird entweder auf Antrag tätig oder schaltet sich beim Verdacht auf Scheinselbstständigkeit oder im Rahmen einer Betriebsprüfung ein.

Das Verfahren soll etwa Taxifahrer oder Arbeiter im Schlachthof vor Ausbeutung und Altersarmut bewahren und generell Sozialbetrug verhindern. Es passe allerdings nicht recht zur Arbeitsrealität selbstständiger IT-Profis, sagen Kritiker. Die sogenannten „Wissensarbeiter“ haben sich in aller Regel bewusst und freiwillig für die Selbstständigkeit entschieden und möchten erklärtermaßen unabhängig arbeiten. Wenn die DRV sie unerwartet zu Angestellten macht, hat das weitreichende Auswirkungen auf ihren Lebensentwurf.

### Neue Regeln

Nun wurde das Verfahren grundlegend reformiert. Die Änderungen traten mit Wirkung zum 1. April 2022 in Kraft. Ziel der Reform: Das Statusfeststellungsverfahren



sollte einfacher und damit schneller durchführbar werden. Wer will, kann eine geplante Tätigkeit in der sogenannten „Prognoseentscheidung“ jetzt schon vorab prüfen lassen. Außerdem können Beurteilungen künftig nicht nur – wie bisher – für einen einzelnen, konkreten Arbeitseinsatz gelten, sondern darüber hinaus auch für gleichartige Aufträge desselben Auftraggebers. Dafür wurde die neue „Gruppenfeststellung“ eingeführt.

Neu ist auch die Berücksichtigung sogenannter „Dreiecksverhältnisse“. Häufig werden Freelancer von Personaldienstleistern vermittelt. Bisher prüfte die DRV das Verhältnis des Erwerbstätigen zum Auftraggeber und das Verhältnis des Erwerbstätigen zum Vermittler getrennt voneinander. Jetzt wird das Dreiecksverhältnis in nur einem Verfahren geklärt.

Eine weitere Neuerung trägt den rätselhaften Namen „Elementenfeststellung“. Dahinter verbirgt sich Folgendes: Die DRV stellt künftig nur noch den Tatbestand der abhängigen Beschäftigung fest. Ob Beitragszahlungspflichten und von der Versicherungspflicht abhängige Leistungsansprüche bestehen, müssen die Betroffenen nun selbst klären, durch Anfrage bei Krankenkasse oder Minijob-Zentrale.

Der Anspruch auf eine mündliche Anhörung im Rahmen eines Widerspruchs-

verfahrens wurde ebenfalls neu eingeführt. Einige der genannten Änderungen gelten probeweise und sind vorerst befristet bis zum 30. Juni 2027 in Kraft.

### Was bringt's?

Dr. Hartmut Paul ist Sachverständiger für Sozialversicherungsrecht und vertritt Unternehmen und Selbstständige verschiedener Branchen in sozialversicherungsrechtlichen Fragen. Er hat 421 Kriterien gezählt, die die Clearingstelle für ihre Beurteilungen heranzieht. „Etwa 40 Prozent davon sind harte Kriterien“, schätzt er, „Darauf können sich die Beteiligten einstellen und Vorsorge treffen, dass sie keinen Anlass für die Feststellung einer abhängigen Tätigkeit geben.“ Schwierig würde es bei den restlichen 60 Prozent. „An dieser Stelle wurde es versäumt, § 7a SGB IV tatsächlich zu reformieren“, kritisiert Paul. Aus seiner Sicht bleibt auch nach der Reform unklar, wer abhängig beschäftigt und wer selbstständig tätig ist: „Der Gesetzgeber schweigt weiterhin zu verbindlichen Kriterien und überlässt die Entscheidungsfindung auch künftig den Gerichten.“

Die neu eingeführten Verfahren bringen den Beteiligten aus Sicht von Paul nicht mehr Rechtssicherheit: „Die Prognoseentscheidung stellt eine hypothetische Beurteilung eines geschilderten Vorhabens dar. Sie besitzt aber keine Bindungswirkung, weil es ja letztlich auf die später tatsächlich gelebten Verhältnisse ankommt.“ Ähnlich kritisch sieht der Fachmann die Gruppenfeststellung. Diese schaffe keine Rechtssicherheit, solange nicht klar definiert sei, welche Abweichungen noch im Rahmen sind, „beispielsweise bei der Höhe des Honorars, der Arbeitszeit oder den Aufgabengebieten“.

Bei den neuen Regeln zu Dreiecksverhältnissen müsse man abwarten, wie die Clearingstelle damit umgeht. Auch den Anspruch auf eine mündliche Anhörung im Widerspruchsverfahren sieht Paul kritisch: „Zu diesem Zeitpunkt steht die Entscheidung der Behörde ja schon fest und erfahrungsgemäß ist nur wenig Zeit für Gespräche.“

Die Elementenfeststellung steht nach Pauls Überzeugung im Widerspruch zum ursprünglichen Ziel der Reform, das Statusfeststellungsverfahren einfacher und schneller zu machen. „Vorher hatten wir einen Bescheid von der Clearingstelle, die bis zum 31. März ja auch feststellte, ob jemand sozialversicherungspflichtig ist.

## c't kompakt

- In einem sogenannten Statusfeststellungsverfahren kann die Deutsche Rentenversicherung Bund prüfen, ob es sich bei der Arbeit eines Freelancers tatsächlich um eine selbstständige oder um eine abhängige und damit versicherungspflichtige Tätigkeit handelt.
- Seit dem 1. April 2022 gelten für die Statusfeststellung neue Regeln, unter anderem sind neuerdings Vorabprüfungen und Gruppenfeststellungen möglich.
- Arbeitsrechtler und Personalvermittler sehen gute Ansätze im überarbeiteten Verfahren, vermissen aber weiterhin handfeste Beurteilungskriterien und kritisieren die daraus resultierende Rechtsunsicherheit.

Jetzt haben wir zwei Bescheide. Denn seit dem 1. April stellt die DRV ja nur noch den Erwerbsstatus fest. Dann geht das Ganze an die Krankenkassen, die feststellen, ob die betreffende Person sozialversicherungspflichtig ist.“ Es läge auf der Hand, so Paul, dass das Verfahren so insgesamt komplizierter wird und länger dauert.

### Tipps für Freelancer

Ganz klar: Dass die Clearingstelle bei Verdachtsfällen gründlich hinschaut, dient in vielen Fällen dem Schutz von Menschen mit geringem Einkommen. Wer unfreiwillig selbstständig als Aushilfe am Bau oder in der Gastronomie arbeitet, hat keinen gesetzlichen Urlaubsanspruch und kein garantiertes Mindesteinkommen. Ist die Bezahlung gering, so sind diese Personen kaum in der Lage, fürs Alter vorzusorgen und Krankenversicherungsbeiträge zu zahlen.

Die Situation von IT-Freelancern ist völlig anders. Sie haben die Selbstständigkeit bewusst gewählt, verdienen in aller Regel gut und sorgen angemessen für ihr Alter vor. Wird ihre Tätigkeit in einem Statusfeststellungsverfahren beurteilt, so wünschen sie sich als Ergebnis die Bestätigung der Selbstständigkeit. Experten raten zu einer Reihe von Maßnahmen, um das Risiko einer gegenteiligen Entscheidung zu minimieren.

Quelle: Deutsche Rentenversicherung, Clearingstelle

4 Angaben zum Verwandtschaftsverhältnis

4.1 Sind Auftraggeber und Auftraggeber verheiratet, verwandt oder verschwägert oder besteht eine enge Lebensgemeinschaft oder eine sonstige Familienangehörigkeit (siehe Nachweise in Anlage beifügen)?

☐ ja, bitte weiter bei Ziffer 5

☐ ja, bitte beschreiben Sie das zu beurteilende Auftragsverhältnis auf der 'Anlage zum Antrag auf Feststellung des Erwerbsstatus für Mitarbeitende Angehöriger' (Vordruck C0033)

5 Bestätigung an einer Gesellschaft

5.1 Wird eine Tätigkeit als Gesellschafter-Geschäftsführer, Fremdgeschäftsführer oder Mitarbeitender Geschäftsführer einer GmbH ausgeübt?

☐ ja, bitte beschreiben Sie das zu beurteilende Auftragsverhältnis auf der 'Anlage 'Beschreibung des Auftragsverhältnisses zur Feststellung des Erwerbsstatus' (Vordruck C0031) und machen Sie zusätzliche Angaben zu den tatsächlichen oder beschriebenen Umständen der Vertragserfüllung, insbesondere zum Rahmen und den Vorgaben für die Auftragsausführung sowie zur Art und Weise der Zusammenarbeit

☐ ja, bitte beschreiben Sie das zu beurteilende Auftragsverhältnis auf der 'Anlage zum Antrag auf Feststellung des Erwerbsstatus für Gesellschafter / Geschäftsführer einer GmbH' (Vordruck C0032)

6 Angaben zur Vorbeschäftigung

6.1 Wurde vor der zu beurteilenden Tätigkeit eine abhängige Beschäftigung bei dem gleichen Auftraggeber ausgeübt?

☐ ja, bitte beschreiben Sie den Unterschied zur vorherigen Tätigkeit

7 Angaben zur Beteiligung Dritter (Dreiecksverhältnis)

7.1 Wird die zu beurteilende Tätigkeit in einem Dreiecksverhältnis für oder bei einem Dritten ausgeübt?

☐ ja, bitte Name und Anschrift aller weiteren Beteiligten angeben

Seite 3 von 9  
WS 2021/22  
März 2022

**Das neunseitige Hauptformular zum Beantragen einer Statusfeststellung verspricht den unwiderstehlichen Charme einer Steuererklärung.**



Auf der Website der Clearingstelle bezieht die DRV Stellung zu häufig vorgebrachter Kritik beziehungsweise „Irrtümern“ zum Statusfeststellungsverfahren.

Der erste Tipp lautet: Klar als Unternehmer auftreten. Dazu gehört es, deutlich zu machen, dass man das unternehmerische Risiko selbst trägt. Einen rundum seriösen Auftritt erreicht man mit einer gut gepflegten Website und einem professionellen Social-Media-Profil. Ein eigener Briefkopf und passende Visitenkarten runden die eigene Marke ab. Eine geschäftliche E-Mail-Adresse ist ebenfalls Pflicht – mit einem GMX-Account mit kryptischem Benutzernamen ist es nicht getan. Man sollte auch erwägen, eine eigene Kapitalgesellschaft zu gründen, beispielsweise eine GmbH oder eine UG (haftungsbeschränkt). Seine Dienste sollte man nicht nur auf der Website oder eventuell mit Flyern öffentlich anbieten, sondern konkrete Angebote an Auftraggeber archivieren.

Vorteilhaft ist es, parallel für mehrere Auftraggeber tätig zu sein. Wer in einem Kalenderjahr mehr als 5/6 des Umsatzes mit einem Auftraggeber erwirtschaftet, gilt als „arbeitnehmerähnlicher Selbstständiger“ und ist rentenversicherungspflichtig. Falls ein Freelancer vorübergehend nur für ein Unternehmen arbeitet, sollte deutlich werden, dass er auf der Suche nach weiteren Auftraggebern ist. Wenn ein Angestellter sich selbstständig macht und anschließend als Freelancer Aufträge des ehemaligen Arbeitgebers übernimmt, schauen Prüfer in der Regel besonders kritisch auf alle Details der Auftragsausführung.

Zwingend erforderlich ist ein Dienstvertrag. Er regelt beispielsweise, ob Arbeitsmittel des Auftraggebers genutzt werden. Gerade bei IT-Freelancern ist das oft unumgänglich, kann aber ebenfalls den

Verdacht der Scheinselbstständigkeit begründen. Daher empfiehlt es sich, eine Nutzungsgebühr zu vereinbaren. Keinesfalls darf ein Freelancer akzeptieren, in die Urlaubsplanung des Unternehmens einbezogen zu werden. Auch festgelegte Arbeitszeiten oder die Pflicht zum regelmäßigen Reporting dürfen nicht Bestandteil der Vereinbarung sein.

So wichtig ein korrekt abgefasster Dienstvertrag ist – am Ende zählt vor allem die gelebte Praxis zwischen Auftraggeber und -nehmer. So sollte man nachweisen können, dass die Tätigkeit nicht orts- oder zeitgebunden ausgeübt wird; dies lässt sich etwa durch Arbeitsprotokolle belegen. Beim Arbeitsort sind Freelancer auf der sicheren Seite, wenn sie ein eigenes Büro für sich und eventuelle Mitarbeiter nutzen, alternativ einen Raum in einer Bürogemeinschaft oder einem Co-Working-Space. Es spricht nichts dagegen, tageweise beim Auftraggeber vor Ort zu arbeiten, man sollte aber generell auf eine klare Abgrenzung achten. Dazu gehört es, keine Weiterbildungsangebote des Auftraggebers anzunehmen und im Zweifelsfall auch dem Sommerfest und der Weihnachtsfeier des Unternehmens fernzubleiben. Falls ein Freelancer über eine Telefondurchwahl oder eine E-Mail-Adresse des Unternehmens erreichbar ist, spricht das nicht für eine unabhängige Tätigkeit.

### Personalvermittler enttäuscht

„Das Thema Statusfeststellung ist ein Dauerbrenner seit über 20 Jahren“, sagt Carlos Frischmuth, Managing Director Compliant Sourcing beim Personalvermittler Hays. „Wenn man für einen Auftraggeber immer wieder arbeitet, liegt die

Frage nahe ‚Bin ich noch selbstständig?‘, aber das Feststellungsverfahren ist auch nach dem Update vom April nicht wirklich dazu geeignet, diese Frage zu klären.“

Der Reform sei ein langer politischer Dialog vorangegangen, berichtet Frischmuth. Die Selbstständigen-Interessenverbände hätten zum Beispiel die Prognoseentscheidung gefordert, die seit Inkrafttreten der neuen Regeln möglich ist. Andere Wünsche, allen voran die nach festen Kriterien – insbesondere Positivkriterien wie Vergütung – wurden nicht umgesetzt. Insgesamt, so der Experte, sei die Überarbeitung halbherzig ausgefallen. „Die Reform erfüllt nicht die Erwartungen des Marktes. Es sind ein paar gute Ideen eingeflossen, aber wir erwarten keine große Verbesserung.“

Nach wie vor lägen dem Verfahren Vorstellungen aus dem Industriezeitalter zugrunde. „Es ist doch nicht mehr so, dass der Externe mit seinem Koffer kommt und völlig unabhängig von den Abläufen beim Auftraggeber seine Arbeit verrichtet. Ein IT-Freelancer darf ja oft den eigenen Laptop gar nicht mit ins Unternehmen bringen, aus Sicherheitsgründen.“ Gerade der Arbeitsweise vieler IT-Experten werde das Verfahren nach wie vor nicht gerecht: „Da heißt es dann ‚Oh, der Scrum-Master, der ist aber sehr eng eingebunden – das tendiert sehr stark zu einer abhängigen Beschäftigung‘.“ Die naturgemäß eng eingebundene Mitarbeit in agilen Teams gelte oft schon als Beleg für Scheinselbstständigkeit.

Der Projekt- und Personaldienstleister Hays, in Deutschland Nummer eins beim Einsatz von IT-Experten, beschäftigt laut Frischmuth allein im sogenannten „Compliance Sourcing“ zehn Mitarbeiter. Diese in Fragen des Sozial- und Arbeitsrechts geschulten Spezialisten beraten einerseits ihre Kollegen im Haus und andererseits Kunden, die auf der Suche nach Verstärkung durch Selbstständige sind. „Wir arbeiten sehr viel an der Beurteilung von Aufträgen und haben ein Ampelsystem entwickelt, um diese einzustufen. Wenn da ‚Schwangerschaftsvertretung‘ steht, dann geht die Ampel auf rot. Dann raten wir dem Kunden, die Tätigkeiten als einzelne Bausteine zu beschreiben, für die passende Experten gesucht werden.“

### Weiche Umschreibung

Trotz einiger Änderungen und Ergänzungen der gesetzlichen Bestimmungen hat sich an der Situation rund um die Scheinselbstständigkeit durch die Reform nicht



viel geändert. So jedenfalls sehen es Kritiker des Verfahrens. Sie halten es nach wie vor für problematisch, dass allzu viele unscharfe Kriterien bei der Beurteilung verwendet werden.

Die Clearingstelle der DRV ist sich dieser Kritik offenbar durchaus bewusst. Auf ihrer Website findet sich zu der Frage, ob die Prüfkriterien für die Beurteilung moderner agiler Arbeitsformen überhaupt geeignet sind, folgende Erklärung: „Richtig ist, dass die Prüfkriterien für die Statusbeurteilung nicht statisch sind, sondern kontinuierlich fortentwickelt und konkretisiert werden.“ Weiter heißt es: „Der Gesetzgeber hat keine fixen Einzelmerkmale vorgegeben, sondern sich für die weiche Umschreibung eines Typus der Beschäftigung entschieden. Diese gesetzliche Regelungstechnik macht den Beschäftigungsbegriff flexibel und ist seine große Stärke gerade auch bei sich ändernden sozialen Strukturen.“

Viele Kritiker unterstellen der Rentenversicherung sogar, im eigenen Interesse bevorzugt eine abhängige Beschäftigung festzustellen. Dazu teilte uns die Clearingstelle auf unsere Anfrage hin mit: Der Vorwurf, die Deutsche Rentenversicherung profitiere von einer „Scheinselbstständig“-Entscheidung, geht fehl. Als Verwaltungsbehörde ist die Clearingstelle unmittelbar an die höchstrichterliche Rechtsprechung zur Abgrenzung von abhängiger Beschäftigung und selbständiger Tätigkeit gebunden und hält sich strikt an diese Vorgaben. Im Übrigen wird die Arbeit der Clearingstelle kontinuierlich durch die Gerichte und die zuständigen Aufsichtsbehörden geprüft. Dieser enge Rahmen schließt aus, dass die Clearingstelle eigenen Interessen verfolgt.“

Auf unsere Frage nach dem Ausgang der in der Vergangenheit durchgeführten Feststellungsverfahren erhielten wir Zahlen zu den entweder von Auftraggebern oder von Auftragnehmern beantragten Feststellungen in den Jahren 2016 bis 2021. Dies waren pro Jahr zwischen 21.300 und 22.600 Verfahren. Die Zahl der Fälle, in denen eine selbstständige Tätigkeit erkannt wurde, lag in diesen Jahren zwischen 56 und 65 Prozent. Allerdings sind in dieser Statistik keine Feststellungen aus Betriebsprüfungen enthalten. „Eine Statistik über Betriebsprüfungen liegt nicht vor“, so die Auskunft der Clearingstelle.

### Kein Run auf Vorabprüfung

„Wir haben regelmäßig mit Statusfeststellungsverfahren zu tun“, berichtet Andreas Müller, Director Legal, Contract Manage-

ment, Operations beim Personalvermittler GULP. Sein Unternehmen ist in Deutschland und in der Schweiz tätig. Mit den neuen Regeln aus der jüngsten Reform des Verfahrens hat Müller „noch keine besonderen Erfahrungen gemacht“. Nur ganz selten komme es vor, dass ein Auftraggeber Wert darauf legt, dass die Auftragnehmer die Vorabprüfung bei der DRV beantragen. „Was wir definitiv nicht erlebt haben: ein Run der Freelancer auf die Vorabprüfung“, so Müller. Deren Mehrwert sieht er auch als gering an. „Die vorab getroffene Entscheidung kann sich ja jederzeit ändern, auch nachträglich. Und gerade in der IT ändert sich an den Tätigkeiten doch ständig etwas.“ So herrscht auch aus Sicht dieses Vermittlers weiterhin große Unsicherheit.

„Die Ideen, die der Reform zugrunde liegen, sind gut“, betont Müller. „Gerade die Möglichkeit zur Vorabprüfung ist sinnvoll, wurde aber nicht gut gelöst“. Weil eine solche vorab durchgeführte Prüfung immer nur für den einzelnen Einsatz im Rahmen von einem ganz konkreten Auftrag gelte, überfordere das Verfahren die Freelancer mit Papierkram und vielen Fallstricken. „Das sind ja keine Juristen – das sind IT-Berater!“

Dennoch lautet Müllers Rat an jeden Freelancer, sich intensiv mit dem Thema zu beschäftigen. Sobald sie vom Auftraggeber Weisungen bekommen oder in interne Strukturen eingebunden werden sollen, müssten sie das Thema unverzüglich ansprechen. Fehler passierten aus Unwissenheit, nicht aus Vorsatz. Die Klärung müsse rasch erfolgen, bevor Fakten geschaffen werden, die die DRV in einer

Nachprüfung als Indiz für eine abhängige Beschäftigung werten könnte.

Die Auftraggeber würden wegen der drohenden Nachzahlungen auch nach der Reform das Hauptrisiko tragen, meint Müller. „Wir haben schon Kunden gehabt, die gar keine Freelancer mehr beschäftigen wollten, weil ihnen die Rechtsunsicherheit zu groß wurde“, berichtet Müller. Sein Rat an Auftraggeber ist es jedoch nicht, die Freelancer abzubauen, sondern sichere Prozesse zu etablieren. „Wir stellen auch fest, dass solche Kunden nach fünf Jahren wiederkommen.“ Mitunter sei die Nachfrage daher „sinuskurvenartig“. Häufig habe vor der Rückkehr des Kunden eine Unternehmensberatung festgestellt, dass der Firma die Expertise der Externen fehle.

### Fazit

Es sind vor allem eindeutige, nachvollziehbare Kriterien, die sich Freelancer, Auftraggeber und Personalvermittler vom Gesetzgeber wünschen. Auch wenn gute Ideen in die Reform des Statusfeststellungsverfahrens eingeflossen sind – diese wichtigste Forderung der Selbstständigenverbände und Unternehmen erfüllt das neue Regelwerk nicht.

Freelancern, die gern weiter selbstständig arbeiten möchten, und Auftraggebern, die die Expertise dieser Selbstständigen nutzen wollen, bleibt oft nur der Weg zum Spezialanwalt, um sich bestmöglich beraten zu lassen und die Fallstricke des Statusfeststellungsverfahrens zu vermeiden.

(dwi@ct.de) **ct**

**Formulare der DRV, Infos und Stellungnahmen zum Verfahren: [ct.de/y7h1](https://ct.de/y7h1)**



**Der „Bundesverband für selbstständige Wissensarbeit“ macht immer wieder mit öffentlichen Aktionen auf die Anliegen von Freiberuflern aufmerksam.**

# „Keine falsche Bescheidenheit!“

## Freelancer wünschen sich mehr Sicherheit bei der Statusfeststellung

**Selbstständigenverbände fordern mehr Klarheit im sogenannten Statusfeststellungsverfahren, das die Deutsche Rentenversicherung (DRV) auf Antrag oder in Verdachtsfällen der Scheinselbstständigkeit durchführt. Der VGSD vertritt viele IT-Selbstständige in Deutschland – Vorstand Andreas Lutz gibt Tipps und stellt Forderungen.**

Von Dorothee Wiegand

**c't: Was ist im Hinblick auf das Statusfeststellungsverfahren Ihr wichtigster Rat an Selbstständige?**

**Dr. Andreas Lutz:** Keine falsche Bescheidenheit! Ich würde Selbstständigen raten, ruhig etwas größer aufzutreten, als sie sind: auch als Einzelunternehmer gern mit einem zusätzlichen Fantasienamen und entsprechender Mailadresse. Briefpapier mit Logo ist empfehlenswert, denn die

Rentenversicherung prüft anhand der Rechnungen, ob man unternehmerisch auftritt. Auch lohnt sich die Investition, Rahmenvertrag und Auftragsprozedere mit einem Sozialrechtler zu prüfen.

**c't: Welche Fallstricke gibt es für ITler?**

**Lutz:** Gerade ITler neigen zum Beispiel bei der Rechnungsstellung dazu, sehr genaue Angaben zu den einzelnen erbrachten Leistungen zu machen, mitunter sogar minutengenau. Die Rentenversicherung schließt aus solch exakten Zeitangaben regelmäßig, dass der Auftraggeber den Selbstständigen besonders eng überwacht – was wiederum als Indiz für eine abhängige Beschäftigung gewertet wird.

**c't: Raten Sie dazu, freiwillig ein Statusfeststellungsverfahren zu beantragen?**

**Lutz:** Nein. Jedenfalls nicht, ohne den Rat eines Rechtsanwalts eingeholt zu haben, auch nicht ohne Absprache mit dem Auftraggeber, sonst ist man den Auftrag los.

**c't: Wie viel Sicherheit gibt ein positiver Bescheid?**

**Lutz:** Das Problem ist, dass sich ein Bescheid, in dem die selbstständige Tätigkeit festgestellt wird, weder auf die Person noch auf deren Tätigkeit bezieht, sondern immer nur auf einen einzelnen Auftrag. Für künftige Aufträge geben sie also gar keine Sicherheit. Das würden wir uns wünschen: Dass beispielsweise ein SAP-Berater eine Feststellung für alle seine Tätigkeiten als SAP-Berater erhält. Aber die DRV behält sich vor, immer wieder neu und auch rückwirkend anders zu urteilen.

**c't: Ist es nicht richtig, wenn die DRV der sozialen Absicherung einen hohen Stellenwert beimisst?**

**Lutz:** Zum einen: Selbstständige wollen selbst entscheiden, ihr Wissen weitergeben, für unterschiedliche Auftraggeber arbeiten. Ich wünsche mir mehr Respekt vor dieser Lebensentscheidung.

Zum anderen sind die Selbstständigen gerade in der IT für die gesamte Wirtschaft

sehr wichtig. Sie tragen neues Wissen in Unternehmen und mildern den Fachkräftemangel. Wenn Know-how fehlt, sagen wir Kenntnisse einer Programmiersprache, dann

müsste ein Unternehmen Mitarbeiter erst auf Fortbildung schicken – der Skill wird aber sofort benötigt. Selbstständige füllen solche Lücken.

**c't: Wie lauten Ihre Forderungen an die Politik?**

**Lutz:** Aus unserer Sicht sollte nicht die DRV entscheiden, sondern eine Partei ohne Interessenkonflikte. Inhaltlich wünschen wir uns klare Kriterien für die Selbstständigkeit. Nach wie vor wird die Honorarhöhe nicht als Kriterium herangezogen – das halten wir für falsch. Das Verfahren selbst sollte digital abgewickelt werden, gerne mit einem Online-Schnelltest. Bescheide sollten Rechtssicherheit geben und bis zu einer Nachprüfung gelten.

Ganz wichtig: Solange die Rechtslage so unsicher ist, dürfen die Sanktionen nicht so drastisch ausfallen. Diese Praxis führt mitunter zu Insolvenzen und dazu, dass große Unternehmen Selbstständige in Deutschland nur noch eingeschränkt beauftragen können. Das gefährdet die dringend nötige Transformation unserer Wirtschaft.

(dwi@ct.de) **ct**



Bild: VGSD e. V.

**Dr. Andreas Lutz ist Vorstandsvorsitzender des Verbands der Gründer und Selbstständigen Deutschland e. V..**



# „Im Zweifel keine Statusfeststellung beantragen“

## Die Beurteilung Selbstständiger braucht nachvollziehbare Kriterien

**Michael Felser vertritt als Anwalt sowohl Auftragnehmer, darunter viele IT-Freelancer, als auch Auftraggeber. Entscheidungen der Deutschen Rentenversicherung (DRV) darüber, ob die Tätigkeit eines Freelancers tatsächlich selbstständig ist, kann er häufig nicht nachvollziehen und wünscht sich klarere Kriterien.**

Von Dorothee Wiegand

**c't: Wie lautet Ihr wichtigster Rat an Selbstständige?**

**Michael Felser:** Prüfen, ob die Gründung einer GmbH sinnvoll ist – auch wirtschaftlich. Im Zweifel keine Statusfeststellung beantragen, das ist in meinen Augen fast immer Selbstmord aus Angst vor dem Tod. Und natürlich: vorher immer eine Beratung durch spezialisierte Anwälte.

**c't: Häufig wird gesagt, dass man sich nach einem Statusfeststellungsverfahren ins Unternehmen „einklagen“ kann. Wie realistisch ist so ein Szenario?**

**Felser:** In der IT-Branche ist das wegen der Höhe der Stundensätze eher unrealistisch. Zum einen sind die Arbeitsgerichte weit- aus großzügiger als die Sozialgerichte, wenn es um die Akzeptanz von Selbstständigkeit geht. Zum anderen kann die Klage vor dem Arbeitsgericht zur Rückforderung von Honorarzah- lungen führen, die über dem Gehalt eines ver-

gleichbaren Arbeitnehmers in dem Unternehmen liegen. Das Bundesarbeitsgericht ist sogar der Ansicht, dass es für die Rückforderung der Differenz ausreicht, wenn ein Selbstständiger in einem Statusfeststellungsverfahren behauptet, er sei weisungsabhängig beschäftigt gewesen.

**c't: Was hat die Reform gebracht?**

**Felser:** Für die DRV ist es eine echte Entlastung: Sie muss nicht mehr prüfen, in welchen Zweigen – also: Kranken-, Pflege-, Arbeitslosen- und Rentenversicherung – eine Versicherungspflicht besteht. Ansonsten sind die Neuregelungen, beispielsweise die Verbindlichkeit der Gruppenfeststellung, schwammig, sodass Unternehmen sich auf entsprechende Bescheide nicht sicher verlassen können. Gut ist, dass man die Prüfung bereits vor Aufnahme der Beschäftigung starten kann. Die strukturellen Schwächen des Verfahrens wurden aber nicht beseitigt.

**c't: Wie bewerten Sie die Aussichten im Fall einer Klage gegen eine Feststellung von Scheinselbstständigkeit?**

**Felser:** Für Auftraggeber und Auftragnehmer ist es in der Regel keine sinnvolle Option, gegen einen negativen Bescheid zu klagen, selbst wenn dieser offensichtlich fehlerhaft ist. Die Klärung im Gerichtsverfahren dauert erstinstanzlich zwischen 1,5 und 6 Jahren. Keine Zusammenarbeit kann so lange auf eine objektivere Beurteilung des Status warten. Wenn ein Unternehmen klagt und parallel dazu den Auftragnehmer weiter selbstständig beschäftigt, dann kann es eventuell passieren, dass der Richter später sagt „Was? Sie



Bild: privat

**Rechtsanwalt Michael Felser berät Mandanten im Arbeitsrecht, bei Scheinselbstständigkeit und im Vertragsrecht.**

haben die Person trotz eines negativen Bescheids sechs Jahre lang weiter beschäftigt? Das ist ja schon Vorsatz.“

**c't: Welche Reformen sind aus Ihrer Sicht notwendig?**

**Felser:** Die Beurteilung Selbstständiger darf nicht willkürlich erfolgen, sondern braucht klar nachvollziehbare Kriterien. Das Arbeitsministerium sollte endlich die seit 2012 schon von Ursula von der Leyen geplante Altersvorsorge für Selbstständige über die Bühne bringen! Das würde eine objektivere Betrachtung der Soloselbstständigen ermöglichen.

**c't: Und wenn alles so weiterläuft wie bisher?**

**Felser:** Viele jüngere Geistesarbeiter denken ernsthaft darüber nach, nur noch aus dem Ausland zu arbeiten – die Digitalisierung macht es möglich. Derzeit haben wir einen Wettbewerb der Leistungssysteme mit entsprechender Zuwanderung, aber in dem wegen des Fachkräftemangels zu erwartenden künftigen Wettbewerb der Beitragssysteme wird Deutschland sehr schlechte Karten haben. (dwi@ct.de) **ct**

**»Die Statusfeststellung beantragen, das ist fast immer Selbstmord aus Angst vor dem Tod.«**

# Für Wissenshungrige...

## Ausgewählte Fachliteratur



Uwe Post

**Besser Coden (2. Auflage 8/21)**

Punkten Sie mit besserem Code: performant, verständlich, wartbar. Mit einer ordentlichen Prise Humor und viel Projekterfahrung zeigt der Autor, worauf es bei erfolgreichen Software-Projekten wirklich ankommt.

29,90 €

NEU



Christian Szidzek

**Datenschutzgrundverordnung für dummies**

Diese leicht verständliche Einführung mit vielen Praxisbeispielen erläutert die Anforderungen, die die DSGVO mit sich bringt, und unterstützt Sie bei der Entwicklung und Umsetzung eines sinnvollen Datenschutzmanagements.

27,00 €

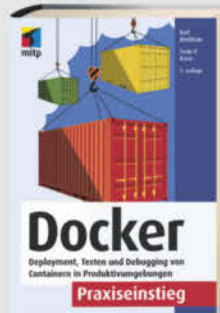


Barbara Wimmer

**Hilfe, ich habe meine Privatsphäre aufgegeben!**

Wie uns Spielzeug, Apps, Sprachassistenten und Smart Homes überwachen und unsere Sicherheit gefährden. Dieses Buch zeigt Ihnen, was Apps und vernetzte Geräte alles über Sie wissen, was mit Ihren Daten geschieht und wie Sie sich und Ihre Privatsphäre im Alltag schützen können.

16,99 €



Karl Matthias, Sean P. Kane

**Docker Praxiseinstieg (2. Aufl.)**

Lernen Sie, wie Sie Docker-Images Ihrer Anwendungen erstellen, testen und deployen sowie skalieren können, und wie Sie die Container in der Produktivumgebung pflegen und warten. Die Einrichtung und das Testen von Docker-Anwendungen kommen ebenso zur Sprache wie das Debugging eines laufenden Systems.

25,99 €



Wolfgang Rau

**Fotorecht (4. Auflage)**

Das Standardwerk in 4. Auflage. Inklusive EU-Drohnenverordnung 2021! Darf ich das fotografieren? Darf ich das Foto veröffentlichen? Wolfgang Rau sagt Ihnen, was geht und was nicht.

39,90 €



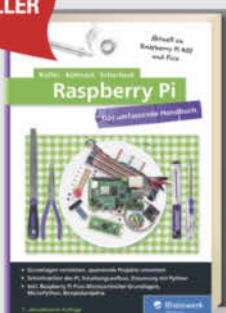
Brian W. Kernighan

**Die UNIX-Story**

Ein Betriebssystem, das die IT-Welt am Laufen hält! Brian W. Kernighan war in der Entwicklung von UNIX beteiligt. In diesem kurzen Band erzählt er eine umfassende Geschichte des äußerst einflussreichen und weit verbreiteten Betriebssystems und erzählt aus einer persönlichen Perspektive von den Anfängen.

24,90 €

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 €



Simon Monk

**Der Maker-Guide für die Zombie-Apokalypse**

Bereiten Sie sich vor: mittels 20 Survival-Projekten mit einfacher Elektronik, Arduino und Raspberry Pi werden Sie Ihren eigenen Strom erzeugen, unverzichtbare Bauteile vor dem Zombie-Zugriff retten und lebensrettende Elektronikschaltungen bauen, um Untote aufzuspüren.

24,90 €



shop.heise.de/highlights2022

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS





## Zubehör und Gadgets



### ParkLite

ParkLite denkt mit. Die elektronische Parkscheibe stellt automatisch nach ca. 20 Sekunden die Parkzeit ein. Damit ist

Schluss mit Bußgeldern! Hitze- und kältebeständig, inklusive Reinigungstuch und Klebepads.

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 €

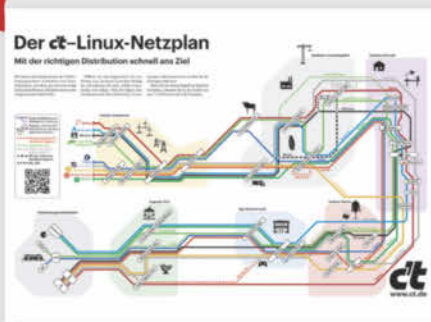


### musegear® finder Version 2

Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24,90 €

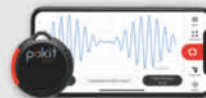
NEU



### 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 €



### 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 €

BEST-SELLER



### 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 Keramik tasse, außen mattschwarz 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 €



### 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.

39,90 €



### „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 €

# Grundlagen UFS-Speicher

## Details und Hintergründe zu Universal Flash Storage

**Viele moderne Smartphones nutzen den Standard Universal Flash Storage (UFS) zur Anbindung des Flash-Speichers an die CPU. Das kommende UFS 4.0 dürfte in der Smartphone-generation 2023 für noch mehr Speed sorgen.**

Von Lutz Labs

MicroSD-Karten zur Speichererweiterung von Smartphones sind vielen Anwendern vertraut, doch wie der interne Massenspeicher des Smartphones aufgebaut ist, bleibt häufig im Dunkeln. In High-End-Smartphones kommt zunehmend der UFS-Standard zum Einsatz. UFS, Universal Flash Storage, ist eine Spezifikation der UFS Association (UFSA, [ufsa.org](https://ufsa.org)), in der sich Flash-Produzenten, Controller-Entwickler und weitere Chiphersteller zusammengeschlossen haben. Zu den bekanntesten Mitgliedern gehören Samsung, Western Digital und Nvidia.

### Nachfolger von eMMC

Früher kam in Smartphones häufig Speicher nach dem eMMC-Standard zum Einsatz, dessen Interface sich an SD- beziehungsweise MicroSD-Karten orientiert. Die letzte Version eMMC 5.1 erreichte maximal 400 MByte/s – für aktuelle Anforderungen zu langsam. Die erste UFS-Version von 2011 kam bereits auf 300 MByte/s, schon Version 2.0 von 2013 schaffte mit 600 MByte/s mehr als heutiges eMMC – und zudem führte die UFSA damals eine zweite Lane ein, sodass die maximale theoretische Datenübertragungsrate bei 1,2 GByte/s lag. UFS arbeitet bidirektional, kann also auf jeder Lane gleichzeitig mit der Maximalgeschwindigkeit lesen und schreiben. Ein weiterer Vorteil gegenüber eMMC: UFS unterstützt Command Queuing. Treffen mehrere Zugriffe quasi-parallel ein, kann der Flash-

Controller die Reihenfolge optimieren, um mehrere interne Chips parallel anzusteuern. Vorteilhaft ist das vor allem für Multitasking-Betriebssysteme, auf denen mehrere Apps gleichzeitig laufen.

Aktuelle Smartphones arbeiten meist mit der UFS-Version 3.0 von 2018 oder der nur geringfügig veränderten Version 3.1 von 2020. Die maximale Datenrate liegt bei den 3er-Versionen mit ebenfalls zwei Lanes bei 2,9 GByte/s, mit 3.1 wurde vor allem der Zugriff auf zufällige Adressen beschleunigt. In der Praxis erreichen die Smartphones dann maximal 2 GByte/s, so wie das Huawei P50 Pocket, der aktuelle Spitzenreiter in unseren Smartphone-Messungen; das Xiaomi Mi 11 folgt mit 1,9 GByte/s dicht dahinter.

Bei Zugriffen auf zufällige Adressen ist UFS 3.0 kaum langsamer als eine SATA-SSD: Bis zu 100.000 IOPS soll die Schnittstelle beim Lesen erreichen, beim Schreiben sind es rund 70.000. Die Kapazitäten von UFS-Chips reichen aktuell bis zu 1 TByte.

UFS 4.0 steht in den Startlöchern, zumindest irgendwie. Während auf der Website der UFSA noch keine Informationen zur neuen Version zu finden sind und Kioxia einen doppelt schnellen UFS-Speicher vorstellt, ihn aber nicht 4.0 nennt, prescht Samsung vor und wirbt mit der Version 4.0 für seinen neuen UFS-Chip. Beim Lesen soll er 4,2 GByte/s erreichen, beim Schreiben verspricht Samsung 2,8 GByte/s.

### MIPI, M-Phy und UniPro

Ob UFS 4.0 nun bereits offiziell ist oder nicht, die technischen Spezifikationen sind bekannt. UFS nutzt seit jeher eine standardisierte Schnittstelle namens M-Phy, die PCI Express ähnelt, aber speziell für die Anwendung in Mobilgeräten entwickelt wurde. Dahinter steckt die Mobile Industry Processor Interface Alliance (MIPI Alliance, [mipi.org](https://mipi.org)), ein 2003 unter anderem von ARM, Intel, Nokia und Samsung gegründeter Verband, in dem mittlerweile rund 330 Unternehmen vertreten sind [1].

M-Phy lässt sich wie PCI Express zur Erhöhung der Datenrate bündeln; es kommt

nicht nur in Smartphones zum Einsatz, sondern auch in Embedded Systems. Es ist jedoch nur für sehr kurze Entfernungen ausgelegt und nutzt zur Erhöhung der Störsicherheit eine differenzielle Datenübertragung. Die Technik benötigt neben den Datenleitungen noch eine Leitung, die den Takt für die Verbindung vorgibt. Der Takt ist variabel, ein niedriger Takt erlaubt einen energiesparenden Betrieb. Auf M-Phy setzt mit UniPort-Mein Protokoll auf, welches für den Datentransfer zuständig ist.

Ende 2021 fügte die MIPI Alliance mit der M-Phy-Version 5.0 eine weitere Taktfrequenz hinzu, im MIPI-Jargon ist von Hochgeschwindigkeitsgängen die Rede (High Speed Gears). Der neue fünfte Gang arbeitet mit 23,32 Gbit/s, dem Doppelten der Version 4.0 – und damit schließt sich der Kreis zu UFS 4.0: Kioxia und Samsung verwenden in ihren schnelleren UFS-Bausteinen bereits M-Phy 5.0; die Marketingabteilung von Samsung aber wirbt bereits mit dem noch nicht verabschiedeten Standard UFS 4.0. Im dritten Quartal 2022 will Samsung mit der Massenproduktion von Chips starten, daher dürfte der Standard kurz vor der Veröffentlichung stehen.

### UFS als Wechselspeicher

Die UFS-Hüter hatten ursprünglich auch einmal einen Wechselspeicher nach UFS-Standard vorgesehen. Samsung soll 2016 in einige Geräte einen Slot eingebaut haben, der sowohl MicroSD- als auch UFS-Karten aufnehmen konnte – UFS-Karten sind jedoch nie im Handel angekommen.

Smartphones binden weiterhin die im Vergleich eher langsamen MicroSD-Karten an, sofern sie überhaupt einen Slot für eine Speichererweiterung besitzen. UFS-Kärtchen würden vor allem für einen schnelleren App-Start sorgen, da sie beim Zugriff auf zufällige Adressen fast die 50-fache Geschwindigkeit erreichen.

(ll@ct.de) 

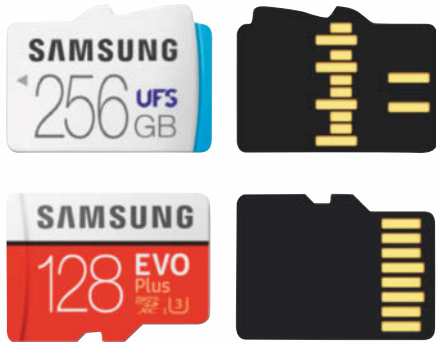
### Literatur

- [1] Christof Windeck, Chip-Schnittstellen, Standard-Interfaces der MIPI Alliance für Smartphones und Embedded Systems, c't 14/2020, S. 128



## Universal Flash Storage

UFS ist ein Standard für Speicherbausteine, der vor allem in Smartphones zum Einsatz kommt. Er vereint Flash-Speicher und Controller sowie eine schnelle Schnittstelle.



MicroSD- und UFS-Karten sind zwar fast gleich groß, die Haken sitzen jedoch auf verschiedenen Seiten und vor allem sind die Anschlüsse unterschiedlich. Samsung hat dennoch einmal Slots in seine Galaxy-Smartphones eingebaut, die beide Karten aufnehmen konnten. UFS-Karten sind im Handel nicht erhältlich.

Bild: Samsung

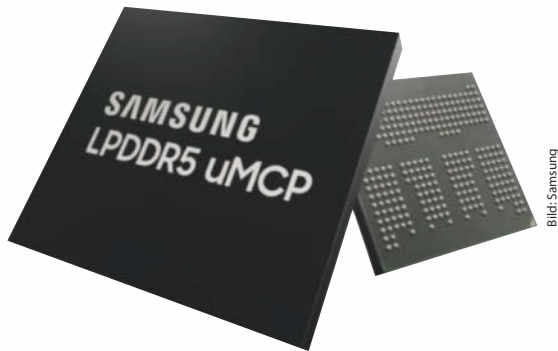


Bild: Samsung

Noch etwas mehr Platzersparnis in engen Smartphones bringt die Integration von LPDDR5-DRAM in UFS-Chips. Samsung nennt seine Kombination uMCP, UFS-based multichip package.

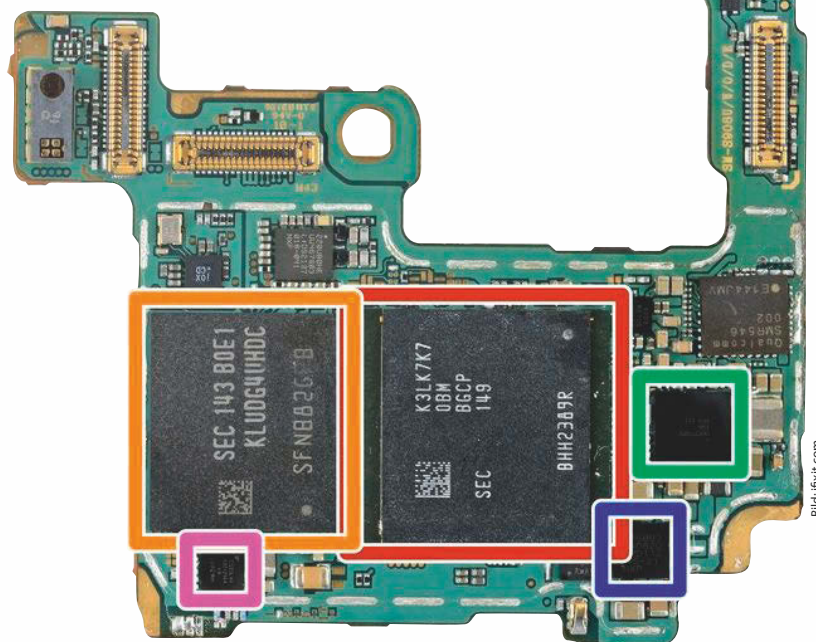


Bild: ifixit.com

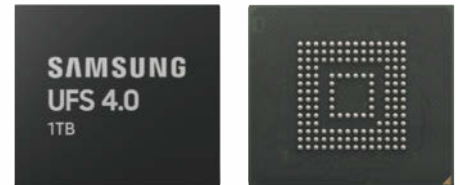
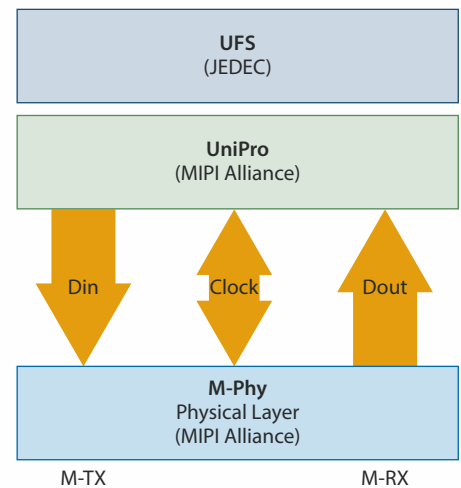


Bild: Samsung

Samsung will im Herbst mit der Massenproduktion von UFS-4.0-Chips starten, doch noch ist diese Version gar nicht veröffentlicht. Die maximale Speicherkapazität eines UFS-Chips beträgt derzeit 1 TByte.



Die schnelle Anbindung des UFS-Speichers funktioniert nur im Zusammenspiel mehrerer Standards und Standardisierungsorganisationen.

### High-Speed Gears M-Phy

Stufe	Rate A (Medium Speed) [Gbit/s]	Rate B (High Speed) [Gbit/s]
1	1,248	1,4576
2	2,496	2,9152
3	4,992	5,8304
4	9,984	11,6608
5	19,968	23,3216

Der Flash-Speicher nimmt in einem Samsung Galaxy S22 fast genauso viel Platz ein wie die CPU: Im orange eingefassten Samsung KLUDG4UHDG-B0E1 stecken 128 GByte NAND-Flash mit UFS-3.1-Anschluss, rechts daneben im roten Rahmen der Achtkernprozessor Qualcomm Snapdragon SM8450.



Bild: KIT

# Was wäre wenn?

## Klima, Pandemien, Katastrophen: Wie Simulationen Entscheidern helfen

**Ein Pandemie-Cockpit informiert Bürgermeister nicht nur, sie können damit auch Schulschließungen oder eine Maskenpflicht simulieren und die Auswirkungen sofort sehen. Andere Simulationstools helfen, die Folgen des Klimawandels vor Ort einzuschätzen oder Notlagen im Krisenstab zu üben. Sind wir damit künftig besser für den Ernstfall gewappnet?**

Von Arne Grävemeyer

**L**angfristige Entwicklungen wie der Klimawandel oder kurzfristige Schadensereignisse, etwa Stürme und Überflutungen, fordern Planer und Krisenmanager heraus. Ebenso verlangt eine Pandemie schnelle Entscheidungen. Forschungsinstitute und daraus ausgegründete Start-ups setzen komplexe Modelle ein, um die Folgen von Katastrophen zu simulieren. Mit diesen Szenarien lassen sich Schlüsse ziehen, Vorbereitungen treffen und Krisenpläne aufstellen.

Angesichts der Corona-Pandemie haben viele Kommunen Krisenstäbe gebildet. Dort fragt man sich Woche für Woche, welche Maßnahmen den größten Erfolg gegen hohe Infektionszahlen versprechen. Jede Anordnung von Auflagen kann hitzige Diskussionen nach sich ziehen. Im Projekt AScore haben Forscher des

DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) an der Universität Trier ein Pandemie-Management-Cockpit entwickelt, das Landräten und Krisenmanagern schnell einen Überblick über die aktuelle Infektionslage verschaffen kann, derzeit aber noch nicht im Einsatz ist.

### Jede Ansteckung berechnet

Das Tool ist in enger Kooperation mit den Stadtverwaltungen Kaiserslautern und Trier entstanden. Die meisten der verwendeten Daten sind öffentlich zugänglich, etwa die Inzidenzen oder die Auslastung der Krankenhäuser. Hinzu kam Expertenwissen aus dem Umfeld des Oberbürgermeisters und dem Katastrophenschutz. Herzstück ist eine agentenbasierte Sozialsimulation, die das Verhalten der über 100.000 Einwohner Kaiserslauterns einzeln nachbildet. Das System simuliert jeden Schüler, Berufstätigen und Rentner als digitalen Zwilling, ordnet ihnen unterschiedliche Freundes- und Arbeitskreise zu, berücksichtigt die Homeoffice-Nutzung, den öffentlichen Nahverkehr sowie die Impfquote und prognostiziert Ansteckungsfälle. Ihr System könne die Zahl der digitalen Zwillinge entsprechend der zu betrachtenden Bevölkerungsgröße auf mehrere Millionen hochskalieren, schreibt das Team der DFKI-Forscher unter der Lei-



tung von Ingo Timm. Zudem bildet AScore soziale Treffpunkte wie etwa Supermärkte, Sportstudios und Kinos ab und modelliert dortige Treffen lokaler Anwohner.

Durch die Simulation des Verhaltens der Bevölkerung ist AScore in der Lage, Prognosen zum kommenden Infektionsgeschehen bezogen auf unterschiedliche politische Entscheidungen zu erstellen. Krisenmanager können damit Was-wäre-wenn-Fälle durchspielen. So dämmte beispielsweise der Wechselunterricht in der Simulation die Ausbreitung von Covid ebenso gut ein wie eine komplette Schulschließung. Die agentenbasierte Sozialsimulation zeigte, dass sich die Schüler ohne Unterricht in verstärktem Maße außerhalb der Schule treffen und infizieren würden. Zudem sinkt die Infektionswahrscheinlichkeit bei verkleinerten Klassen und Infektionsketten brechen schnell ab. Ebenso lassen sich die Auswirkungen anderer Entscheidungen wie die Wiedereröffnung von Baumärkten, Restaurants, Schwimmbädern oder Diskotheken auf das Infektionsgeschehen vergleichen. Eine große Chance offenbarte die Simulation unterschiedlicher Homeoffice-Raten. Durch eine Verringerung der durchschnittlichen Arbeitskontakte von vier auf einen stagnierte die Zahl der Infizierten schnell, die Infektionsdynamik schwächte sich ab.

Um die Simulation auf andere Städte oder Landkreise zu übertragen, braucht man Datenschnittstellen beispielsweise für die Bevölkerungsstruktur, den öffentlichen Nahverkehr und das Gesundheitssystem, erklärt DFKI-Forscher Alexander Schewerda. Um AScore an andere Pande-

mien anzupassen, existieren bereits Einstellungsmöglichkeiten für unterschiedliche Coronavirusvarianten und die damit verbundenen Übertragungsraten. Andere Krankheiten lassen sich abhängig von der Art ihrer Übertragung mit wenig Aufwand implementieren.

### Lokales Klima

Viel langfristiger als die jüngste Pandemie hat sich der Klimawandel aufgebaut, der Planer heute vor Herausforderungen stellt. Es geht dabei um ganz unterschiedliche praktische Fragen: Wo soll man einen neuen Firmensitz ansiedeln, um Umweltgefahren möglichst aus dem Weg zu gehen? Wie weit könnte der Rheinpegel künftig absinken und was bedeutet das für die Transportkosten? Welche Pflanzen können angesichts des lokalen Klimas in Zukunft widerstandsfähig gedeihen?

Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) nutzt Rechenkapazitäten in Hamburg, Karlsruhe und Stuttgart für hochaufgelöste Klimamodellierungen, die mehrere Jahrzehnte in die Zukunft reichen. Dazu teilen die Forscher die Flächen des Erdballs in Quadrate mit einer Kantenlänge von 25 Kilometern auf, für die sie jeweils ein eigenes Klima errechnen. Zudem berücksichtigten sie die Atmosphäre bis mindestens 20 Kilometer Höhe, aufgeteilt in etwa 50 unterschiedliche Schichten.

„Am Süddeutschen Klimabüro des KIT verfeinern wir das Raster im Downscaling auf eine Kantenlänge von bis zu einem Kilometer“, erklärt Hans Schipper, der Leiter des Klimabüros im Gespräch mit

## ct kompakt

- Krisenmanager in der Pandemie nutzen ein Datenmodell ihrer Kommune, um die Wirkung von Maßnahmen durchzuspielen.
- Moderne Simulationsverfahren verdeutlichen den globalen Klimawandel und dessen lokale Effekte.
- In der Augmented Reality trainieren Entscheider, Notlagen im Krisenstab zu bewältigen.

c't. Mit einem solchen Klimamodell lassen sich die regionalen Effekte beispielsweise für Deutschland oder Baden-Württemberg simulieren. Beim Downscaling betten die Forscher ein regionales Klimamodell in ein globales Modell ein [1]. An den Außengrenzen beeinflussen dann die groben Zellen der globalen Simulation die feiner granulierten Zellen des regionalen Klimamodells. Im Inneren wechselwirken die kleineren Flächen untereinander und bei entsprechend höherem Rechenaufwand lassen sich örtliche Gegebenheiten im Extremfall bis auf einen Kilometer genau berücksichtigen.

Damit gewinnen die Klimasimulationen ganz konkrete Bedeutung für Entscheidungsträger vor Ort. Wenn man zum Beispiel weiß, wie oft Saharastaub die Atmosphäre in Deutschland trübt und in welchen Landstrichen er sich auf Flächen absetzt, dann kann man fundierter über den Aufbau von Photovoltaikanlagen entscheiden und gegebenenfalls die Reinigung der Panels mit einplanen.

Ein konkretes Projekt des Süddeutschen Klimabüros wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert und betrifft eine App für Forstwirte, die auf regionalen Klimamodellen basiert. Wer heute Bäume pflanzen will, sollte angesichts von deren Lebensdauer möglichst weit in die Zukunft schauen. Entscheidend sind die Temperaturen und die Feuchte vor Ort. Bereits heute zeigt sich, dass die Fichte als Hauptbaumart in Deutschland gegen steigende Temperaturen und Trockenheit nicht resistent ist. Bei Sturmgefahr wiederum sind generell flach wurzelnde Bäume keine gute Wahl. Eine Vorsorgemaßnahme kann im Einzelfall zum Beispiel das Anlegen eines Mischwaldes mit Hainbuchen, Ahorn und Wildkirsche sein.

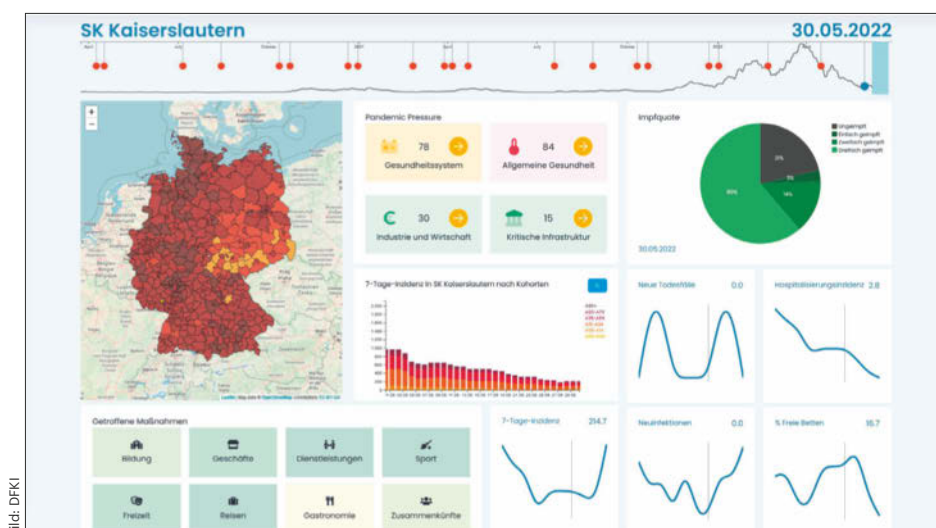


Bild: DFKI

**Das Pandemie-Cockpit verschafft Überblick über die lokal getroffenen Maßnahmen, die Neuinfektionen und die freien Betten in den Krankenhäusern.**



In der Augmented Reality erscheint auf dem Planungstisch die Landkarte des Krisengebietes. Die Teilnehmer können darin zahlreiche Hintergrundinformationen abrufen.

Auf die Gefährdungsanalyse bei Extremereignissen hat sich das Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) am KIT spezialisiert. Beispielsweise erkannten die Forscher bei ihrer Analyse des verheerenden Ahr-Hochwassers im Sommer 2021, dass die Wassermengen vergleichbar waren mit denen der historischen Hochwasserereignisse 1804 und 1910. Das sogenannte Geschiebe allerdings, das die Fluten mit sich rissen, hatte sich grundlegend geändert. Es bestand augenscheinlich nicht mehr nur aus Schlamm und Holz, sondern zudem aus Fahrzeugen, Mülltonnen und Baumaterialien, die schnell den Wasserabfluss an Brücken und Engstellen verstopften. Aus derartigen Analysen lassen sich Prognosen und Maßnahmen auch für andere Flusstäler ableiten.

### Katastrophen analysiert

Das CEDIM hat aus der Analyse historischer Daten einen interaktiven Risk Explorer für Deutschland erstellt, der im Web frei zugänglich ist (siehe [ct.de/yu5y](http://ct.de/yu5y)). Dort kann sich der Besucher regional zum Beispiel die Stärke von schweren Winterstürmen anzeigen lassen, wie sie mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von zehn Prozent etwa innerhalb der nächsten 50 Jahre zu erwarten sind. Weitere Karten verdeutlichen, mit welchen Gebäudeschäden und Kosten in einem solchen Fall zu rechnen wäre. Entsprechende Kartendarstellungen kann sich der Interessierte auch für Jahrhundertstürme abrufen, für Jahrhundertfluten oder für schwere Erdbeben.

Eine Ausgründung aus der CEDIM-Katastrophenforschung ist Risklayer, ein Unternehmen, das sich mit konsolidierten Risikodaten und Simulationen an Unternehmen aus Tourismus und Landwirt-

schaft wendet. „Zunächst einmal sammeln wir Daten aus der Vergangenheit und konsolidieren diese. Zusätzlich simulieren wir mit unseren Tools die Risiken von Naturkatastrophen wie Erdbeben oder Starkregen und validieren diese dann mit den historischen Daten“, erläuterte Risklayer-CTO Andreas Schäfer auf der Hannover Messe gegenüber c't. Im Projekt „Hotel Resilient“ leiten die Analytiker aus den so simulierten Risiken konkrete Maßnahmen für einen Hotelstandort ab.

Schäfer nennt einige Beispiele: Wenn historische Daten oder Klimasimulationen auf starke Regenfälle am Standort hinweisen, sollte der Investor beim Hotelbau gleich eine Oberflächendrainage anlegen. Zeigt die Simulation, dass durch Erdbeben, Vulkanausbruch oder Hochwasser die Stromversorgung in der Umgebung gefährdet ist, dann lohnt es sich, Notstromaggregate bereitzuhalten. Und wenn ein Tsunami droht, dann muss man Hotelgäste entsprechend sensibilisieren und klare Verhaltensregeln aufstellen. Sonst passiert, was zum Beispiel beim Tsunami am zweiten Weihnachtstag 2004 im Indischen Ozean zu beobachten war: Damals folgten manche Urlauber dem zunächst zurückweichenden Wasser, um Muscheln zu sammeln, anstatt sich in Sicherheit zu bringen.

Mit einem zweiten Projekt namens Wine Risk wendet sich das Start-up an Winzer. Diese kalkulieren laut Schäfer bis zu 30 Prozent Einbußen durch Naturereignisse ein, sei es Hagelschlag, der die Reben vernichtet, oder Erdbeben, die die großen Weinfässer beschädigen können. Winzer, die die Gefahrenlage an ihrem Ort richtig einschätzen, könnten gezielt gegensteuern, etwa durch Hagelschutznetze oder durch erdbebensichere Fasslagerung.

### Fit für den Krisenstab

Planspiele am Simulationstool helfen nicht nur, die richtige Entscheidung in der aktuellen Krise zu finden, sie können Krisenmanager auch für die hektische Arbeit im Krisenstab trainieren. Im Projekt „optimierte Katastrophenbewältigung mittels Simulation“ (oKat-SIM) modellieren Forscher der Universität Potsdam gemeinsam mit der Filmuniversität Babelsberg Großschadenslagen etwa durch Hochwasser und die Bedrohung durch den Deichbruch an einem Rückhaltebecken im ländlichen Görlitz. Andere Szenarien stellen Krisenfälle im städtischen Leverkusen und im bergigen Garmisch-Partenkirchen nach.

Damit die Teilnehmer am Planspiel die Situation intuitiv erfassen können und zugleich einen Teil der Dramatik emotional durchleben, kommen AR-Brillen zum Einsatz, derzeit das Modell HoloLens 2. In der Augmented Reality sind zahlreiche Zusatzinformationen räumlich hinterlegt, die durch auffällige Symbole markiert sind und die die Teilnehmer bei Bedarf mit einer Handbewegung abrufen.

Während einer Krisenstabsübung spielen sich auf dem Planungstisch Dramen ab, Wasserpegel steigen, Einsatzkräfte formieren sich, Keller laufen voll, der Deich hält oder eben nicht und der halbe Ort wird zerstört. Der plastische Eindruck, den die animierte 3D-Darstellung der Geodaten erzeugt, macht den Teilnehmern die Konsequenzen ihres Handelns eindrücklich bewusst. Tatsächlich überwachen die Forscher auch die Herzrate der Probanden, um deren Stresserleben einzuschätzen und mit diesen Erkenntnissen die Darstellung auf dem virtuellen Planungstisch zu optimieren und die Krisenstabsausbildung zu verbessern.

Praktiker aus dem Katastrophenschutz haben die Forscher aus Potsdam bereits angesprochen, dass sie die AR-Szenarien mit ihren leicht abrufbaren Hintergrundinformationen sehr gern auch in konkreten Krisenfällen als Echtzeitunterstützung nutzen würden. Aus einer Trainingssimulation könnte so eine Umgebung werden, die Entscheidern in hektischen Krisenlagen Hilfestellung bietet. ([agr@ct.de](mailto:agr@ct.de)) **ct**

### Literatur

- [1] Arne Grävmeyer, Wie heiß wird's, Das Deutsche Klimarechenzentrum simuliert die Zukunft der Erde, c't 26/2021, S. 136

**Projektbeschreibungen und interaktiver Risk Explorer:** [ct.de/yu5y](http://ct.de/yu5y)



# Herbstcampus

Die Nürnberger Konferenz mit der Lernatmosphäre

6. bis 8. September 2022  
TH Nürnberg

Jetzt  
Tickets  
sichern!

Der Herbstcampus ist der **Geheimtipp** schlechthin für Softwareentwickler, Softwarearchitekten und IT-Projektleiter im Enterprise-Umfeld. Die Nürnberger Fachkonferenz bietet IT-Profis aus ganz Deutschland ein **professionelles und lockeres Umfeld**, um aktuelle Trends kennenzulernen, aber auch um ganz bewusst Themen **abseits des Mainstreams** zu entdecken.

## Highlights des Herbstcampus

- ✓ Lernen Sie aktuelle Trends der Softwareentwicklung kennen.
- ✓ Wählen Sie aus rund 40 Vorträgen und 4 ganztägigen Workshops Ihr Programm aus.
- ✓ Besuchen Sie die Konferenzausstellung mit wichtigen Unternehmen der Region und der Branche.
- ✓ Profitieren Sie von der anregenden Lern-Atmosphäre und hohem Wohlfühlfaktor.
- ✓ Genießen Sie die die Rund-um-die-Verpflegung über zwei Tage - inkl. Get-together am ersten Konferenzabend.

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

Gold-Sponsoren

e.solutions 

XITASO 

Silber-Sponsoren

adesso 

Capgemini 

infoteam  
software

ISO GRUPPE   
IT | Systems · Solutions · Services

jambit   
WHERE INNOVATION WORKS

Veranstalter

 MATHEMA

 MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE  
INFORMATIONSTECHNIK

@ heise Developer

 dpunkt.verlag



Bild: Thorsten Hübner

# Digitale Zwillinge

## Wie lebensechte Avatare für das Metaverse entstehen

**Künftig sollen Nutzer als naturgetreu animierte 3D-Avatare durchs Metaverse wandern. Forscher der Uni Tübingen, der ETH Zürich und des Max-Planck-Instituts zeigen schon jetzt, wie so ein Avatar entstehen kann: mit Tiefenkameras, Bewegungssensoren und Machine Learning.**

Von Thomas Brandstetter

Noch sind die Avatare von Meta, die Mark Zuckerberg und Konsorten gerade aushecken, kaum mehr als schlichte, dreidimensionale Comicfiguren, die ohne Beine in der Luft schweben. Doch sowohl die großen Tech-Konzerne als auch öffentliche Forschungseinrichtungen arbeiten daran, die Technik zu perfektionieren. Sie entwickeln Algorithmen, die mit einfachen Mitteln realistische Abbilder des Nutzers generieren und basteln eifrig an der zugehörigen Hardware, die schließlich die Körperbewegungen und Gesichtsausdrücke auf den Avatar überträgt.

Einer der Forscher, die sich dieser Aufgabe verschrieben haben, ist Andreas Geiger von der Universität Tübingen. Seine Gruppe für Autonomes Maschinelles Sehen

arbeitet daran, die Geometrie menschlicher Körper zunächst zu erfassen, damit der Avatar wie eine digitale Marionette unterschiedliche Posen einnehmen kann. Für das Projekt SNARF stand den Wissenschaftlern ein 3D-Scanner am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme zur Verfügung, der groß genug ist, dass sich ein Mensch darin bewegen kann. Um die Geometrie möglichst genau abzuschätzen, hat das Gerät je nach Versuchsaufbau 20 bis 30 Tiefenkameras, die nach dem gleichen Prinzip wie der Kinect-Sensor der Xbox-Spielkonsole funktionieren. Dabei wird ein unsichtbares Infrarotmuster auf die Person projiziert und von einer Kamera erfasst. Aus den Verformungen des Musters auf der Körperoberfläche beziehungsweise der Kleidung ermittelt ein Algorithmus schließlich die dreidimensionale Geometrie und erzeugt ein Gitternetz der Person.

„Wenn man das später beim Endnutzer machen möchte, muss das aber natürlich einfacher gehen“, sagt Geiger. Schließlich hat niemand einen solchen Hightech-Scanner zu Hause. Die aufwendig ermittelten Gitternetze dienen also nur dazu, das System vorab zu trainieren, damit es lernt, wie Menschen sich bewegen und wie sie typischerweise aussehen. Letztendlich sollen



die animierbaren Avatare aus einer Videosequenz einer einzelnen RGBD-Kamera (RGB+Depth = Farbfoto mit Tiefeninformation) entstehen. Diese Kombinationen aus herkömmlichen Kameras und Tiefenkameras sind bereits Bestandteil vieler Smartphones. „Trotzdem darf das auch nicht erfordern, dass der Nutzer dafür ein einstündiges Video von sich macht“, sagt Geiger. „Das würde ja keiner verwenden.“

### 3D-Avatare aus Videosequenzen

Erst im April hat Geiger in Zusammenarbeit mit dem Team von Otmar Hilliges von der ETH Zürich das System PINA vorgestellt, das realistische, dreidimensionale Avatare auf Basis einer kurzen Videosequenz erstellt. Der Nutzer muss sich dafür nur etwa eine Minute lang vor der Kamera bewegen, verschiedene Posen einnehmen und sich einmal um die eigene Achse drehen, um auch die Rückseite zu zeigen. Aus diesen Informationen generiert das System einen Avatar und kann damit Posen animieren, die außerhalb der Trainingsverteilung liegen, die also vorher nie erfasst wurden. Außerdem gewinnt der Algorithmus während der kurzen Aufnahme Informationen über die Deformation der Kleidung bei unterschiedlichen Körperhaltungen. Schließlich wirft etwa ein weites T-Shirt bei jeder Geste mit den Armen andere Falten. All das will möglichst realistisch wiedergegeben werden.

Die Geometrie des Avatars entspricht dabei auf einen Zentimeter genau der des Originals. Auch wenn es sich dabei noch um Forschungsarbeit handelt, lassen sich die veröffentlichten Resultate durchaus sehen. Damit Nutzer die Methode zu Hause mit dem Smartphone einsetzen können, ist allerdings noch einiges an Entwicklung nötig. Trotzdem ist Geiger überzeugt, dass die Technik zum automatischen Erzeugen von Avataren im Alltag ankommen wird. „Start-ups, die das anbieten wollen, sprießen gerade aus dem Boden“, sagt der Forscher.

### Vorbild Computerspiel

In modernen Computerspielen sehen Avatare bereits sehr realistisch aus und überzeugen mit ihren Bewegungen. „Die wurden aber nicht von einem Algorithmus entwickelt, sondern sind mit großem Aufwand von einem menschlichen Designer entworfen worden“, sagt Geiger. Man könne natürlich jederzeit jemanden beauftragen, der für ein paar Tausend Euro anhand von Fotos den perfekten Avatar generiert. „Wir wollen diesen Prozess aber automatisieren, damit das möglichst schnell und einfach geht.“

Um ein Modell während des Metaverse-Besuchs dann live aus einem einfachen Kamerasetting zu generieren, ist zunächst ein Segmentierungsmodell nötig, das den Vordergrund automatisch vom Hintergrund trennt, also die Silhouette der Person

## c't kompakt

- Kameras erfassen die menschliche Geometrie, aus der Avatare entstehen.
- In Videokonferenzen können zusätzliche Webcams in VR-Headsets Bewegungen und Mimik aufzeichnen.
- KI hilft bei der naturgetreuen Darstellung von Bewegungsabläufen, sodass nur wenige Sensoren nötig sind.

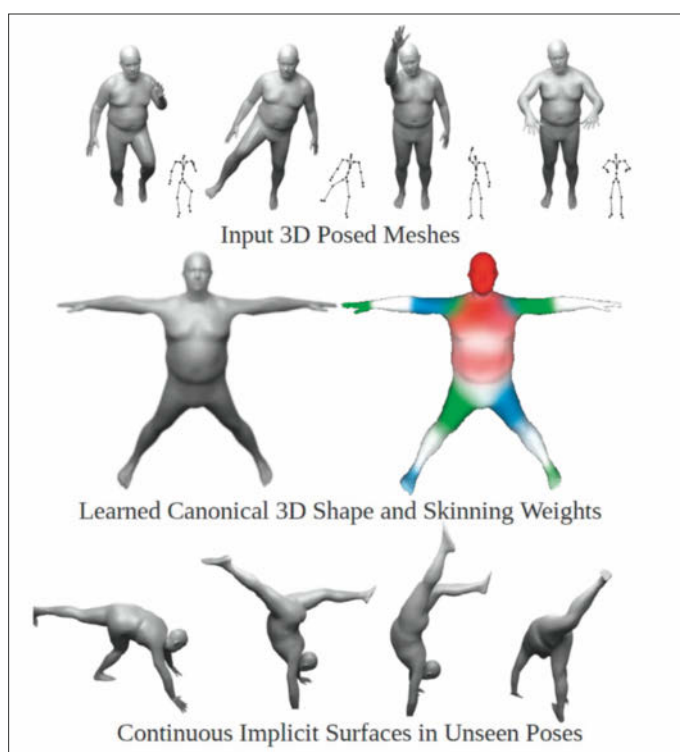
ausschneidet. Das funktioniert heutzutage zuverlässig und mit hoher Präzision. Dabei stellt sich die Frage des Detailgrads: „Genau genommen müsste man jedes einzelne Haar als Teil der Geometrie betrachten“, sagt Geiger. „Das ist aber natürlich völlig hoffnungslos.“ Stattdessen wird zunächst lediglich ein geometrischer Proxy des Kopfes erzeugt, in den sich die Bewegung der Haare nachträglich zum Beispiel als dynamische Textur einfügen lässt.

Zu einem realistischen Abbild gehört außer Geometrie und Textur auch eine glaubhafte Beleuchtung. Dazu ist es wichtig, nicht nur Schatten, sondern auch die optischen Eigenschaften der verschiedenen beleuchteten Materialien richtig zu modellieren. „Ein T-Shirt ist ein eher diffuses Material, während die Haut auch glänzen kann“, erklärt Geiger. „Wenn da etwas nicht stimmt, fällt das sofort auf.“

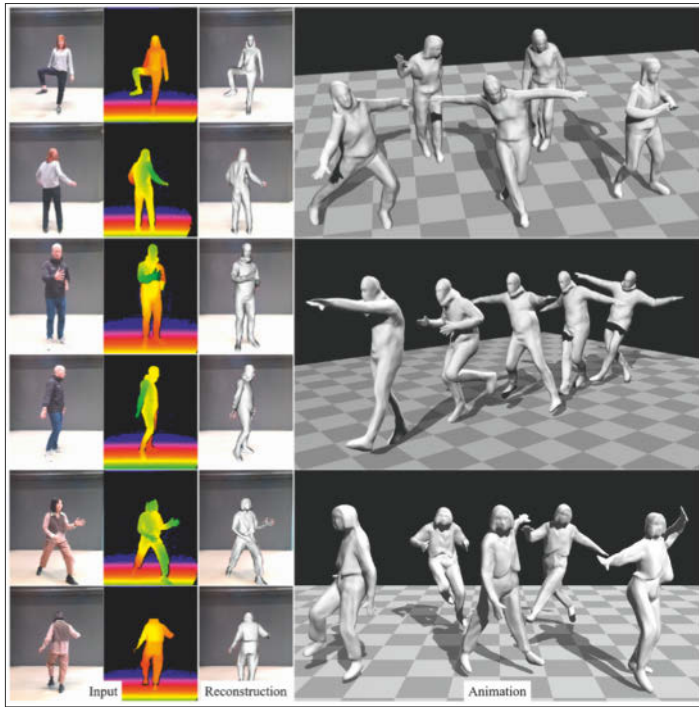
### Mimik unterm Headset

Üblicherweise tragen Besucher des Metaverse eine AR/VR-Brille. Deren Positions- und Beschleunigungssensoren tracken die Bewegungen des Kopfes mit hoher Präzision, damit der User über die Bildschirme vor seinen Augen immer die richtige Perspektive der virtuellen Welt eingespielt bekommt. Das Headset überträgt die Bewegungsdaten auf den Avatar, damit er sich für andere Besucher auf realistische Weise bewegt.

Bei Telepräsenz Anwendungen ist es wichtig, dass sich der Mund realistisch bewegt, und die Zähne zu sehen sind. Die Augen dürfen nicht nur starr offen sein, sondern müssen sich ab und zu schließen. „So etwas realistisch abzubilden, ist noch schwierig“, räumt Geiger ein. Oft bekommen Avatare ein zufälliges Blinzeln einprogrammiert, damit sie realistischer wirken.



**Forscher der Uni Tübingen, der ETH Zürich und des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme haben aus 3D-Scannerdaten Avatare generiert, die beliebige Posen einnehmen können.**



**Im Projekt PINA reichte den Forschern eine kurze Videosequenz einer RGBD-Kamera, um einen realistischen Avatar einer Versuchsperson zu berechnen. Dazu musste der KI-Algorithmus lernen, wie sich Menschen typischerweise bewegen.**

Um Feinheiten der Mimik aktiv zu steuern, setzen die Meta Reality Labs auf zusätzliche, zum Träger gerichtete Kameras im Headset. Sie erfassen Mund- und Augenbewegungen des Trägers, um diese auf die Gesichter ihrer fotorealistischen Avatare zu übertragen. In eindrucksvollen Videos zeigt Meta diese „Codec Avatars 2.0“ mit perfekter Mimik und Textur. Sie sehen täuschend echt aus und sind kaum vom Original zu unterscheiden. Mit welcher Rechenpower solche Avatare beim Endnutzer entstehen sollen und ob dazu nicht doch 3D-Künstler viel Aufwand betrieben haben, bleibt offen.

Zudem ist die Meta Quest 2 (früher Oculus Quest 2) – mit etwa 15 Millionen verkauften Exemplaren weit verbreitet – schon ohne Trägerkamera ein klobiges Gerät. Beim durchschnittlichen Nutzer kommt spätestens nach einer halben Stunde das Verlangen auf, sich wieder davon zu befreien. Die zusätzlichen Kameras, die Meta für das Erfassen der Mimik in das Headset eingebaut hat, dürften diesen Effekt noch einmal verstärken.

### Körpertracking per Webcam

In jeder Hand sollen Nutzer einen Controller tragen, der mit Sensoren die Bewegungen der Arme erfasst und in die virtuelle Welt überträgt. „Der Input für die neuen Posen könnte aber auch aus einer Kamera stammen, die den User trackt“, meint Geiger. „Aus solchen Bilddaten ein

Körpermodell der Bewegung abzuschätzen, funktioniert zumindest unter Laborbedingungen schon sehr gut.“

Für Anwendungen wie Onlinekonferenzen reicht es, nur Kopf, Oberkörper und Arme mit einer Webcam zu erfassen, da man sich auch in der virtuellen Welt nur gegenüber sitzt. Das würde den Teilnehmern erlauben, sich einander zuzuwenden. Lehnt sich ein Konferenzteilnehmer gemütlich zurück, tut das womöglich auch ein anderer. Das synchronisierte Verhalten der Avatare kann eine ähnliche Verbundenheit herstellen wie in der echten Welt. „Idealerweise hat man jedenfalls einen Avatar vor sich, bei dem nur ganz wenige Parameter übertragen werden müssen“, sagt Geiger. „Das kann man dann mit wenig Bandbreite über das Internet übertragen.“

### Sensoren für die Arme

Wenn Körperteile von der Webcam nicht erfasst werden – beispielsweise weil die Hand hinter dem Rücken liegt –, können zusätzliche, am Körper getragene Sensoren helfen, die Skelettpose abzuschätzen. Otmar Hilliges, der das Advanced Interactive Technologies Lab der ETH Zürich leitet, hat dafür in Zusammenarbeit mit den Reality Labs von Meta das System EM-POSE entwickelt.

Die Hardware dazu stammt von Meta und besteht aus einem Gerät, das am Rücken getragen wird und ein elektromagnetisches Feld aussendet. Hinzu kommen

mindestens sechs kabellose Sensoren, die sich auf Arme, Beine, Rücken und Kopf verteilen und dort Stärke und Orientierung dieses Feldes messen. Das ist viel aufwendiger als die Handcontroller, aber liefert bessere Ergebnisse: Die Sensoren schicken die Messdaten laufend an ein Kontrollgerät, das daraus ihre Positionen und Ausrichtungen relativ zur Quelle ermittelt und so die gesamte Körperbewegung des Nutzers erfasst. Daraus wiederum errechnet ein Algorithmus ein sogenanntes Skinned Multi-Person Linear Model (SMPL), also ein realistisches 3D-Modell des menschlichen Körpers in der jeweiligen Pose.

In einem eindrucksvollen Video präsentieren die Forscher das Ergebnis ihrer Arbeit: Lediglich auf Basis der elektromagnetischen Messungen bewegt sich das SMPL fast deckungsgleich mit der Testperson, die die Sensoren am Körper trägt. „Unter Laborbedingungen erreichen wir mit unserem System eine Genauigkeit von drei Zentimetern“, sagt Hilliges. Selbst vor der Brust verschränkte Arme werden mit EM-POSE richtig wiedergegeben, was mit einer Kamera schwierig wäre, weil die Arme sich gegenseitig verdecken.

### KI-gestützte Posen

Die größte Herausforderung für den Algorithmus der Schweizer Forscher besteht darin, aus einem Set von Positions- und Orientierungsdaten die Pose zu ermitteln. Denn die wenigen Sensoren reichen für ein Körpermodell im Prinzip nicht aus. Das Modell des Skelettes hat 24 Freiheitsgrade in Form von 24 Gelenken. Und die soll der Algorithmus aus lediglich sechs Messpunkten ermitteln.

„Um das zu lösen, verwenden wir Machine-Learning-Methoden, die Vorwissen

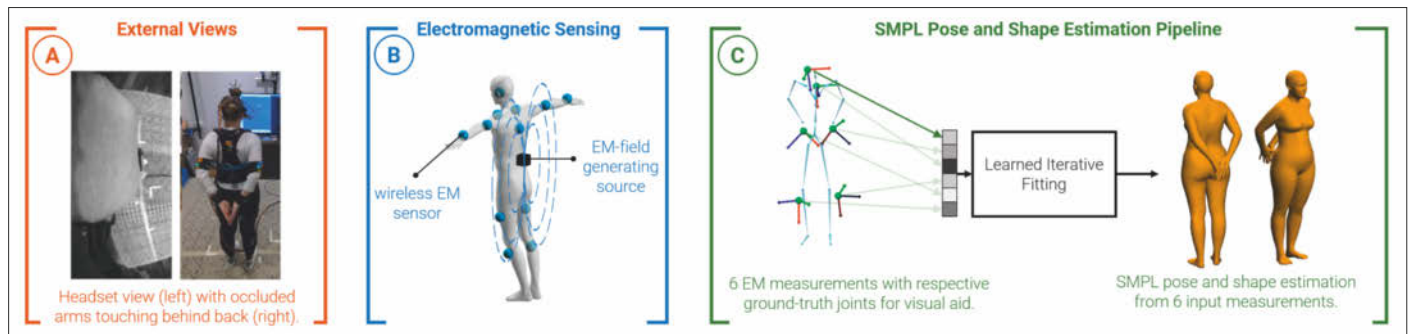


Bild: Meta

**So realistisch sehen die Codec Avatars 2.0 von Meta aus. Der Aufwand, der für das Rendern betrieben werden muss, dürfte allerdings enorm sein.**



Bild: ETH Zürich



**Im Projekt EM-Pose der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit Meta erfassen kabellose Sensoren die Positionen von Armen und Beinen des Nutzers, um damit sein digitales Abbild in der virtuellen Welt zu steuern.**

mitbringen“, erklärt Hilliges. Ähnlich wie beim weiter oben erwähnten PINA verfügen die eingesetzten künstlichen neuronalen Netze über gelernte Erfahrungswerte, wie Menschen aussehen und wie sie sich im dreidimensionalen Raum bewegen. „Sie wissen zum Beispiel, dass Unterarm und Oberarm miteinander verbunden sind, oder dass der Ellenbogen nicht überdehnt werden kann“, sagt Hilliges. „Diese Annahmen haben sie aus Daten gelernt, die zum Teil aus aufwendigen Messungen mit 3D-Scannern stammen. Nur so kann das Netz lernen, den unzureichenden und teils auch ungenauen Messungen dennoch die richtige Pose zuzuordnen.“

### Virtuelle Gegenstände ergreifen

Um eine virtuelle Welt plausibel erscheinen zu lassen, reicht es nicht, einen realistischen Avatar zu erzeugen und zu steuern. Er muss in der Lage sein, mit der virtuellen Welt zu interagieren. Wie in der echten Welt sind die wichtigsten Werkzeuge dafür seine Hände. Deshalb beschäftigen sich Hilliges und sein Team an der ETH auch mit der Synthetisierung von Händen, die nicht nur echt aussehen, sondern auch in der Lage sind, virtuelle Objekte zu greifen und zu halten.

„Die einfachste Art, eine Hand in der virtuellen Welt darzustellen, ist, ihr eine Position zu geben“, sagt Hilliges. Damit wäre sie allerdings nichts weiter als eine funktionslose Box an einer bestimmten Stelle im Raum, die bestenfalls automatisch Objekte in ihrer Nähe an sich binden kann. Da das alles andere als plausibel wirkt, ist das nächste Detaillevel die 3D-Skelettkonfiguration.

Die Parameter wären in diesem Fall die 3D-Positionen der Hand- und Fingergelenke sowie die dazugehörigen Winkel. Um plausibel mit Gegenständen zu interagieren, reicht das allerdings immer noch nicht

aus. Das System muss feststellen, ob ein Objekt wie ein Krug oder eine Schere tatsächlich in der Hand gehalten wird. „Dazu braucht man ein komplexes Gittermodell der Hand, das auch Informationen über die genaue Oberfläche der Haut liefert“, sagt Hilliges. „Und damit man nicht jede mögliche Art von Griff für jeden erdenklichen Gegenstand neu programmieren muss, versuchen wir, den Maschinen beizubringen, genauso flexibel mit physikalischen Objekten umzugehen, wie der Mensch das kann.“

Die Forscher geben dazu ihrem System zum Lernen zunächst ein einziges Frame vor, das zeigt, wie ein Mensch beispielsweise eine Tasse greift. Davon ausgehend lernt der Algorithmus in einer physikalischen Simulation, wie ein Mensch die Tasse ergreift und hält. „Dabei geht es nicht nur darum, dass das echt aussieht, sondern dass es auch wirklich physikalisch plausibel ist“, sagt Hilliges. Wenn ein Mensch eine Tasse bewegt, passen sich die Finger die ganze Zeit über an die Situation an, damit der Henkel nicht durch die Finger gleitet.

Sämtliche physikalischen Parameter wie Reibung, Schwerkraft und die von der Hand ausgeübte Kraft müssen zusammenpassen, um ein Objekt in der Hand zu be-

halten. Um dieses Kunststück in der virtuellen Welt zu vollbringen, trainieren die Forscher ihren Algorithmus per Reinforcement Learning. Dabei spielt das System nach der Methode von Versuch und Irrtum in der physikalischen Simulation selbstständig mit den Objekten. „Wenn die Tasse herunterfällt, dann weißt die KI, das war ein Fehler, und muss wieder von vorne anfangen“, sagt Hilliges. „Und zwar so lange, bis sie es kann.“

### Fazit

Bis sich Avatare in der virtuellen Welt auf realistische Weise bewegen, wird es noch viel Forschung brauchen. Professor Geiger zeigt sich zuversichtlich: „Das ist einer der Bereiche von AI, die meiner Einschätzung nach am sichersten kommen werden, weil es da auch keine Sicherheitsprobleme gibt.“ Schließlich könne bei Telepräsenz und Computerspielen im Unterschied etwa zu selbstfahrenden Autos nicht viel passieren, wenn etwas schiefgeht. „Das sieht dann vielleicht einmal etwas unnatürlich aus und das will man natürlich vermeiden“, sagt Geiger. „Aber auch wenn es nicht perfekt funktioniert, wird es immer noch einen Benefit liefern.“ (akr@ct.de) **ct**

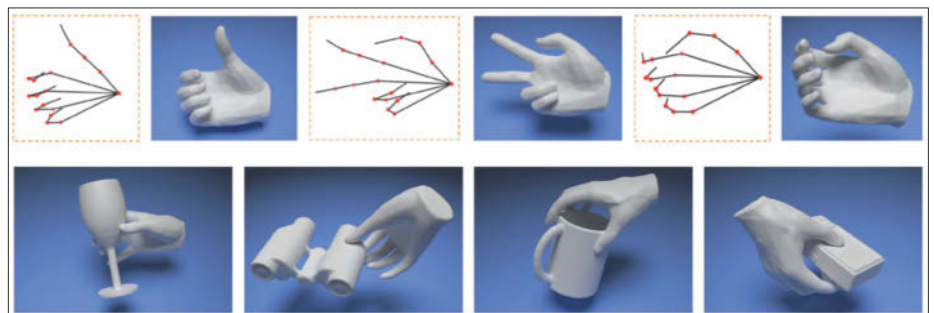


Bild: ETH Zürich

**An der ETH Zürich beschäftigen sich Otmar Hilliges und sein Team mit der Modellierung von Händen, die Gegenstände nach denselben physikalischen Gesetzmäßigkeiten greifen können, die auch in der realen Welt gelten.**

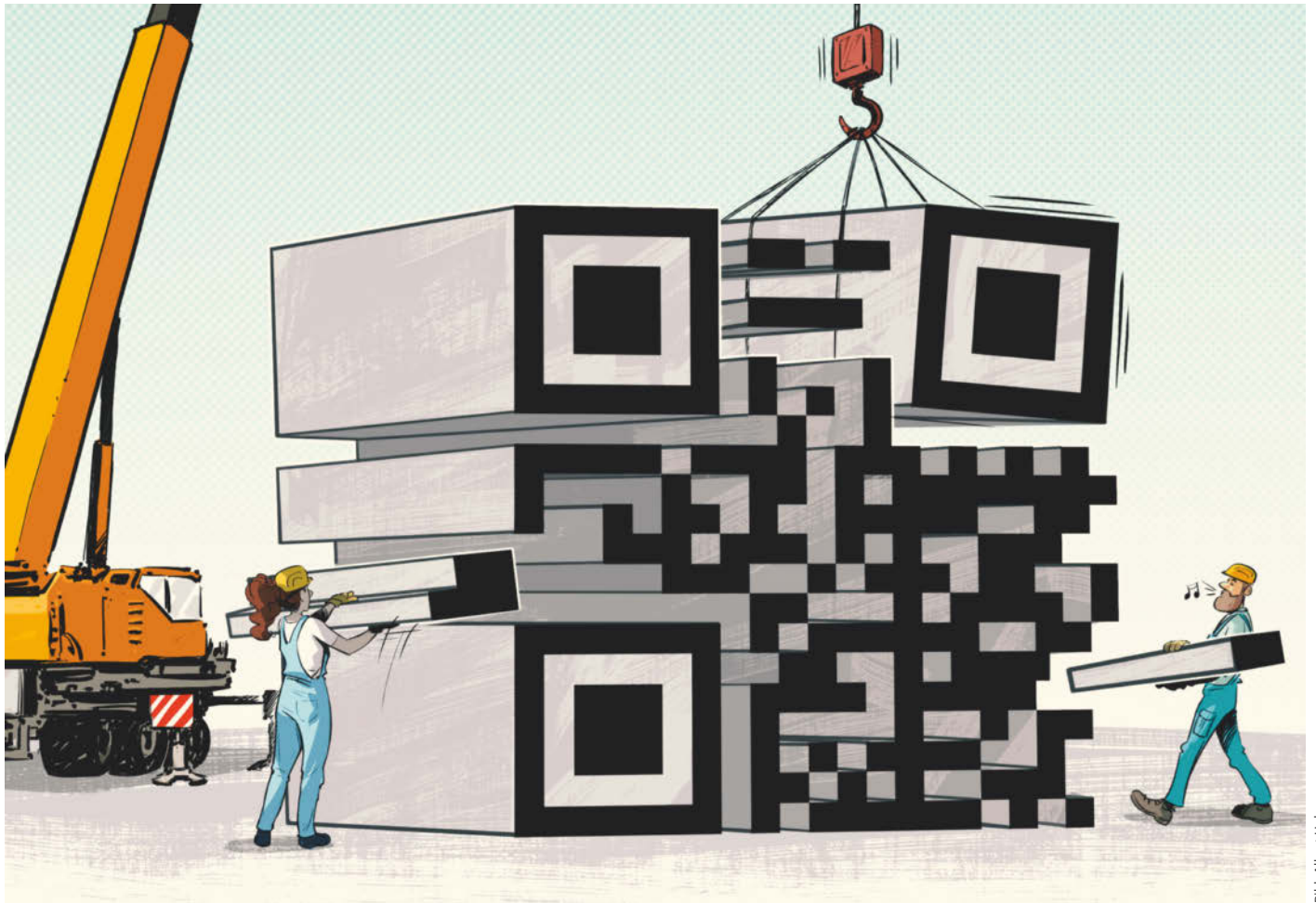


Bild: Albert Hulm

# Bithaufen

## QR-Codes verstehen und ohne technische Hilfsmittel dekodieren

**QR-Codes enthalten zusätzlich zu den Nutzdaten Informationen, aus denen man fehlende Pixel wiederherstellen kann. Wenn der Code mal so stark beschädigt sein sollte, dass selbst eine App ihn nicht mehr erkennt, dann können Sie versuchen, ihn manuell zu entschlüsseln. Wir zeigen Ihnen, wie das geht.**

Von Wilhelm Drehling

**S**martphone raus, entsperren und die Kamera-App über einen QR-Code halten. Im Bruchteil einer Sekunde wandelt sich der verwiterte Sticker am Laternenmast in einen Strom von Bits um, welchen das Smartphone in eine lesbare Zeichenkette dekodiert. Bereit zum Antippen ploppt die gescannte Information auf dem Bildschirm auf.

QR-Codes sind ein häufig benutztes Mittel für Außenwerbung, weil sie eine Menge Schaden aushalten. Wenn aber mal der Code am Laternenmast mehr als

30 Prozent beschädigt ist und technische Hilfsmittel nicht weiterhelfen, dann können Sie versuchen, den QR-Code per Hand zu dekodieren. Kleine Codes mit 20 Zeichen sind problemlos in ein paar Minuten geschafft, bei den

wirklich großen sollten Sie es sich zweimal überlegen, ob es sich lohnt. Denn diese können bis zu 2953 herkömmliche Zeichen speichern. In der Theorie lassen sich damit sogar die sämtlichen Web-Tipps von Seite 56 in einen QR-Code packen.





Das ist übrigens nicht das erste Mal, dass wir uns QR-Codes genauer anschauen: Wir haben uns vor einiger Zeit schon mal näher mit den quadratischen Codes beschäftigt und Seiten empfohlen, die zuverlässig für Sie QR-Codes erstellen [1]. Dieser Artikel fokussiert sich dagegen auf den Aufbau von QR-Codes. Dazu zerlegen wir den Code wortwörtlich in seine Bestandteile: in seine Felder und Masken. Schritt-für-Schritt zeigen wir die kleinen Feinheiten, die sich die Erfinder ausgedacht haben. Mit dem dadurch erlangten Wissen können Sie QR-Codes per Hand dechiffrieren. Das ist zwar nicht sonderlich hilfreich im Alltag, macht aber Spaß und ist ganz nebenbei noch lehrreich!

## Massig

Die Idee von zweidimensionalen Codes ist nicht neu, schon vor dem QR-Code spukten unterschiedliche Entwürfe herum. Zum Beispiel stapelte „Code 16k“ Barcodes aufeinander, um mehr Zeichen abspeichern zu können. Der QR-Code und sein ehemaliger Kontrahent gehören zu den sogenannten Matrix-Codes. Das ist eine Gruppe von Codes, die Informationen zweidimensional abspeichern, im Unterschied zu eindimensionalen Linien-codes wie Barcodes. Der QR-Code ordnet dabei jede Fläche einem Bit zu, Schwarz einer 1 und Weiß einer 0. Der starke Kontrast erlaubt es, auf kleinerem Raum größere Datenmengen abzuspeichern.

Wie viel in einen QR-Code passt, legt die Standardisierung ISO 18004 fest, die aktuelle stammt aus dem Jahr 2015 (siehe

ct.de/yvy2). Diese ist gut 115 Seiten lang und definiert fein säuberlich alle Arten von QR-Codes. Das ist nicht wenig, denn es gibt insgesamt 40 Versionen, die mit aufsteigender Versionsnummer immer größer werden. Die kleinste Version 1 nimmt eine Größe von  $21 \times 21$  Pixeln ein, die größte Version 40  $177 \times 177$  Pixel. Die Obergrenze der Speicherkapazität liegt bei 7089 Zahlen (numerisch), 4296 alphanumerischen Zeichen (Großbuchstaben und Ziffern, zzgl. Schrägstrich, Punkt, Komma u. a.), 2958 Bytes mit beliebiger Kodierung wie UTF-8 oder bei respektablen 1817 Zeichen des japanischen Schriftsystems Kanji.

## Fehler

QR-Codes enthalten darüber hinaus fehlerkorrigierende Bereiche. Sie sorgen dafür, dass der Code trotz Schäden scanbar bleibt. Insgesamt gibt es vier Stufen der Fehlerkorrektur, die niedrigste L sichert gerade mal 7 Prozent ab, während H einen Schaden von bis zu 30 Prozent ausgleichen kann. Für die Erfinder des QR-Codes bei der Firma Denso Wave war dieser Umstand besonders wichtig: Da die QR-Codes für ein Lagersystem gedacht waren, sollten diese von Scannern erkannt werden, selbst wenn Schmutz oder Kratzer den Code verunzieren.

Darum kümmert sich die sogenannte Reed-Solomon-Fehlerkorrektur, benannt nach den Mathematikern und Ingenieuren Irving S. Reed und Gustave Solomon. QR-Codes können damit einen gewissen Grad an Schaden überstehen, weil in dem Code zusätzlich Informationen eingeflochten

## ct kompakt

- QR-Codes folgen einem strikten Aufbau, in dem Informationen bestimmten Arealen zugeteilt werden.
- Die Nachricht sowie viele andere Details kommen mehrfach und teilweise auch maskiert im Code vor.
- Mit dem in diesem Artikel erlangten Wissen können Sie einen beschädigten QR-Code per Hand dekodieren.

sind, die eine Wiederherstellung des Codes ermöglichen. Die Methode kommt auch bei CDs oder DVDs zum Tragen, ist aber alles andere als trivial.

Da der Fehlerkorrekturalgorithmus für die Dekodierung des vollständig lesbaren Beispielcodes keine Rolle spielt, gehen wir nachfolgend nicht näher darauf weiter ein. Sie können auch ohne den Algorithmus einen QR-Code dekodieren – das liegt am speziellen Aufbau des Codes, doch dazu im Verlauf des Artikels mehr. Eine ausführliche Erklärung der Methode haben wir unter ct.de/yvy2 verlinkt.

Aufgrund der großen Speicherkapazität und der fehlerkorrigierenden Parts findet der QR-Code in allen möglichen Gebieten Anwendung: beispielsweise im digitalen Impfausweis [2] oder bei der Weitergabe von Transaktionsdaten für Online-Überweisungen [3].

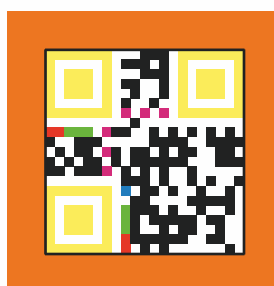


Mithilfe unserer Vorlage dechiffrieren Sie im Laufe des Artikels einen QR-Code der Version 1 mit 7 Prozent Fehlerkorrektur, der als Nachricht „ct.de“ enthält.

## Aufbau eines QR-Codes

Bestimmte Teile eines QR-Codes tauchen unabhängig von der Größe des QR-Codes in ähnlicher Form immer auf. So zum Beispiel die Positionsstellen: Diese befinden sich in drei Ecken und legen die Ausrichtung des Codes fest.

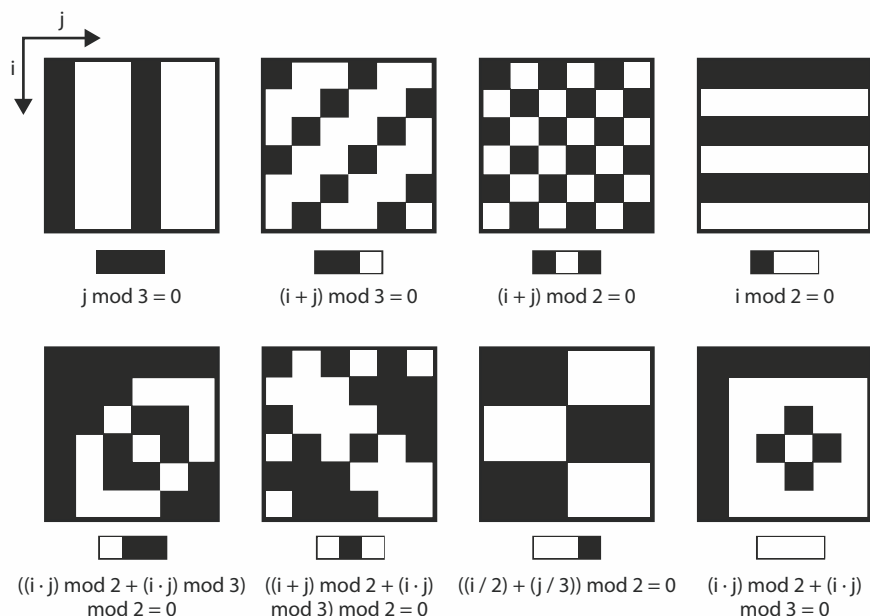
Fünf Bits sind stets an der gleichen Stelle für die Fehlerkorrektur und die Maske reserviert; ein weiteres Bit für das Dark Module. Abstandspunkte (im englischen Timing pattern) übermitteln dem Scanner die Version des Codes. Rund um den QR-Code befindet sich eine Ruhezone von vier Pixeln Breite.



- Positionsstellen/Position pattern
- Abstandspunkte/Timing pattern
- Fehlerkorrektur
- Dark Module
- Maske
- Ruhezone

## Masken

Damit Scanner keine Probleme haben, die Informationen in dem QR-Code zu lesen, müssen die schwarzen und weißen Flächen möglichst gleichmäßig verteilt sein. Darum kümmern sich Masken. Welche Maske auf dem QR-Code liegt, erkennt man anhand von drei Bits, die an zwei Stellen im QR-Code vorkommen (siehe Infografik „Aufbau eines QR-Codes“).



## Querschnitt

Das Folgende befasst sich wegen der leichteren Nachvollziehbarkeit mit der kleinsten Version 1, die  $21 \times 21$  Felder misst.

Bestimmte Abschnitte des QR-Codes tauchen unabhängig von Inhalt und Version des Codes immer auf (siehe Schaubild auf S. 143). Einige Elemente sind eher versteckt, wie die Abstandspunkte (im Englischen „Timing pattern“), andere wiederum sehr auffällig, wie die markanten Positionsstellen an den drei Ecken („Position pattern“). Die Konstellation und genaue Größe der Positionsstellen sind kein Zufall: Die Erfinder haben damals herkömmliche Zeitschriften auf besonders selten vorkommende Schwarz-Weiß-Abstände untersucht. Heraus kam ein Verhältnis von 1-1-3-1-1, also einmal Schwarz und Weiß, gefolgt von dreimal Schwarz, und zum Abschluss wieder einmal Weiß und Schwarz. Die direkten Pixel-Nachbarn rund um die Position bleiben abgetrennt weiß.

Bei größeren QR-Code-Versionen gibt es zusätzlich kleinere Positionsstellen an fest definierten Stellen. Der direkte Bereich rund um die Positionsstellen ist dem 15 Bit langen Formatstring vorbehalten

(siehe Kasten „Formatstring“ auf S. 145), der aus der Maske und dem Level der Fehlerkorrektur besteht.

Es gibt außerdem noch ein Pixel, das immer schwarz ist und in jeder Version an seinem festgeschriebenen Platz verharrt – dieser nennt sich „Dark Module“. Er schreibt vor, welche Farbe die dunklen Pixel haben sollen, üblicherweise also schwarz.

## Geschichtsstunde

Als Kopf hinter den QR-Codes gilt der Ingenieur Masahiro Hara, der für die japanische Firma Denso Wave arbeitete. Denso erhielt 1992 den Auftrag, die Lesbarkeit von Barcodes zu verbessern.

Das Unternehmen hat die Leitung Masahiro Hara übertragen, der sich des Problems prompt annahm und schnell feststellte: Selbst wenn er den Barcode-scanner verbessert, die fehlende Unterstützung der Barcodes für das japanische Schriftsystem Kanji und die kleine Spei-

## Maske aufsetzen

In keinem der QR-Codes, den Sie in freier Wildbahn entdecken, entspricht ein schwarzes Pixel immer einer 1 und ein weißer immer einer 0 der kodierten Information. Über ihr liegt nämlich eine Maske, die die schwarzen und weißen Felder visuell so modifiziert, dass die entstehenden Einsen und Nullen möglichst gleichmäßig verteilt sind. Es gibt dadurch keine Anhäufungen von Bereichen, in denen kaum Unterschiede erkennbar sind. Scanner können aufgrund der Maske die Codes leichter erkennen und auslesen, die Wahrscheinlichkeit von Fehlerkennungen sinkt drastisch.

Es kommen acht Masken infrage, die ein QR-Code-Generator auf einen QR-Code anwenden kann. Wenn Sie zum Beispiel auf einer Webseite einen QR-Code zu „ct.de“ erstellen möchten, erzeugt der Generator zunächst einen rohen QR-Code, der jedoch noch nicht optimal lesbar ist. Dann probiert der Generator alle Masken auf dem rohen Code aus und bewertet die Ergebnisse anschließend nach vier Regeln. Welche Maske am Ende der glückliche Gewinner sein darf und auf den QR-Code gelegt wird, entscheidet der sogenannte „Penalty Score“. Das ist eine Art Konto für die Strafpunkte.

Die erste Regel schreibt vor, dass es Strafpunkte für hintereinander gereihete Pixelketten der gleichen Farbe gibt. Fünf Pixel kosten 3 Strafpunkte, plus 1 für jedes gleichfarbige Pixel, das dahinter folgt. Als Nächstes durchsucht der Generator den Code nach viereckigen Ansammlungen gleichfarbiger Pixel. Für jede gibt es weitere 3 Strafpunkte. Harsche 40 Punkte

cherkapazität löst das grundlegende Problem der Ineffizienz nicht.

Mit seinem Team entwickelte er in zwei Jahren einen zweidimensionalen Code, mit mehr Kapazität und schnellerer Lesbarkeit: der Quick-Response-Code, kurz QR-Code. Unter [ct.de/yv2](http://ct.de/yv2) haben wir Ihnen die ausführliche Herkunftsgeschichte verlinkt. Dort geht der Erfinder unter anderem auf die genauen Gründe und Schwierigkeiten ein, die das Team im Laufe der Entwicklung überwinden musste.



landen auf dem Konto, wenn der Generator eines der folgenden beiden Muster im Code findet: In binärer Schreibweise lauten die unerwünschten Pixelketten 10111010000 und 00001011101 (0 = weiß, 1 = schwarz). Das entspricht dem Verhältnis der Positionsstellen (1-1-3-1-1), mit vier weißen Pixeln vor oder nach der speziellen Abfolge.

Das letzte Kriterium macht den Kohl nicht fett, zählt aber trotzdem in die Bewertung hinein: das Verhältnis der Anzahl schwarzer Pixel zu der maximalen Pixelanzahl. Ein Version-1-QR-Code enthält

$21 \cdot 21 = 441$  mögliche Pixel. Wenn beispielsweise 219 davon schwarz sind, entspricht das einem Anteil von gerundet 49,7 Prozent. Der Generator verteilt anschließend geringfügig Strafpunkte, wenn das Verhältnis größer als 5 Prozent zur Mitte ist. Am Ende wählt der Generator die Maske aus, welche die wenigsten Strafpunkte gesammelt hat.

### Maske lüften

Als Beispiel dechiffrieren wir im Folgenden einen QR-Code, der die Zeichenkette „ct.de“ enthält. Damit Sie den Schritten

leichter folgen können, haben wir für Sie eine Vorlage in Excel vorbereitet, die Sie unter [ct.de/yvy2](https://ct.de/yvy2) herunterladen können. Dort befindet sich bereits unser Beispiel-QR-Code, außerdem noch alle acht Masken und weitere Kleinigkeiten, die Ihnen bei der Dekodierung helfen. Die Vorlage eignet sich auch dazu, mal einen anderen QR-Code zu knacken; wie zum Beispiel im Rätsel am Ende des Artikels.

Zurück zu den Masken: Die Information, welche Maske zum Einsatz kam, verbirgt sich im Formatstring (siehe Kasten „Formatstring“). Jede der acht möglichen

## Formatstring

Bei QR-Codes kommt außer Reed-Solomon ein weiterer Fehlerkorrekturalgorithmus namens Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH) zum Einsatz, der den Formatstring schützt. Der String kommt an zwei Orten im QR-Code vor und setzt sich aus insgesamt 15 Bits zusammen: zwei Bits für den Level der Fehlerkorrektur und drei Bits für die Maske. Die restlichen zehn sind für die Fehlerkorrektur. Im Folgenden erklären wir, wie die Fehlerkorrektur mit BCH berechnet wird.

Falls Sie einen Blick in den ISO-Standard werfen, stellen Sie fest, dass sich die Reihenfolge und Nummerierung der Masken von der in unserer Infografik unterscheidet. Das liegt daran, dass auf dem Formatstring eine spezielle Maske aufliegt, die verhindern soll, dass irgendeine Kombination von Level der Fehlerkorrektur und Maske fünf Nullen hintereinander ergibt. Dadurch ergeben sich für die Infografik eine andere Reihenfolge und Kennzeichnung, als es der ISO-Standard vorschreibt. Unsere Infografik berücksichtigt im Grunde also nur die draufgelegte Maske, wodurch sich zwar andere Reihenfolgen ergeben, aber so brauchen Sie nicht den Formatstring lernen, um einen QR-Code zu dekodieren. Für den Formatstring dagegen benötigt man die originale rohe Maskeninformation, und die stammt aus dem ISO-Standard (siehe [ct.de/yvy2](https://ct.de/yvy2)).

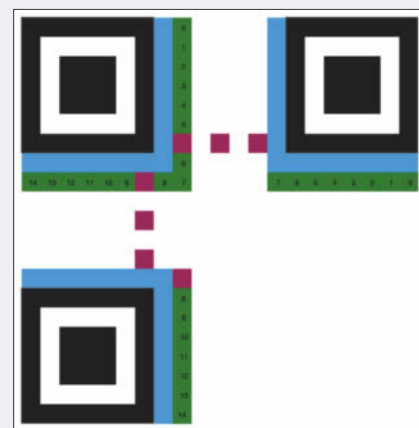
Für die Fehlerkorrektur kommen folgende vier Level infrage: L lässt 7 Prozent Schaden zu (01), M 15 Prozent (00), Q 25 Prozent (11) und H 30 Prozent (10). Je nachdem, wie der rohe QR-Code aussieht, kann sich der Generator für eine von

acht Masken entscheiden, die von 000 bis 111 binär durchnummeriert sind (eine Liste finden Sie unter [ct.de/yvy2](https://ct.de/yvy2)). Der QR-Code mit der Nachricht „ct.de“ verwendet die Fehlerkorrektur L (01) und die Maske 010 (aus dem ISO-Standard), kombiniert ergibt das 01010. Als Nächstes berechnet man aus dem 5-Bit-Original 10 Bit an Fehlerkorrektur. Doch dafür braucht man einen Generator.

Für jede Version eines QR-Codes gibt es eine festgelegte Generator-Gleichung; für Version 1 lautet er  $x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$ . Keine Angst, die Gleichung brauchen Sie sich nicht zu merken. Die Gleichung übersetzt man in binär von links nach rechts: Jedes  $x^n$  ergibt eine 1, fehlende Exponenten wie  $x^9$ ,  $x^7$  oder  $x^6$  eine 0. Somit kommt 10100110111 als der Generator heraus.

Danach bringt man das Original 01010 auf eine Länge von 15 Bits, indem man zehn Nullen anhängt. Danach werden vorne überstehende Nullen entfernt. Der Formatstring lautet damit vorerst 101000000000000, mit einer Länge von 14 Bits. Man verrechnet nun so lange den Formatstring mit dem Generator, bis das Ergebnis zehn Bits oder kürzer ist. Damit man beide Zahlen verrechnen kann, bringt man den Generator ebenfalls auf eine Länge von 14 Bits, indem man die fehlenden drei Nullen anhängt (10100110111000).

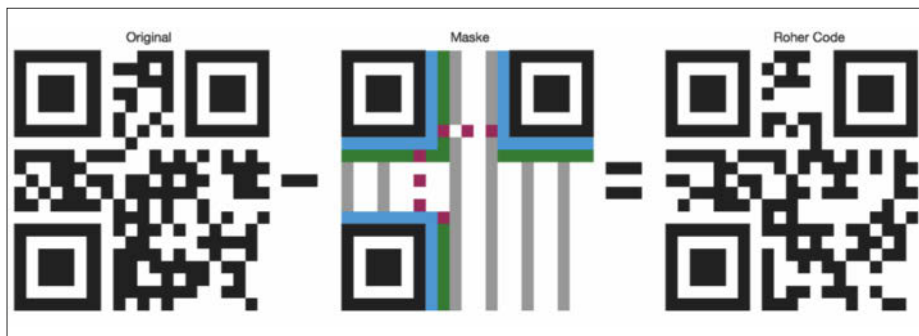
Für die Kalkulation beider Zahlen braucht man den XOR-Operator: Jede Kombination von 0 und 1 ergibt 1, während bei 0 und 0 sowie 1 und 1 eine 0 herauskommt. Das ist bei dem Beispiel gleich beim ersten Versuch erreicht:



**Gegen Schäden geschützt: An zwei Stellen im QR-Code können Sie den Formatstring ablesen.**

101000000000000 XOR 10100110111000 = 00000110111000. Manchmal benötigt man aber mehrere Durchläufe. Schneidet man die Nullen auf der linken Seite alle ab, kommt ein 9 Bit langer String heraus. Da der String aber 10 Bits lang sein soll, muss man eine Null auf der linken Seite übrig lassen. Der rohe Formatstring besteht jetzt aus dem Original 01010 und der gerade berechneten Fehlerkorrektur 0110111000.

Zuletzt legt man die Maske 101010000010010 via XOR auf den rohen Formatstring. Der finale Formatstring lautet also 010100110111000 XOR 101010000010010 = 111110110101010. Das entspricht den exakten 15 Bits, wie Sie sie auf dem Aufmacher oder dem Beispiel-QR-Code sehen.



Mit unserer Excel-Vorlage können Sie spielend leicht erkennen, welche Felder Sie bei dem QR-Code invertieren müssen.

Masken besitzt eine dreistellige Kombination an Bits, die Sie an zwei Orten im QR-Code ablesen können. Die Infografik „Masken“ schlüsselt für Sie auf, welche Bits für welche Maske stehen.

Für den Beispielscode lauten die Bits 111, was der ersten Maske und der mathematischen Formel  $j \bmod 3 = 0$  entspricht ( $j$  steht für die Spaltennummer, beginnend bei 0, „mod“ liefert den Rest einer Division). Das bedeutet, dass Sie jede dritte senkrechte Zeile invertieren müssen, beginnend mit der ersten. Das können Sie in unserer Vorlage per Hand erledigen, indem Sie die einzelnen Felder umfärben. Dann sieht es ungefähr so aus wie auf dem Bild oben. Obacht: Sie können nicht einfach alle Pixel austauschen, denn es gibt Bereiche, die Sie nicht anfassen dürfen. Das trifft auf die Positionsstellen und direkten Nachbarpixel zu, den Formatstring, die Abstandspunkte und das Dark Module.

## Kodierung

Jetzt liegt der QR-Code nackt und unmaskiert dar. Sie benötigen aber noch zwei weitere Informationen, um den Code endlich dekodieren zu können. Zuerst müssen Sie herausbekommen, wie die Nachricht kodiert wurde. Außerdem noch, wie lang die Nachricht ist.

Je nachdem, welches Verfahren der Generator verwendet hat, unterscheidet sich, wie viele Bits hintereinander ein Zeichen darstellen. Denn QR-Codes speichern die Nachricht nicht als Ganzes ab, sondern zerlegen sie in einzelne Zeichen und verpacken die dann beispielsweise binär in einem Block der Größe  $2 \times 4$ . Welche Kodierung also der Generator benutzt hat, erkennen Sie an den vier Pixeln ganz unten rechts in der Ecke. Den  $2 \times 2$ -Block sowie alle folgenden müssen Sie übrigens ganz speziell auslesen (siehe Infografik

„Leserichtung“), angefangen ganz unten rechts. Ein weißes Feld steht für 0, ein schwarzes für eine 1.

Es gibt hierfür acht Möglichkeiten, aber relevant sind nur vier davon: Der numerische Modus (0001) liegt vor, wenn der QR-Code ausschließlich aus den Dezimalzahlen 0 bis 9 besteht. Alphanumerisch (0010) nimmt die Großbuchstaben von A bis Z ohne Umlaute hinzu und ein paar Sonderzeichen wie Dollar, Plus, Minus oder Punkt. Über [ct.de/yvy2](http://ct.de/yvy2) finden Sie eine Übersetzungstabelle.

Der am häufigsten vorkommende Encoding-Modus ist 0100 und steht für den Byte-Modus. Damit kann man beliebige Daten in binär kodieren; handelt es sich um Text wie in URLs, dann kommen die verfügbaren Zeichen aus der Zeichentabelle ISO 8859-1. Der Modus bringt das klein geschriebene Alphabet mit, eine große Anzahl an Umlauten und eine ganze Palette an Sonderzeichen. Den letzten Modus treffen Sie vermutlich seltener an,

denn hinter 1000 verbirgt sich das japanische Schriftsystem Kanji.

Der Beispiels-QR-Code benutzt den Byte-Modus (0100), was bedeutet, dass jedes Zeichen einem  $2 \times 4$ -Block entspricht. Jetzt brauchen Sie nur noch die Länge der Nachricht, um herauszubekommen, wie viele Blöcke Sie hintereinander dechiffrieren müssen. Im Falle des Beispiels wissen Sie die Antwort schon (ct.de = 5 Zeichen), bei einem unbekannten QR-Code aber nicht. Daher erklären wir noch mal, wo sich die Information befindet und wie sie Sie auslesen.

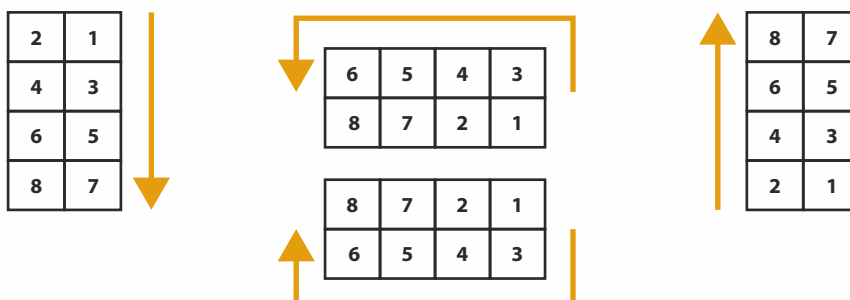
Die 8 Pixel ( $2 \times 4$ -Block) direkt über dem  $2 \times 2$ -Block mit der Encoding-Information sind für die Länge der Nachricht reserviert. Beachten Sie auch hier wieder die spezielle Leserichtung der Blöcke (siehe Infografik „Leserichtung“)! Sie fangen also wieder unten rechts im Block an, lesen im Zickzack nach oben und schreiben jede neue Zahl rechts dazu. Für die Länge kommt die Bit-Reihenfolge 00000101 heraus. Die Umrechnung können Sie einem entsprechenden binär zu dezimal Rechner überlassen oder es selbst per Hand versuchen. Spoiler: Die Lösung lautet 5; so viele Blöcke müssen Sie dechiffrieren, um an die Botschaft zu gelangen.

## Nachricht

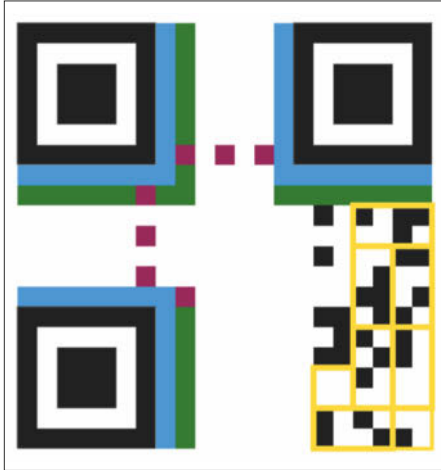
Jetzt können Sie, ausgehend von den schon fertigen zwei Blöcken, fünf weitere Blöcke in der korrekten Leserichtung markieren (das sollte ungefähr so aussehen wie auf dem Bild aus unserer Vorlage auf S. 147). Stellen Sie sich vor, als würden Sie von dem allerersten Block unten rechts mit der En-

## Leserichtung

QR-Codes liest man in einem speziellen Zickzack-Verfahren aus: Angefangen mit dem Pixel ganz unten rechts. Oben angekommen, dreht die Leserichtung und man liest die Blöcke von oben nach unten aus. Größere Versionen können abweichende Blöcke haben, da Positionsstellen im Code die Blöcke auseinanderziehen.







Ganz unten rechts sitzt der Encoding-Block, darüber ein 2-x-4-Block mit der Länge der Nachricht. Daraufhin folgt die Nachricht („ct.de“) aus fünf Blöcken, die bei einem 2 x 2 großen Block aus weißen Pixeln stoppt.

coding-Information eine Zickzacklinie durch alle Blöcke ziehen. Dabei dürfen Sie nicht in die reservierten Bereiche hineintappen. Zu den verbotenen Zonen gehören wie zuvor erklärt der Formatstring, die Positionsmuster, das Dark Module und die Zeilen mit den Abstandspunkten. Ein 2 x 2 Pixel großer weißer Block nach den fünf Blöcken signalisiert das Ende des Klartextes. Alle folgenden Blöcke brauchen Sie nicht zu entschlüsseln, da es sich um die Fehlerkorrektur handelt.

Im ersten Block der Nachricht steht die binäre Zahl 01100011, was in Dezimal umgerechnet 99 ergibt. Ein Blick in die ISO 8859-1 Tabelle verrät (siehe ct.de/yvy2), dass es sich um den Buchstaben „c“ handelt. Der zweite Block liegt seitwärts, passen Sie daher auf, dass Sie den Block korrekt auslesen (siehe Infografik „Lese-richtung“). Diesmal kommt binär kodiert 01110100 heraus. Das ist 116 im Dezimalsystem und laut der Tabelle ein „t“.

Blieben Sie aufmerksam, die Leserichtung ändert sich wieder! Jetzt lesen Sie die nächsten beiden Blöcke von oben nach unten aus. Für den dritten Block sollten Sie 00101110 herausbekommen; an Stelle 46 in der Tabelle steht dann wie erwartet ein Punkt. Damit haben Sie schon mal mehr als die Hälfte erfolgreich dekodiert. Hinter dem vierten Block verbirgt sich der Buchstabe „d“ (01100100, in dezimal 100), beim letzten Block müssen Sie wieder die geänderte Leserichtung beachten. Für die binäre Darstellung 01100101 (Dezimal: 101) kommt der Buchstabe „e“ he-

raus. Wenn Sie alles richtig aufgeschrieben haben, sollten Sie gegen einen weißen 2-x-2-Block stoßen, dem Ende des Klartextes. Damit haben Sie die Botschaft „ct.de“ erfolgreich dekodiert.

### Letztes Bit

Einen QR-Code per Hand zu entziffern, wird niemals schneller sein als der mobile Begleiter in der Hosentasche. Nichtsdestotrotz lernen Sie auf diese Weise eine Menge über die Funktionsweise der QR-Codes kennen und können sie ohne technische Hilfsmittel dekodieren. Das ist zwar im Alltag nicht wirklich nützlich, hat aber einen hohen Nerd-Faktor! Sudokus kann schließlich jeder lösen, aber QR-Codes?

Wenn Sie nach der Lektüre nun das Gefühl haben, einen QR-Code per Hand dekodieren zu können, dann probieren Sie Ihr frisch erlangtes Wissen ruhig an unserem kleinen Rätsel aus (der Code befindet sich ebenfalls in der Excel-Vorlage). Wir haben den QR-Code im Bild unten absichtlich so stark beschädigt, dass er nicht mehr scanbar ist. Mit den obigen Schritten können Sie die verlorene Botschaft trotzdem entschlüsseln. Viel Spaß!

(wid@ct.de) ct

### Literatur

- [1] André Kramer, Quadratisch, praktisch, Code, Erfinderische und praktische Anwendungen für QR-Codes, c't 7/2013, S. 140
- [2] Gerald Himmelein, Multipass, Inhalt, Apps und Datenschutz: So funktioniert das digitale Impfsertifikat, c't 15/2021, S. 34
- [3] Jan Mahn, Schöner zahlen, Rechnungen schneller überweisen mit QR-Codes, c't 7/2022, S. 138



**Rätsel: Diesen QR-Code haben wir absichtlich so weit zerstört, dass er nicht mehr scanbar ist. Schaffen Sie es, die Botschaft im QR-Code zu retten?**

## Kleiner Pico – großer Spaß!



Exklusiv im  
heise Shop

Mit dem **Make Special Pi Pico** steigen Sie ein in die Welt der Programmierung von ARM-Mikrocontrollern. Make zeigt in dem 64-seitigen Special, welche Entwicklungsumgebungen es für den Raspberry Pi Pico gibt, wie man sie installiert und wie man sie nutzt:

- Den Pi Pico programmieren mit Basic, MicroPython oder C++
- Sensoren und Mini-Displays nutzen
- NeoPixel per PIO-Funktion kontrollieren
- inkl. Raspberry Pi Pico, Modell RP2040 Mikrocontroller-Board

Heft + Raspberry Pi Pico für 24,95 €



[shop.heise.de/make-pico](https://shop.heise.de/make-pico)

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.

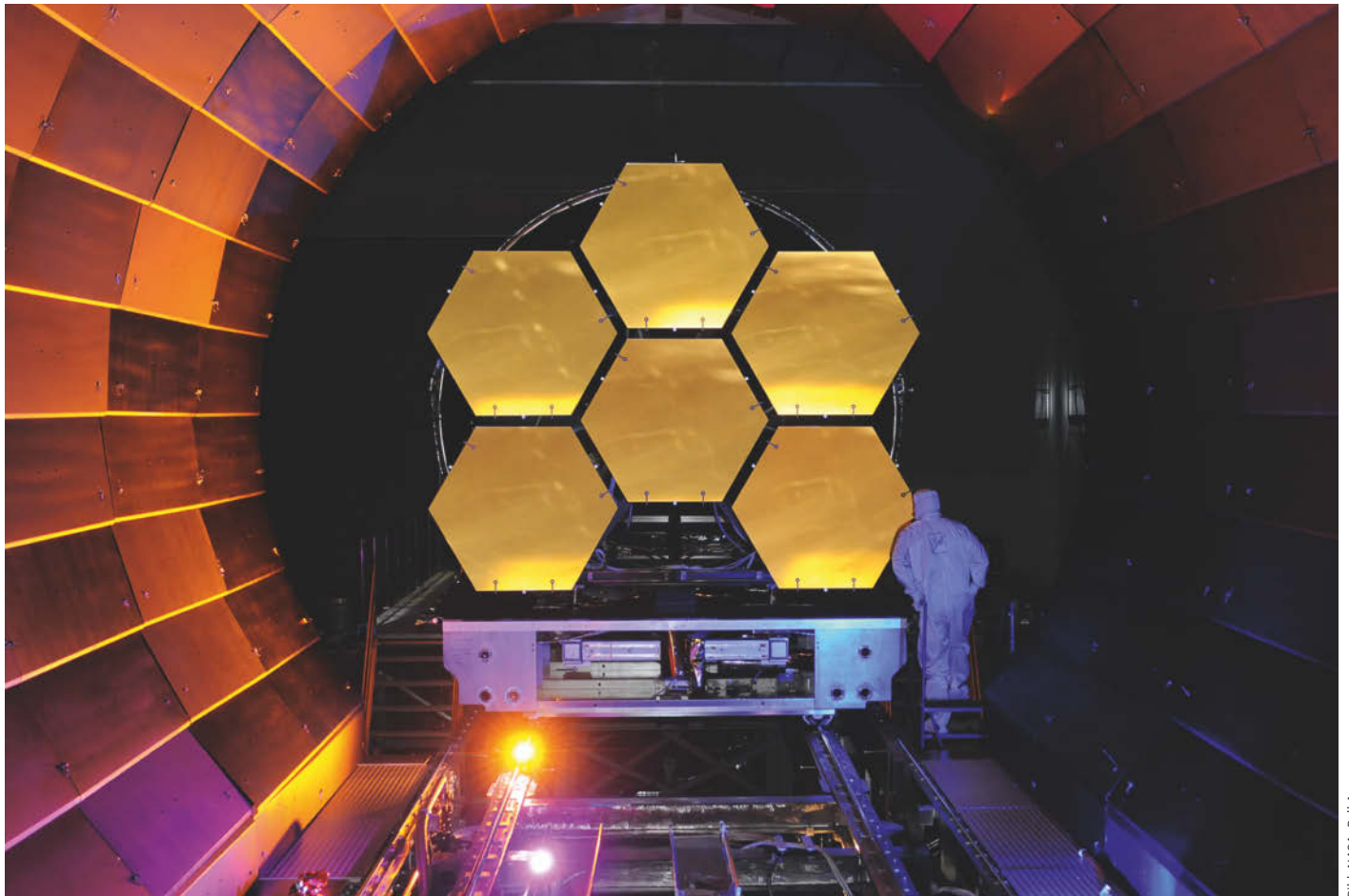


Bild: NASA, Ball Aerospace

# Verschärfter Blick ins Universum

## So funktioniert das James-Webb-Weltraumteleskop

**Das James-Webb-Weltraumteleskop ist das größte Weltraumteleskop, das je gebaut wurde. Mit ihm erhofft sich die Wissenschaft, mehr über den Beginn des Universums, weit entfernte Planeten und unser eigenes Sonnensystem zu lernen. So funktionieren seine Sensoren – und so kommen Sie an die ersten Daten.**

Von Dr. Sabrina Patsch

**E**in gutes Teleskop können begeisterte Sterngucker bereits für wenige hundert Euro kaufen, eine Auswahl haben wir Ihnen bereits vorgestellt [1]. Meist röhrenförmig sind im Inneren Spiegel und Linsen verbaut, die einen Blick auf Planeten oder Kometen erlauben. Den großen Weltraumagenturen reichen solche Gerätschaften nicht. Und so hat die NASA im Dezember 2021 in Kooperation mit der European Space Agency (ESA) und der Canadian Space Agency (CSA) ein 10 Milliarden US-Dollar teures Teleskop in den Weltraum geschossen: das James-Webb-Weltraumteleskop (James-Webb-Space-

Telescope, JWST). James Webb war der zweite Administrator der NASA und – im Unterschied zu Edwin Hubble, dem Namensgeber des 1990 gestarteten Hubble-Weltraumteleskops – kein Wissenschaftler, sondern Manager.

Was unterscheidet das JWST von handelsüblichen oder bereits vorhandenen wissenschaftlichen Teleskopen, und welche Durchbrüche erhoffen sich Wissenschaftler davon? Der entscheidende Vorteil von Weltraumteleskopen wie dem JWST und Hubble ist, dass sie sich außerhalb der störenden Erdatmosphäre befinden. Ohne diese könnten wir nicht atmen, für die As-



tronomie ist sie aber ein Hindernis. Unruhen in der Luft erschweren die Aufnahme von Bildern des Sternenhimmels von der Erdoberfläche aus. Das Problem kann man sogar mit bloßem Auge beobachten: Wenn Sie in einer sternenklaren Nacht in den Himmel blicken, können Sie die Sterne funkeln sehen. Das liegt an unregelmäßigen Luftschichten, die die Lichtstrahlen verzerren und leicht von ihrer Bahn ablenken. Das verringert die Auflösung astronomischer Messungen und die effektivste Methode, sie zu erhöhen, besteht darin, das Teleskop außerhalb der Atmosphäre im Weltall zu stationieren.

### Die Bahn des JWST und Lagrange-Punkte

Viele Weltraumteleskope befinden sich wie Satelliten in einer Umlaufbahn um die Erde. Das Hubble-Teleskop umkreist die Erde in einer Distanz von 550 Kilometern in nur knapp anderthalb Stunden. Das JWST hingegen musste einen Monat lang zu seinem 1,5 Millionen Kilometer weit entfernten Ziel reisen. Damit ist es etwa viermal so weit von der Erde entfernt wie der Mond. Das Ziel seiner Reise war der sogenannte Lagrange-Punkt  $L_2$ . Im System von Sonne und Erde gibt es insgesamt fünf solcher Lagrange-Punkte, die sich dadurch auszeichnen, dass dort ein Kräftegleichgewicht besteht. Die Schwerkraft der beiden Himmelskörper gleicht die Zentripetalkraft der Kreisbewegung exakt aus. Anders ausgedrückt: Sonne und Erde zerren ein Objekt im Lagrange-Punkt genauso stark zu sich hin, wie es durch die Fliehkräfte auf seiner Bahn um die Sonne nach außen gedrückt wird. Befindet sich ein Objekt, zum Beispiel ein Teleskop, in einem Lagrange-Punkt, kann es die Sonne ohne zusätzlichen Antrieb umkreisen. Von der Erde aus gesehen steht das Objekt dabei still – tatsächlich bewegt es sich aber mit der gleichen Umlaufzeit wie die Erde um die Sonne.

Der Lagrange-Punkt  $L_2$ , in dem sich das JWST seit Ende Januar befindet, liegt von der Sonne aus gesehen hinter der Erde und das Teleskop blickt permanent auf ihre dunkle Seite. Die nach dem Start des Teleskops oft zu lesende Behauptung, im Punkt  $L_2$  könne JWST wegen des Kräftegleichgewichts für immer ruhen, stimmt allerdings nicht. Der Punkt  $L_2$  gehört zu den metastabilen Lagrange-Punkten. Mit der Zeit driften Objekte weg von diesem Punkt auf eine eigene Umlaufbahn um die Sonne. JWST muss also mit kleinen Stößen aus dem Triebwerk immer wieder seine Posi-

tion korrigieren. Außerdem ruht es nicht – es kreist vielmehr um  $L_2$ . Das hat noch einen anderen Vorteil: So kann es den Erdschatten verlassen und sich mithilfe von Solarzellen mit elektrischem Strom versorgen. Die andere Seite des Teleskops zeigt hingegen immer ins Dunkel des Weltalls und wird nicht von der Sonne oder der Erde gestört. Aber was genau beobachten die Sensoren auf der erdabgewandten Seite? Und was hat es mit dem Sonnensegel und dem goldenen Spiegel auf sich, die sämtliche Medien immer wieder zeigen? Um diesen Aufbau zu verstehen, muss man erst die Forschungsziele kennen.

### Infrarotstrahlung und Rotverschiebung

Außerhalb der Erdatmosphäre kann das JWST kosmische Strahlung ungefiltert empfangen. Das Gasgemisch der Erdatmosphäre besteht aus verschiedenen Molekülen, größtenteils Stickstoff und Sauerstoff, die große Teile einfallender Strahlung absorbieren. Neben der schädlichen Gamma-, Röntgen- und UV-Strahlung betrifft dies auch Infrarotstrahlung, auf die das JWST spezialisiert ist. Diese Spezialisierung hat gleich zwei Gründe: Zum einen hat Infrarotstrahlung eine größere Wellenlänge als sichtbares Licht und kann deshalb den Staubteilchen im Weltall leichter ausweichen. So erreicht auch Infrarotstrahlung von entfernten Sternen

### c't kompakt

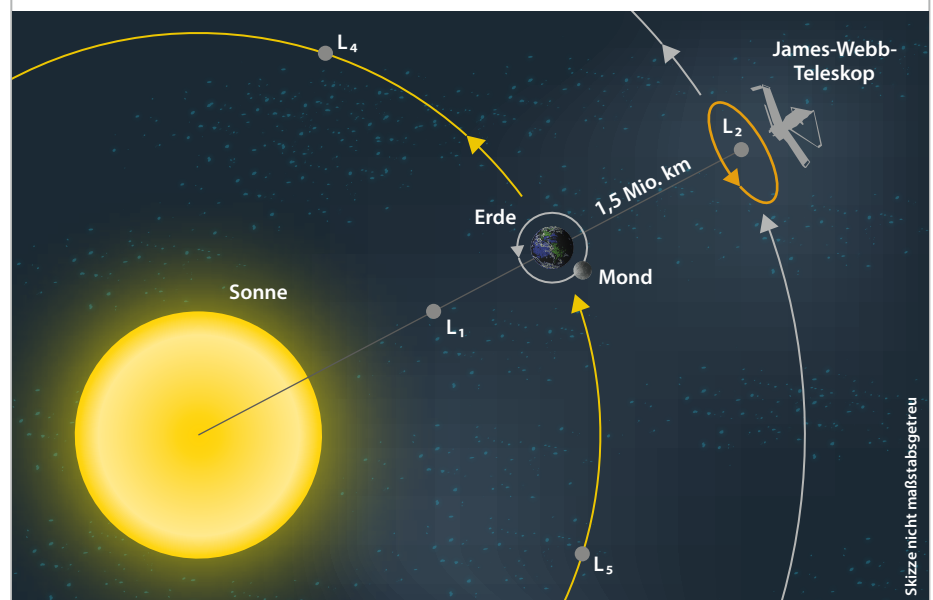
- Das James-Webb-Space-Telescope (JWST) ist ein 10 Milliarden US-Dollar teures Teleskop, das NASA, ESA und CSA gemeinsam gebaut haben.
- Die Instrumente sollen zahlreiche Forschungsfragen beantworten. Für einen Blick in die Vergangenheit des Universums detektieren sie Infrarotstrahlung.
- Die ersten Daten kommen bereits auf der Erde an – und stehen öffentlich zum Download bereit.

und Planeten noch den Detektor des Teleskops. Zum anderen ermöglicht Infrarotstrahlung einen Blick in die Vergangenheit und damit in die frühe Geschichte unseres Universums.

Das hat mit einem Effekt zu tun, den Forscher Anfang des 20. Jahrhunderts entdeckten und der als Rotverschiebung bekannt wurde: Das Licht weit entfernter Galaxien wird auf dem Weg zu uns „ausgedehnt“, seine Wellenlänge wird länger, je weiter die Strahlung gereist ist. Blaues Licht verschiebt sich erst in den roten Bereich, dann in den infraroten. Dieser Effekt ist mit dem Doppler-Effekt verwandt, den Sie beim Vorbeifahren eines Kranken-

## James-Webb-Teleskop am Punkt $L_2$

Das JWST kreist um den zweiten Lagrange-Punkt, etwa 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt.



wagens vernehmen können. Genau wie die Schallwelle der Sirene gestreckt und der Ton tiefer wird, wenn sich der Krankenwagen von Ihnen entfernt, so wird auch die Wellenlänge von Licht gestreckt, wenn sich ein Objekt von uns entfernt. Die Rotverschiebung des Lichts lässt sich, anders als der Doppler-Effekt, jedoch nicht nur durch das reine Auseinanderdriften von Himmelskörpern erklären. Und hier wird es für Nicht-Physiker etwas verrückt: Das Licht wird auch deshalb gestreckt, weil sich der Raum selbst ausdehnt. Diese Erkenntnis folgte aus Albert Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie und ist im Einklang mit der Urknalltheorie.

Die Urknalltheorie besagt, dass das gesamte Universum vor 13,8 Milliarden Jahren in einem einzigen Punkt komprimiert war. In Bruchteilen einer Sekunde dehnte es sich enorm aus – Materie und Energie drifteten nicht nur auseinander, sondern der Raum selbst expandierte und tut es bis heute. Nach dieser kosmischen Inflation entstanden die ersten subatomaren Teilchen. Das Universum kühlte ab und in der sogenannten Rekombinationsphase verbanden sich Teilchen zu ersten leichten Atomen wie Wasserstoff.

### Wissenschaftliches Ziel: erste Galaxien

Anschließend, etwa 4000 Jahre nach dem Urknall, wurde es sehr dunkel im Universum – das dunkle Zeitalter begann. Das Universum war mit einer undurchsichtigen Ursuppe aus Wasserstoff, Helium und dunkler Materie gefüllt. Erst 100 Millio-

nen Jahre später kühlte es so weit ab, dass sich erste Sterne und Galaxien bilden konnten. Diese ersten Sterne waren riesig, etwa zweihundertmal größer als unsere Sonne, und brannten heiß und schnell: Sie verglühten vermutlich bereits nach wenigen Millionen Jahren. Unsere Sonne dagegen ist bereits knapp fünf Milliarden Jahre alt und hat damit noch nicht einmal die Hälfte ihrer Tage gezählt. Als diese ersten Sterne verglühten, läuteten sie ein neues Zeitalter ein. Sie zerlegten Atome erneut in ihre Bestandteile – ionisierten sie. Im Unterschied zur Ursuppe aus Atomen ließen die Ionen Licht passieren und es wurde wieder hell im Universum.

Diese Phase der Reionisierung ist in der Forschung noch immer ein Rätsel. Mithilfe des JWST will man jetzt einen Blick auf diese frühe Vorzeit unseres Universums werfen, um sie besser zu verstehen. Denn wenn Teleskope weit entfernte Galaxien beobachten, schauen sie tatsächlich in ihre Vergangenheit. Die uns nächstgelegene Galaxie ist die Andromedagalaxie in 2,5 Millionen Lichtjahren Entfernung. Ein Lichtjahr ist die Distanz, die Licht in einem Jahr zurücklegt – etwa zehn Billionen Kilometer. Das Licht, das uns heute von der Andromedagalaxie erreicht, ist also bereits 2,5 Millionen Jahre unterwegs. Würden Außerirdische heute aus der Andromedagalaxie zur Erde schauen, könnten sie hier die ersten Menschen wandeln sehen.

Das Licht, das uns heute von circa 12,8 bis 13,6 Milliarden Lichtjahren entfernten Galaxien erreicht, gestattet uns also einen

Blick auf den Zustand des Universums während der Reionisierungsphase. Es wurde auf seinem langen Weg durch das Universum jedoch stark rotverschoben. Seit dem Beginn der Rekombinationsphase hat sich das Universum etwa um den Faktor 20 ausgedehnt. Daher besitzt das Licht, das frühe Sterne ausgesendet haben, heute eine 20-mal so große Wellenlänge und lässt sich im infraroten Bereich detektieren. Doch der Blick in die Vergangenheit ist nicht nur für das Verständnis der Rekombinationsphase interessant – er hilft auch, die Entwicklung von Galaxien zu verstehen.

### Wissenschaftliches Ziel: Evolution von Galaxien

Galaxien treten in vielen Variationen auf, verändern sich mit der Zeit, verschmelzen miteinander oder bilden sich neu. All diese Prozesse können nicht in Echtzeit beobachtet oder im Labor nachgestellt werden, weil sie auf astronomischen Zeitskalen stattfinden. So soll zum Beispiel unsere Milchstraße in einigen Milliarden Jahren mit der Andromedagalaxie kollidieren – dabei sein können wir sicher nicht. Stattdessen beobachten Wissenschaftler heute viele unterschiedlich weit entfernte Galaxien in unterschiedlichen Phasen ihrer Entwicklung und versuchen, die Beobachtungen in der korrekten Reihenfolge zusammenzupuzzeln. Mithilfe des JWST wollen sie zum Beispiel die Bewegung und Position einer benachbarten Zwerggalaxie bestimmen. Außerdem planen sie, die chemische Zusammensetzung verschiedener Galaxien zu entschlüsseln und mit der Milchstraße zu vergleichen – zum Einsatz kommt sogenannte Spektroskopie (siehe Kasten rechts).

### Wissenschaftliches Ziel: Sternenformation

Die dritte Aufgabe des Webb-Teleskops ist ein Blick auf die Entstehung von Sternen. Sterne wie unsere Sonne bestehen zum Großteil aus Wasserstoff, der im Kern unter großem Druck zu Helium fusioniert. Die bei dieser Verschmelzung frei werdende Energie lässt unsere Sonne strahlen und heizt sie auf enorme Temperaturen auf. In etwa 5 Milliarden Jahren wird die Sonne ihren Wasserstoffvorrat aufgebraucht haben und kollabieren. Der Kern heizt sich dabei auf und kann zur nächsten Stufe übergehen: Helium fusioniert zu Kohlenstoff und Sauerstoff. Je nach Masse des Sterns können auf diese Weise Elemente



Bild: NASA/Desiree Stover

Schon im Jahr 2017 klappten NASA-Mitarbeiter den Spiegel des JWST im Goddard Space Flight Center in Greenbelt in den USA auf. 6,5 Meter ist er hoch.



bis zu Eisen und Nickel entstehen. Schwere Elemente entstehen nur bei der Explosion eines Sterns, einer Supernova. Damit sind Sterne die Elementeschmieden und Quelle sämtlicher Rohstoffe und Objekte des Universums: Gas und Staub, neue Sterne, Planeten und letztendlich auch die Ausgangsstoffe für Leben.

Wie und unter welchen Umständen sich neue Sterne bilden, ist jedoch noch nicht vollständig geklärt. Doch es gibt eine heiße Spur. Im Orion-Nebel hat man ein verhältnismäßig kleines Gebiet entdeckt, in dem sich Tausende junge Sterne gebildet haben. Das JWST soll diese sogenannte Sternenkrippe im infraroten Bereich ablichten, sodass man nicht nur den Lebenszyklus von Sternen untersuchen kann, sondern auch die Entstehung von Planeten in einem Sternensystem. Einige der jungen Sterne sind von einer flachen, staubigen Scheibe umgeben, der sogenannten protoplanetaren Scheibe. Über Jahrmillionen verklumpen die Staubteilchen zu Asteroiden, Monden und Planeten – wie es auch rund um unsere Sonne geschehen ist. Ein Blick auf die Sternenkrippe gibt uns nun die Gelegenheit, protoplanetare Scheiben zu untersuchen und mehr über die Planetenbildung zu lernen.

### Wissenschaftliches Ziel: Exoplaneten

Das führt direkt zum letzten großen Ziel des JWST: der Erforschung von Exoplaneten. So heißen Planeten, die einen anderen Stern als unsere heimische Sonne umkreisen. 1995 wurde der erste entdeckt – heute sind über 4000 bekannt. Von besonderem Interesse sind dabei erdähnliche Planeten und die Frage, ob auf ihnen Leben möglich sein könnte. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist, dass er sich im richtigen Abstand zu seiner Sonne befindet, innerhalb der sogenannten habitablen Zone. Nur dann ist es auf der Oberfläche weder zu heiß noch zu kalt für Wasser in flüssiger Form. Die Anzahl von Gesteinsplaneten in der habitablen Zone um sonnenähnliche Sterne wird auf etwa 300 Millionen allein in unserer Milchstraße geschätzt. Entdeckt wurden bisher jedoch nur sehr wenige.

Damit ein Planet bewohnbar ist, muss er weitere Kriterien erfüllen. Seine Atmosphäre bestimmt nicht nur die Temperatur auf der Oberfläche, sondern schützt ihn auch vor schädlicher Strahlung aus dem All. Die Venus zum Beispiel befindet sich am innersten Rand der habitablen Zone

## Spektroskopie

Die Spektroskopie ist eine der wichtigsten physikalischen Techniken, um die Zusammensetzung von Materie zu untersuchen. Mit ihr konnte man bereits Anfang des 19. Jahrhunderts die chemische Zusammensetzung unserer heimischen Sonne entschlüsseln. Wenn weißes Licht auf ein Prisma fällt, spaltet es sich in einen Regenbogen auf. Das Licht wird dabei seiner Wellenlänge nach geordnet, was als Spektrum bezeichnet wird. Untersucht man das Spektrum von Sonnenlicht mit sehr

hoher Auflösung, sieht man dunkle Linien im Regenbogenmuster. Diese stammen aus der Sonne: Alle Atome und Moleküle absorbieren Licht mit einer ganz charakteristischen Wellenlänge. Diese Komponente fehlt anschließend im Spektrum und eine dunkle Linie entsteht. Die Instrumente des JWST können infrarotes Licht spektroskopisch untersuchen – dadurch bekommt man Informationen über die chemische Zusammensetzung von Galaxien, Planeten oder Sternen.

und ähnelt der Erde in ihrer Größe und Beschaffenheit. Doch ihre dichte Atmosphäre besteht zu 96 Prozent aus Kohlendioxid, in ihr entstehen Wolken aus Schwefelsäure. Dies führt zu einem extremen Treibhauseffekt, lebensfeindlichen Temperaturen und einem extremen Luftdruck – als schulterte man 15 Elefanten.

Mithilfe des JWST kann man jetzt die Atmosphären von bekannten Exoplaneten untersuchen. Dafür betrachtet man Sternenlicht, das durch die Atmosphäre des Planeten gefiltert wurde. Mithilfe der Spektroskopie lässt sich dann feststellen, welche Moleküle sich in der Atmosphäre befinden. Im besten Fall kann man so herausfinden, wie die Atmosphären dieser Planeten beschaffen sind, ob Leben möglich wäre und wie sie sich von Planeten unseres eigenen Sonnensystems unterscheiden.

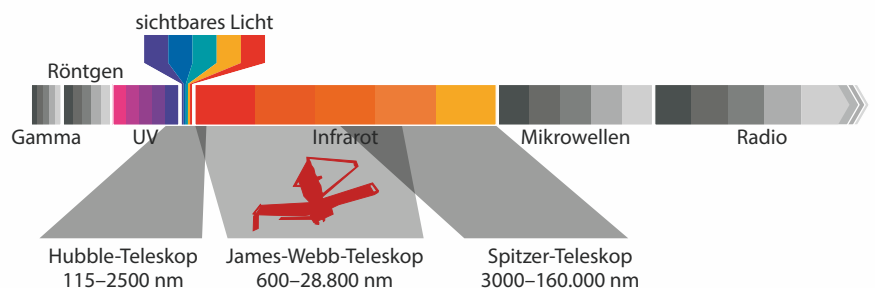
### Breiter aufgestellt

All diese wissenschaftlichen Untersuchungen werden nur aufgrund des ausgefeilten Designs des JWST möglich. Entscheidend ist die Spezialisierung auf Infrac

strahlung, die es vor allem vom berühmten Hubble-Teleskop unterscheidet, das den sichtbaren und UV-Bereich erkundet. Das JWST ist aber nicht das erste Infrarotweltraumteleskop: Zwischen 2003 und 2020 betrieb die NASA das Spitzer-Teleskop, das auf langwellige Infrarotstrahlung spezialisiert war. Das JWST deckt dagegen ein breiteres Spektrum ab und detektiert auch infrarote Strahlung im Grenzbereich zum sichtbaren Licht. Im Gespräch mit c't erklärt Dr. Kai Noeske, Communication Programme Officer for Science der ESA: „Es ist unglaublich wichtig, einen großen Wellenlängenbereich anzuschauen, zum Beispiel um Galaxien zu charakterisieren. Weder sichtbares noch UV- oder infrarotes Licht allein sind da ausreichend.“ Webb schließt nun die wichtige Lücke im elektromagnetischen Spektrum zwischen Hubble und Spitzer. Aufgrund seines größeren Hauptspiegels kann Webb außerdem Bilder mit ungleich höherer Auflösung aufnehmen als Spitzer. Damit ist Webb die ideale Kombination aus der Infrarot-Detektion von

## JWST im Vergleich mit Hubble und Spitzer

Die Sensoren des JWST sind für infrarote Strahlung ausgelegt und schließen die Lücke zwischen den Weltraumteleskopen Hubble und Spitzer.



Spitzer und der herausragenden Auflösung von Hubble.

## Spiegel und Sonnensegel

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, musste das Technikteam zwei Probleme lösen. Erstens müssen die Spiegel des Teleskops groß genug sein, um ausreichend Licht zu sammeln. Dazu bediente man sich eines Tricks: Statt einen großen Spiegel zu bauen, setzten die Konstrukteure den 6,5 Meter großen Hauptspiegel des JWST aus 18 hexagonalen goldenen Segmenten mit je 1,32 Meter Durchmesser zusammen. Diese geben Webb sein ikonisches Honigwaben-Design. Es ist der größte Spiegel, der je ins All geschickt wurde, und so sensitiv, dass Webb die Wärmesignatur einer Hummel auf dem Mond detektieren könnte.

Doch dies führt zur zweiten großen Herausforderung: Aufgrund seiner hohen Sensitivität misst das Teleskop nicht nur die gewünschten Signale aus dem Welt- raum, sondern auch Störsignale von sämtlichen warmen Körpern in seiner Umgebung: von Sonne, Erde – und sich selbst. Aus diesem Grund ist Webb mit einem Sonnensegel ausgestattet, auf dem der Hauptspiegel thronet. So groß wie ein Tennisplatz und aus fünf Schichten hauchdün-

ner Folie zusammengesetzt, schützt es das Teleskop vor Wärmestrahlung und kühlt sich selbst. Die Temperaturunterschiede sind extrem: Während sich die der Sonne zugewandte Seite auf bis zu 125 °C aufheizt, kühlt das Segel die sonnenabgewandte Seite auf –235 °C ab. „Nur durch einen guten Sonnenschirm“, beschreibt es

**»Stellen Sie sich vor, Sie bauen eine der kompliziertesten Maschinen, die die Menschheit je gesehen hat, und Sie müssen sie zweimal zusammenfalten und im Weltraum ferngesteuert auseinanderfalten.«**

Kai Noeske, ESA

Noeske. „Da sieht man mal, was eine gute Isolierung ausmachen kann.“

## Technik und Instrumente

Im kühlen Schatten befindet sich auch das Herzstück des JWST: die vier optischen Geräte, die das einfallende Licht verarbeiten. Während das JWST mit seinem Spiegel sehr eindrucksvoll aussieht, erklärt Noeske die Sensoren schmunzelnd: „Ganz ehrlich, Teleskop-Instrumente sehen immer aus wie Kisten, die man in Alufolie verpackt hat.“ Doch diese Kisten haben es in sich. Sie können Bilder und Spektren

aufnehmen und haben unterschiedliche Schwerpunkte. Drei von ihnen sind speziell für den nahen Infrarotbereich bestimmt: NIRSpec (Near-Infrared Spectrograph), NIRCам (Near-Infrared Camera) und FGS/NIRISS (Near-Infrared Slitless Spectrograph/Fine Guidance Sensor). Das vierte Gerät, MIRI (Mid-Infrared Instrument), agiert im mittleren (also längerwelligen) Infrarotbereich.

Die ESA steuerte das sehr vielseitige NIRSpec zur Mission bei, das aufgrund einer neuen Technik hundert Objekte gleichzeitig beobachten kann. Das einfallende Licht nimmt einen komplizierten Weg durch das Gerät, den Noeske als „perfektes Photonen-Ping-Pong“ bezeichnet. Besonderes Highlight ist das sogenannte Microshutter-Array: Mithilfe von 250.000 Verschlusszellen, jede etwa so breit wie ein Haar, kann Webb den Himmel durch winzige Fenster beobachten und für jeden Ausschnitt separate Spektren anfertigen. „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte, ein Spektrum sagt mehr als tausend Bilder“, sagt Noeske.

## Test und Transport

Ein weiterer essenzieller Unterschied zu Hubble ist die Position des JWST am Lagrange-Punkt. Während der Spiegel von Hubble nach dem Start mit einem Space Shuttle repariert werden konnte, sind nachträgliche Reparaturen an Webb unmöglich. „Die Geräte wurden vor dem Start alle ausführlich getestet“, erklärt Noeske, „zum Teil in einem Space Simulator, der Temperatur und Druck im Welt- raum simuliert. Doch es gibt viele Komponenten, die trotzdem schwierig zu testen sind. Der Lärm der Rakete beim Start verursacht starke Vibrationen, die die Geräte beeinflussen. Selbst die Verdunstung von Flüssigkeiten auf den Geräten verursacht einen Rückstoß, der die Flugbahn beeinflussen kann.“

Zusätzlich erschwert wird die Mission durch die Größe des JWST. Keine Rakete könnte das Teleskop ausgeklappt in den Weltraum bringen. Deshalb musste das Teleskop für den Transport in der von der ESA zur Verfügung gestellten Ariane-5-Rakete zusammengefaltet werden. „Stellen Sie sich vor, Sie bauen eine der kompliziertesten Maschinen, die die

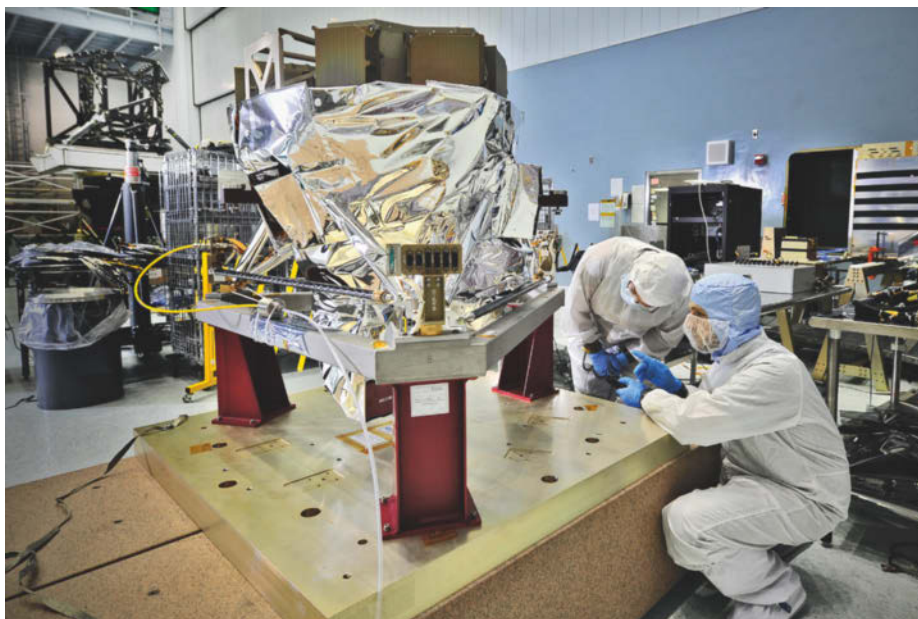


Bild: NASA/Chris Gunn

Das „Mid-Infrared Instrument“ (MIRI) detektiert den mittleren Infrarotbereich zwischen 5 und 28 Mikrometer. Verbaut sind eine Kamera und ein Spektrograf.





Bild: NASA, ESA, CSA, STScI

Eines der ersten veröffentlichten Bilder des JWST: Die Sternenkrippe NGC 3324 im Carinanebel, 7600 Lichtjahre entfernt.

Menschheit je gesehen hat, und Sie müssen sie zweimal zusammenfalten und im Weltraum ferngesteuert auseinanderfalten. Und dann alle Spiegelsegmente und Bauteile nanometergenau ausrichten, damit alles funktioniert. Das hat keiner für möglich gehalten“, erinnert sich Noeske. Schlussendlich hat der Start besser funktioniert, als viele zu hoffen gewagt hatten. „Der Start der Rakete war so unglaublich präzise, dass fast keine Korrekturmanöver ausgeführt werden mussten. Daher hat sie nur sehr wenig Treibstoff verbraucht.“ Der Treibstoffvorrat ist maßgeblich für die Missionsdauer, da er für Korrekturen des Orbits um den Lagrange-Punkt benötigt wird. Man rechnete mit einer Missionsdauer von fünf bis zehn Jahren. „Der Start war so gut, dass wir jetzt davon ausgehen, das Teleskop wird möglicherweise zwanzig Jahre oder länger operieren können.“

### Stand heute und die ersten Daten

Wenn Sie diesen Artikel lesen, befindet sich das JWST an seinem Ziel. Die Kalibrierung ist abgeschlossen, die Instrumente wurden getestet und die ersten Kalibrierungsbilder aufgenommen. Diese beeindruckten bereits mit ihrer Schärfe. „Das zeigt, dass der gesamte komplexe Prozess – die Konstruktion, die Tests, die Auffaltung – funktioniert hat, und zwar

besser, als man sich hätte träumen lassen. Diese ersten Bilder sehen wir als Symbol, dass dieses enorme Projekt Webb funktioniert und dass es jetzt so weit ist, Wissenschaft zu liefern“, fasst Noeske zusammen. Am 12. 7. veröffentlichte die NASA die ersten fünf Bilder. Die Instrumente NIR-Cam und MIRI lieferten das Bild der Sternenkrippe NGC 3324 im Carinanebel. Es zeigt eine mit Sternen gespickte, gigantische und rot schimmernde Wolke aus Gas und Staub, in der sich neue Sternensysteme bilden. Der höchste Gipfel dieser kosmischen Klippen ist sieben Lichtjahre hoch. Das Licht der Sterne kann die Wolke nur durchdringen und von Webb detektiert werden, weil dessen Instrumente im infraroten Bereich arbeiten.

Die Auflösung der Bilder ist unvergleichlich – sie kamen jedoch nicht in dieser Form direkt vom JWST. Vielmehr mussten die Rohdaten der Infrarotsensoren aufwendig bearbeitet werden, um daraus Fotos für unsere Augen zu machen.

Gleich bei den ersten Aufnahmen überzeugen konnte JWST auch mit seinen Talenten im Bereich Spektroskopie: In der Atmosphäre des Exoplaneten WASP-96 b machte das Instrument NIRISS die Signaturen von Wasser und Wasserdampf aus. Der Planet umkreist einen sonnenähnlichen Stern, mit Leben dürfte es auf WASP-96 b aber dennoch schwierig werden: Es

handelt sich um einen Gas- und nicht um einen Gesteinsplaneten.

Wenn Sie jetzt neugierig sind und selbst Daten ferner Galaxien auswerten wollen, gibt es gute Nachrichten: Eine Besonderheit des Projekts besteht darin, dass die während der ersten fünf Monate im Rahmen des „Director’s Discretionary Early Release Science (DD-ERS)“-Programms aufgenommenen Daten öffentlich zur Verfügung gestellt werden. Die dreizehn vorab ausgewählten Projekte sollen die Fähigkeiten des JWST demonstrieren und stammen aus 18 verschiedenen Ländern und 22 US-Bundesstaaten. Die Rohdaten kann man beim Space Telescope Science Institute (STScI) herunterladen (siehe [ct.de/y2pu](https://ct.de/y2pu)). Doch damit nicht genug: Das STScI hat das umfangreiche Python-Paket Jdaviz als Werkzeugkiste für die Datenauswertung bereitgestellt. Besonders motivierte Astronomie-Enthusiasten können damit den Kosmos anhand der ersten JWST-Daten erkunden. Mehr dazu lesen Sie in einer der nächsten Ausgaben der c’t. (jam@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] André Kramer, Der Blick zum Himmel, Was Sie beim Kauf eines Teleskops beachten sollten, c’t 1/2022, S. 96

Informationen von NASA und ESA:  
[ct.de/y2pu](https://ct.de/y2pu)

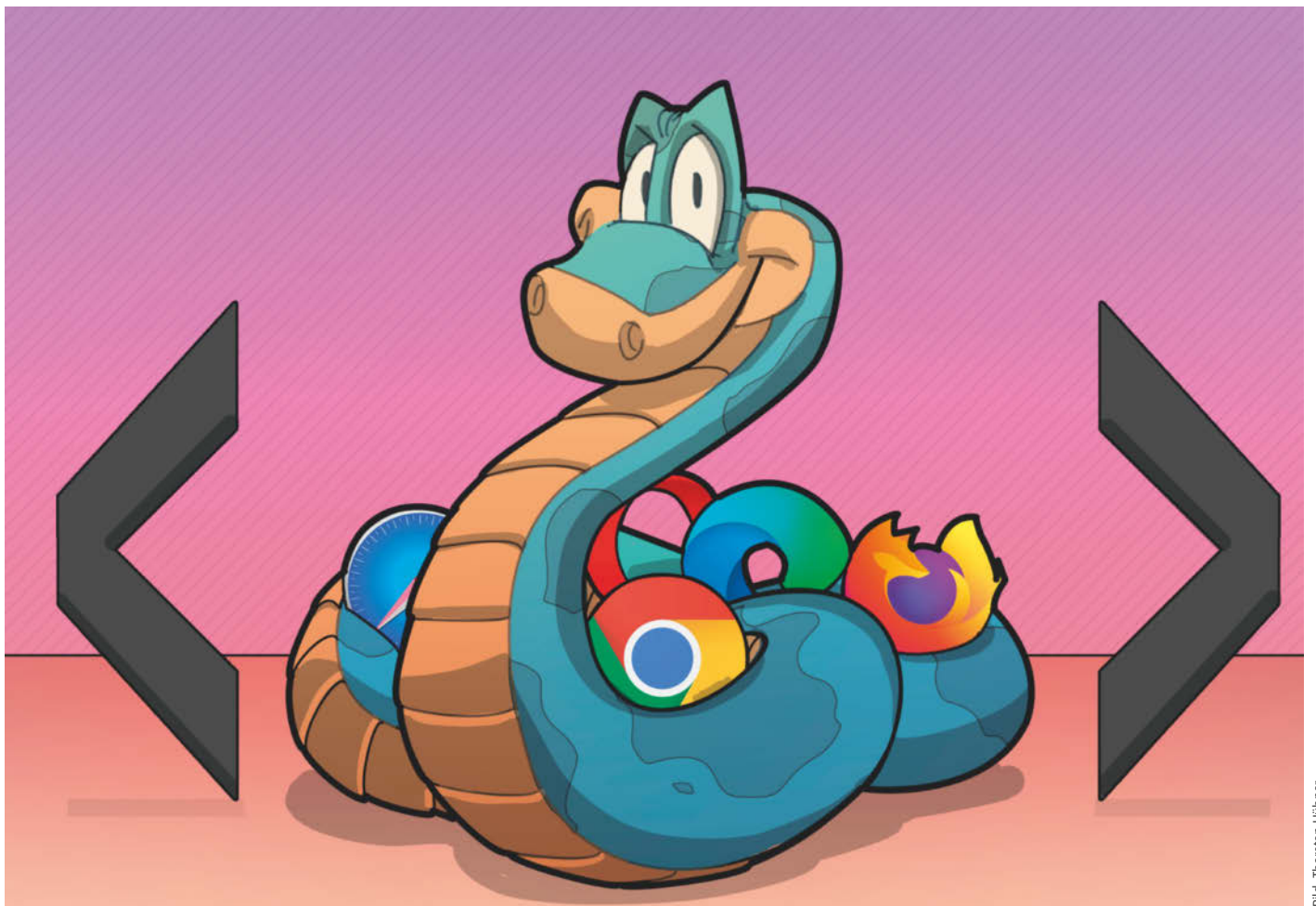


Bild: Thorsten Hübner

# Python im Web

## Dynamisches HTML im Browser mit PyScript statt JavaScript

**Browser führen nur JavaScript aus? Nicht mehr! PyScript tritt als Alternative zu JavaScript auf. Wir erklären, wie das möglich ist, und programmieren als Beispiel ein Spiel mit der neuen Technik.**

Von Pina Merkert

**B**eim Versuch, auf eine Objekteigenschaft zuzugreifen, wird die Eigenschaft nicht nur in dem Objekt selbst, sondern auch in seinem Prototyp und dem Prototyp des Prototyps gesucht. Wenn

Ihnen Sätze wie dieser auch rätselhaft vorkommen, ist JavaScript wohl auch nicht Ihre Muttersprache. Python ist da oft zugänglicher, der Code hat weniger Zeilen und das Sprachdesign ist auf Lesbarkeit optimiert. Nur leider muss Python immer lokal installiert sein, die allgegenwärtigen Webbrowser verarbeiten nur JavaScript. Oder etwa nicht?

Dass Python nicht im Browser läuft, stimmt nicht mehr: Mit einer trickreichen Software namens „Pyodide“ interpretieren Webseiten auch Python-Code. Python-Entwickler können auf diesem Weg JavaScript durch Python ersetzen. Sie pro-

grammieren dann in Python mit PyScript-Funktionen statt in JavaScript. Wir zeigen, wie Sie mit PyScript loslegen.

Als Beispiel haben wir uns von dem Worträtsel „Wordle“ inspirieren lassen und ein Rätsel für Nerds mit dem Namen „Nerdle“ programmiert. Die Spielregeln sind einfach: PyScript wählt aus einer langen Liste mit Begriffen aus der Technikwelt mit fünf Zeichen (Nerdle ist schwieriger als Wordle, weil unser Rätsel Wörter mit Ziffern und Sonderzeichen enthält) einen zufälligen aus, den Sie erraten müssen. Dafür tippen Sie über die Bildschirmtastatur zunächst einen Begriff. Jeder geratene Begriff muss in

der Liste stehen, damit das Spiel die Eingabe akzeptiert. Wenn ein Zeichen des geratenen Begriffs an der gleichen Stelle steht

wie im gesuchten Begriff, wird es grün. Kommt ein Zeichen irgendwo im gesuchten Begriff vor, wird es gelb. Zeichen, die gar nicht vorkommen, werden grau. Die Tasten der Bildschirmtastatur verfärben sich genauso. Diese Farben geben Hinweise für den nächsten Begriff, sodass

Frisch aus  
**c't Nerdistan**



Sie mit zusätzlichen Versuchen immer mehr über den gesuchten Begriff erfahren. Wenn Sie spätestens beim sechsten Versuch richtig raten, gewinnen Sie das Spiel. Wenn Sie zu oft falsch raten, sollten Sie mehr c't lesen \*zwinkersmiley\*. Ohne selbst zu programmieren, können Sie das Spiel sofort unter [nerdle.pinae.net](https://nerdle.pinae.net) ausprobieren; den Code finden Sie als Open Source (GPLv3) über [ct.de/ynk9](https://ct.de/ynk9).

## WebAssembly

Browser integrieren weiterhin keinen Python-Interpreter. Sie führen aber in ihrer virtuellen Maschine schon länger WebAssembly aus. WebAssembly ist eine maschinen-nahe Sprache, die der Browser innerhalb von Millisekunden in Maschinencode übersetzt. Das funktioniert so gut, dass WebAssembly meist nur wenige Prozent langsamer läuft als gleicher Code, den ein Compiler direkt in Maschinencode übersetzt hat. Da der Code aber in der Browser-Sandbox läuft, ist nicht jedes Programm WebAssembly-tauglich. Beispielsweise verbieten Browser direkten Zugriff aufs Dateisystem oder Hardware wie Netzwerkkarten.

Das Pyodide-Projekt hat die Python-Referenzimplementierung CPython so modifiziert, dass sie nach WebAssembly kompiliert. Damit läuft Python zwar im Browser, man sieht davon aber noch nichts. An dieser Stelle kommt PyScript ins Spiel: PyScript bringt Funktionen mit, um vom Browser-Python auf den DOM-Tree zuzugreifen, also auf die HTML-Struktur der Webseite. Außerdem stellt es eigene HTML-Tags bereit, die den Code aufnehmen, Module nachladen und Eingabefelder bereitstellen. Das Projekt steht noch am Anfang: Release-Nummern sind im Datumsformat, die Versionen auf GitHub als „Pre-release“ getaggt. Manchen Funktionen sieht man den frühen Entwicklungsstand noch an. Beispielsweise muss man per Hand Funktionen inkapseln, um sie ins Ereignissystem von JavaScript einzuklinken. Trotzdem funktioniert der Code bereits gut genug für ein Browserspiel.

## Einbinden

PyScript bindet man wie ein JavaScript-Framework ein, indem man zwei Tags im `<head>` der Webseite ergänzt:

```
<link rel="stylesheet"
      href="https://pyscript.net/alpha/α
      <pyscript.css" />
```

```
<script defer src="https://pyscript.α
      <net/alpha/pyscript.js"></script>
```

Den Code lädt der Browser dann aus dem Content Delivery Network (CDN) der PyScript-Entwickler, man bekommt also immer die aktuellste Version. Um Probleme bei Updates zu umgehen, könnte man PyScript auch selbst übersetzen und hosten. Momentan raten wir aber noch davon ab, PyScript produktiv einzusetzen, weil sich in den kommenden Monaten sicherlich noch einiges an den Funktionssignaturen ändern kann.

Danach kann man einfach irgendwo im HTML der Seite den `<py-script>`-Tag einfügen und in dem Python-Code platzieren. Für ein Hallo-Welt-Programm braucht man nur drei Zeilen:

```
<py-script>
    print("Hallo Welt.")
</py-script>
```

## Module

Python funktioniert im Browser wie gewohnt. Das bezieht sich auch auf Module, die man wie üblich mit `import` ins Programm einbindet:

```
import random
wordlist = ["CT.DE", "RULEZ"]
word = random.choice(wordlist)
```

Da dem Browser der Python-Paketmanager `pip` fehlt, packt man externe Module mit Spiegelstrichen in den `<py-env>`-Tag und PyScript kümmert sich ums Nachladen:

```
<py-env>
    - numpy
    - matplotlib
</py-env>
```

Es stehen schon einige beliebte Module wie `numpy` und `matplotlib` zur Verfügung, solche mit Hardwarezugriff wie `requests` können aber nicht funktionieren. Gibt man ein Modul im `<py-env>`-Tag an, muss man es trotzdem im Code mit einem `import` einbinden.

## Nerdle-HTML

Nerdle benutzt ein Spielbrett aus 30 Quadraten (6 Zeilen mit je 5), die je ein Zeichen aufnehmen. Das geht hervorragend mit einem Grid-Layout. Und da alle Felder gleich aussehen, kann man sie bequem im Quellcode erzeugen. Der fügt alle hinter-

## ct kompakt

- PyScript nutzt die maschinen-nahe Sprache WebAssembly, um Python mit der JavaScript-Engine eines Browsers auszuführen.
- Über PyScript-Funktionen kann der Python-Code auf das DOM zugreifen, was dynamisches HTML ermöglicht.
- PyScript kann JavaScript ersetzen, es lädt aber wesentlich langsamer.

einander in `<div id="board"></div>` ein und merkt sich die Divs in einer Liste aus Listen (eine pro Zeile):

```
tiles=[]
board=document.getElementById("board")
for row in range(6):
    tiles.append([])
    for col in range(5):
        tile=document.createElement("div")
        board.appendChild(tile)
        tiles[-1].append(tile)
```

Form und Farbe legt die Datei `nerdle-styles.css` fest, die Sie zusammen mit dem Rest des Codes im Repository über [ct.de/ynk9](https://ct.de/ynk9) finden.

Die Funktionen `getElementById()` und `createElement()` funktionieren genau wie in JavaScript, sodass Sie dort die Dokumentation konsultieren können, solange PyScript noch keine eigene dafür hat. Die Funktionen gehören zum `document`-Objekt, das Sie mit `from js import document` laden.

Die Tasten der Bildschirmtastatur sind ganz ähnliche `<div>`, allerdings von Anfang an im HTML. Es gibt einen Unterschied: Das umrahmende `<div>` hat die ID `"keyboard"`. Der Python-Code kann sich anhand der Beschriftung der Tasten dann selbst ein Dictionary zusammenbauen, das jedem Zeichen das passende DOM-Objekt zuordnet:

```
key_objects = {}
for row in document.getElementById(
    "keyboard").childNodes:
    for key in row.childNodes:
        key.addEventListener("click",
                               js_key_clicked)
        if len(key.textContent) == 1:
            key_objects[
                key.textContent] = key
```

`childNodes` ist dabei die JavaScript-Datenstruktur `NodeList`, die aber das Iterator-Interface implementiert, sodass sich damit fast wie mit einer Python-Liste arbeiten lässt. `addEventListener()` ist die von Python aufrufbare JavaScript-Funktion, die den JavaScript-Function-Pointer `js_key_clicked` annimmt. Den muss man allerdings etwas umständlich erzeugen.

## Verpackte Funktionen

Funktionen definiert man im Python-Code wie üblich mit `def`. Heraus kommt dabei eine Python-Funktion, die im Python-Code ganz normal funktioniert. Will man aber mit dem DOM interagieren, muss man die von PyScript gekapselten JavaScript-Funktionen benutzen, die man an den Namen in CamelCase erkennt. Diese JavaScript-Funktionen sehen die

Python-Funktionen nicht, weshalb man eine Funktionsreferenz beispielsweise nicht einfach an `addEventListener()` übergeben kann.

Die Sprachbarriere überwindet das `pyodide`-Modul, das PyScript standardmäßig mitbringt (kein Eintrag in `<py-env>` nötig).

```
from pyodide import create_proxy
def key_clicked(e):
    print(e.target.textContent)
js_key_clicked = create_proxy(
    key_clicked)
```

Mit `create_proxy()` packt man die Python-Funktion so ein, dass JavaScript sie sehen kann. Die so erzeugte Referenz kann man wie eine JavaScript-Funktion an `addEventListener()` übergeben.

Dabei funktionieren wiederum alle von JavaScript bekannten Datenstrukturen, sodass die Python-Funktion über den Parameter `e` das Event-Objekt bekommt. Das verweist unter `e.target` auf das DOM-Objekt, von dem das Ereignis ausging, und das verrät mit `e.target.textContent`, was innerhalb des HTML-Tags steht.

Noch ein Hinweis auf eine mögliche Fehlerquelle beim Konvertieren von JavaScript-Code von StackOverflow: Die Python-Funktion muss alle Parameter nennen, die JavaScript übergibt. JavaScript erlaubt es, Parameter still und heimlich wegzulassen, während Python mindestens einen `_` verlangt. Man muss die übergebenen Parameter in der Funktion aber nicht benutzen, wenn man sie nicht braucht.

## Raten

Nachdem der Code schon ein Wort zum Erraten ausgewählt und das Dictionary mit den Tasten initialisiert ist, muss er nur noch die Eingaben verarbeiten und bei „Enter“ den geratenen Begriff auswerten.

Die aktuelle Eingabe speichert das Programm in der Variable `guess`. Fürs Verarbeiten der Eingaben macht sich die Funktion `key_clicked()` den Umstand zunutze, dass alle `<div>` mit einem Zeichen einen `textContent` mit Länge 1 haben. Das Backspace-Symbol ist ein SVG, weshalb `textContent` bei dieser Taste ein leerer String ist. Die Enter-Taste dagegen ist mit „Enter“ beschriftet, also mit fünf Zeichen. Die Fallunterscheidung ist eine gute Gelegenheit, das mit Python 3.10 eingeführte Pattern-Matching einzusetzen:

```
match len(e.target.textContent):
    case 0:
        guess = guess[:-1]
    case 1:
        guess += e.target.textContent
    case _:
        check_enter()
display_guess()
```

`match...case` funktioniert so ähnlich wie `switch...case` in C, erlaubt aber beispielsweise auch reguläre Ausdrücke hinter `case`. Statt `default`: gibt es `case _:`, der zum Tragen kommt, wenn keiner der anderen Fälle eintrifft. In allen Fällen kümmert sie die Funktion `display_guess()` darum, den Inhalt von `guess` auch anzuzeigen. Pattern Matching funktioniert auch mit Objekten, beispielsweise mit `re` (das Modul für reguläre Ausdrücke)

## Wortlisten per Ajax asynchron laden

Damit wir die Begriffe zentral verwalten können, wollten wir sie nicht als ellenlange Liste hardcoden, sondern lieber mit Ajax nachladen. In normalem Python-Code würde man für so etwas eine Bibliothek wie `requests` nehmen. Die läuft aber im Browser nicht. Der kann jedoch von sich aus Daten laden, was die Funktion `pyfetch()` aus dem `pyodide`-Modul anstößt.

Ajax-Anfragen sind von Natur aus asynchron, weshalb `pyfetch()` nur in asynchronen Funktionen funktioniert. Die erzeugt man mit `async def` statt `def`. Da sie dem normalen Code nicht im Weg stehen, kann man in so einer Funktion problemlos mit `await` auf Antworten warten, ohne das ganze Programm auszubremsen:

```
from pyodide.http import pyfetch
from pyodide import JsException
from js import console
async def load_wordlist():
    try:
        response = await pyfetch(
            url="https://raw.githubusercontent.com/pinae/Nerdle/main/nerdle-begriffe.txt",
            method="GET",
            headers={"Content-Type": "text/plain"})
    if response.ok:
        data = await response.string()
        console.log(data.split())
        return data.split()
```

```
except JsException:
    return None
```

Die `JsException` ist die Basisklasse aller JavaScript-Fehler, die PyScript automatisch kapselt. Man könnte hier auch spezifische Exceptions fangen, um aussagekräftige Fehlermeldungen anzuzeigen.

Das Speichern der Liste und das Auswählen des zufälligen Worts übernimmt die Funktion `pick_word()`. Auch sie ist asynchron, weil sie mit `await` auf die Rückgabe von `load_wordlist()` warten muss:

```
async def pick_word():
    global wordlist, word, accept_input
    wordlist = await load_wordlist()
    word = random.choice(wordlist)
    console.log("Wort: ",
                " ".join(list(word)))
    accept_input = True
```

Um die asynchronen Funktionen so aufzurufen, dass sie den Code nicht blockieren, kann man einen alten JavaScript-Trick benutzen:

```
setTimeout(create_proxy(pick_word), 0)
```

Der Timeout von 0 zwingt den Code nicht zum Warten, bei 0 Millisekunden Verzögerung gibt es aber auch keine Wartezeit. Die Timeout-Funktion sorgt dabei automatisch für eine nebenläufige Ausführung.



# Alles für Ihr Smart Home!



## Smarte Beleuchtung

- ▶ Smartes Licht in Haus und Garten
- ▶ Smarte LED-Lampen für E14 und E27 im Test
- ▶ Auch im Set mit smarter Steckdose zum Sonderpreis
- ▶ Für Abonnenten portofrei

Heft+PDF für 19,90 €

Auch als einzelnes Heft erhältlich!



[shop.heise.de/ho-beleuchtung](http://shop.heise.de/ho-beleuchtung)

## Einstieg ins Smart Home

- ▶ Fritzbox einrichten, steuern, erweitern
- ▶ Smart Home von Ikea
- ▶ Praxis- und Tuningtipps für Ihr System
- ▶ Auch im Set mit Heizkörperthermostat zum Sonderpreis

Heft+PDF für 19,90 €

Auch als einzelnes Heft erhältlich!



[shop.heise.de/ho-smarthome21](http://shop.heise.de/ho-smarthome21)

## Smart Gardening

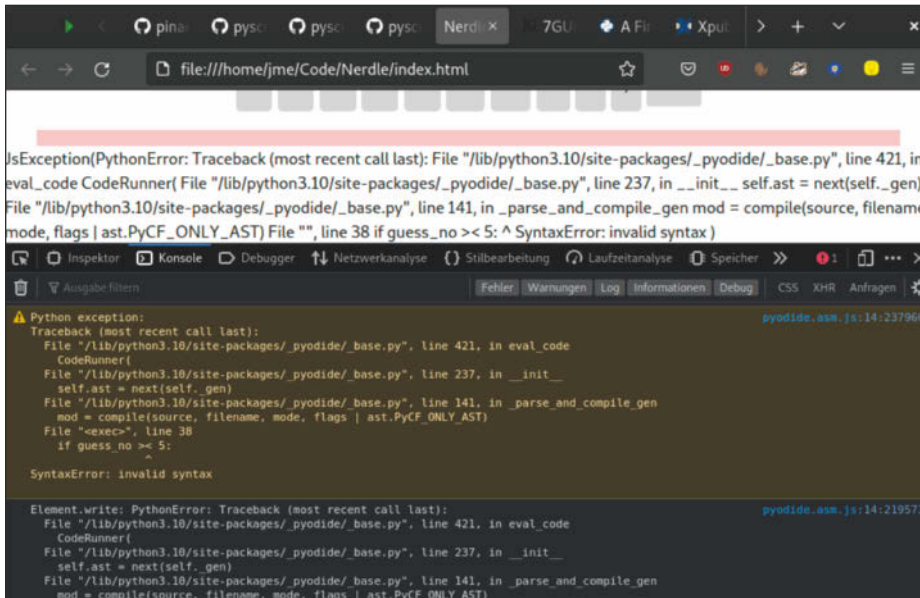
- ▶ Das brauchen Sie, bevor Sie starten
- ▶ Bewässerungssysteme: Sechs im Vergleich
- ▶ Intelligente Mähroboter: Fünf smarte Rasenmäher im Test
- ▶ Auch im Set mit Gartenbewässerung WLAN Ventil zum Sonderpreis

Heft+PDF für 19,90 €

Auch als einzelnes Heft erhältlich!



[shop.heise.de/ho-smartgardening22](http://shop.heise.de/ho-smartgardening22)



Exceptions sind in der Entwicklerkonsole sichtbar, die Browser mit F12 öffnen. Die Darstellung ist leider nicht so übersichtlich, weil PyScript alles in JavaScript-Objekte einpacken muss.

erzeugte Tupel. Ein Beispiel dafür finden Sie im Code auf GitHub.

Die Funktion `display_guess()` konsultiert die Variable `guess_no`, die speichert, in welcher Zeile Spieler gerade raten. Zuerst füllt die Funktion überall Leerzeichen ein, um vorherige Eingaben zu löschen:

```
for i in range(5):
    tiles[guess_no][i].textContent = ""
```

Das Eintragen aller Buchstaben aus `guess` geht fast genauso einfach, weil Python klaglos mit `list()` Strings in Listen aus Einzelzeichen verwandelt:

```
for pos, c in enumerate(list(guess)):
    tiles[guess_no][pos].textContent = c
```

Python kann Tupel automatisch auspacken, wenn man der Anzahl entsprechend viele Variablen mit Komma getrennt hintereinander schreibt. `enumerate()` gibt für jeden Iterator, also für alles, was sich wie eine Liste behandeln lässt, ein 2-Tupel aus der Nummer und dem Element zurück. Im Beispiel landet in `pos` also die Nummer des Zeichens und in `char` das Zeichen. Die Schreibweise, die dabei herauskommt, versteht man ganz intuitiv.

## Vergleichen

Bei einem „Enter“ muss das Spiel zunächst prüfen, ob der geratene Begriff fünf Zeichen hat und ob er in der Wortliste steht. Wenn

nicht, schreibt die Funktion in das `<div>` mit der ID `"info"` eine Fehlermeldung:

```
pyscript.write("info", f"{guess} " +
               "steht nicht in der Wortliste.")
```

Die Funktion `pyscript.write()` nimmt einem dabei die Arbeit ab, das DOM-Element mit der ID `"info"` herauszusuchen und seinen `textContent` zu ändern. Wir vermuten, dass PyScript in Zukunft noch weitere Funktionen ähnlicher Art bekommt, die DOM-Zugriffe mit weniger Code erlauben.

Außerdem nutzt die Zeile Pythons seit 3.6 verfügbare f-Strings. Die definiert man mit dem Buchstaben `f` vor den Anführungszeichen und Python ersetzt dann alle in geschweiften Klammern angegebenen Variablen durch deren Werte. Man kann die Ausgabe mit den gleichen Filtern wie in `format()` beeinflussen.

Steht in `guess` ein Begriff aus der Wortliste, vergleicht die Funktion `evaluate_guess()` den geratenen Begriff mit `word`, dem zu erratenden Begriff. Dafür macht sie den Begriff wieder zu einer Liste, holt sich mit `enumerate()` die Zeichennummer dazu, die sie dann benutzt, um das Zeichen aus dem zu erratenden Begriff zu ziehen und die Zeichen zu vergleichen:

```
for p, char in enumerate(list(guess)):
    if char == word[p]:
        tiles[guess_no][p].classList.add(
            "nailedit")
```

```
key_objects[char].classList.add(
    "nailedit")
correct_counter += 1
```

Damit Spieler Grün und Gelb sehen, ergänzt die Funktion über `classList.add()` die passende CSS-Klasse, die die Farbe festlegt. Das passiert sowohl bei den Quadraten im Spielfeld als auch bei der Bildschirmstatur. Dass die Tasten ihre Farbe verändern, ist eine willkommene Hilfe beim Sinnieren über den nächsten Begriff, den man raten könnte.

Bei richtig geratenen Zeichen zählt die Funktion auch die lokale Variable `correct_counter` hoch. Steigt die nämlich beim Einfärben aller Zeichen-Quadrate auf 5, ist das Ratespiel gewonnen. Ist die Variable kleiner und zusätzlich `guess_no >= 5`, ist das Spiel verloren.

## Usability

Der vollständige Code, den Sie über das Repository über `ct.de/ynk9` finden, enthält noch einige zusätzliche Zeilen. Die dienen der besseren Bedienbarkeit, damit man beispielsweise statt per Bildschirmstatur auch mit der normalen Tastatur tippen kann. Das geht mit einer `key_down()`-Funktion, die den `onkeydown`-Event-Handler von `document` überschreibt:

```
js_key_down = create_proxy(key_down)
document.onkeydown = js_key_down
```

Der Code ist mitsamt HTML kaum mehr als 200 Zeilen lang, die bis auf einen regulären Ausdruck leicht zu lesen sind.

Fürs Debugging lohnt es sich, mit F12 die Entwickler-Konsole zu öffnen. Dort landet auch alles, was Sie mit `console.log()` ausgeben. Die Fehlermeldungen sind leider nicht gut lesbar, weil es in JavaScript-Exceptions verpackte Python-Exceptions sind. Das müssen die Entwickler noch stark nachbessern.

Eine weitere Baustelle sind die Entwicklungsumgebungen. Beispielsweise erkannte die Entwicklungsumgebung PyCharm den Code in `<py-script>`-Tags nicht als Python-Quelltext, sodass weder Farben noch Code-Vervollständigung funktionierten.

## Spielen

Das selbst programmierte Nerdle starten Sie, indem Sie einfach die Datei `index.html` im Browser öffnen. Ein Webserver ist dafür nicht notwendig, zum Nachladen des PyScript-Codes und der Wortliste aber eine



Internetverbindung. Installieren müssen Sie gar nichts. Falls Sie das Spiel doch mit einem Webserver hosten wollen, muss der nur eine statische Seite ausliefern können.

Unsere Liste mit Begriffen finden Sie im Repository in der Datei `nerdle-begriffe.txt`. Momentan stehen da schon mehr als 1500 Begriffe zum Raten bereit. Mit dem Skript `word_list_filter.py` können Sie die Liste aber bequem erweitern. Es liest die Datei `neue-begriffe.txt`, filtert nach den richtigen Zeichen und fragt für alle neuen Begriffe einzeln, ob Sie die hinzufügen wollen. So können Sie mit wenig Arbeit ganze Listen aus Kreuzworträtsel-Datenbanken ergänzen.

### Kritik

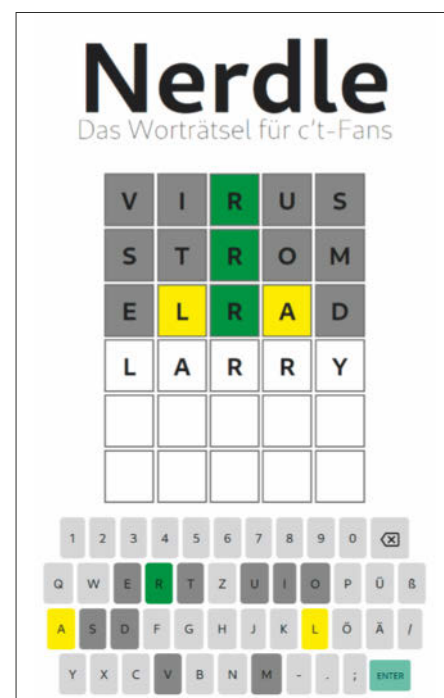
Wir sind von PyScript begeistert. Python-Code ohne Installation im Browser ausprobieren? Grandios!

Noch ist PyScript aber nicht an dem Punkt angelangt, darauf bestehenden Code zu portieren und über Experimente hinausgehende Projekte damit umsetzen zu wollen. Außerdem muss eine Webseite

mit PyScript mehr als 14 Megabyte an Code laden, bevor sie überhaupt starten kann. Danach muss die JavaScript-Engine den WebAssembly-Code zunächst in Bytecode für die Prozessorarchitektur übersetzen, was selbst auf einer schnellen Desktop-CPU fast eine Sekunde dauert. Erst danach läuft der Code der Seite los. Bei normalem JavaScript lädt der Browser nur die winzige Skriptdatei und führt diese sofort aus, weil die JavaScript-Engine längst warm gelaufen ist.

PyScript hat trotz allem sinnvolle Anwendungen: Hat beispielsweise eine Statistikerin ihre Daten schon mit Python ausgewertet und mit Matplotlib ein Diagramm gezeichnet, müsste sie normalerweise alles in JavaScript nachprogrammieren, um das Diagramm in eine Webseite einzubinden. PyScript senkt die Hürde für Pythonisten, mal eben schnell aus einer Idee eine Webanwendung zu basteln – wie unser Beispiel zeigt. (pmk@ct.de) **ct**

**Code bei GitHub, PyScript-Dokumentation:** [ct.de/yink9](https://ct.de/yink9)



Unser Worträtsel „Nerdle“ ist wegen der Tech-Begriffe mit Abkürzungen deutlich schwerer als „Wordle“ von der New York Times.



# WORKSHOPS 2022



**29. – 30.08.2022**

Windows 10 und 11 im Unternehmen absichern



**31.08. – 01.09.2022**

KRITIS: Spezielle Prüfverfahrenskompetenz für § 8a BSIG



**01. – 02.09.2022**

Cybersicherheit: Aktuelle Angriffstechniken und ihre Abwehr



Bild: astora GmbH, Erdgasspeicher Rehden

# Datenpipeline

## Füllstände von Gasspeichern per API abrufen und auswerten

**Der Bundeswirtschaftsminister hat Ende Juni die Alarmstufe im Notfallplan Gas ausgerufen, Unternehmen wie Haushalte machen sich Gedanken und werfen bange Blicke auf die Füllstände der Gasspeicher. Wer deren Daten systematisch auswerten will, bekommt sie aus einem kostenfreien API. Mit dem Python-Werkzeug Altair macht man daraus anschauliche Diagramme.**

Von Jan Mahn

**S**pätestens seit dem Jahr 2020 ist es zur Gewohnheit geworden, das Ausmaß der jeweils aktuellen Krise in Form von Zahlen serviert zu bekommen. Lange war es die Corona-Inzidenz, die man in Dashboards mit Diagrammen und Kartenansichten täglich konsultierte. Später bildeten die Impffzahlen des Vortags die Datensätze des öffentlichen Interesses. Doch jetzt sind die Füllstände der deutschen Gasspeicher das nächste akute Problem. Gelingt es, die Speicher im Sommer so weit zu betanken, dass Deutschland einen wohligen warmen Winter 2022/23 erlebt? Und was passiert, wenn bald kein Gas mehr aus dem Osten Richtung Westen strömt?

### Auftritt der GIE

Antworten kann die Organisation „Gas Infrastructure Europe“ (GIE) liefern, ein Verband europäischer Unternehmen aus

der Gasbranche, also unter anderem Speicherbetreiber. Bisher war das Interesse an diesem Verband offenbar so gering, dass er nicht einmal einen deutschsprachigen Wikipedia-Artikel hat, jetzt steht er schlagartig im Mittelpunkt. Er macht nicht nur Lobbyarbeit, er sammelt auch Daten seiner Mitglieder ein, aggregiert sie und stellt sie auf seiner Website [agsi.gie.eu](https://agsi.gie.eu) bereit. AGSI+ steht für „Aggregated Gas Storage Inventory“ und enthält im Kern zwei Arten von Daten: erstens Füllstände sowie Einspeise- und Entnahmemengen, zweitens Nachrichten über Störungen sowie geplante und ungeplante Wartungen. Auf der Seite erfährt man unter anderem, dass allein die deutschen GIE-Mitglieder 242 Terawattstunden Gas in ihren Speichern einlagern können.

Alle Daten bekommt man sowohl auf der etwas spröden und für ein Fachpubli-



kum aufbereiteten Website agsi.gie.eu als auch über ein ganz frisch überarbeitetes und dokumentiertes HTTP-API. Seit Anfang Juli erhält man darüber schnell strukturierte Daten und kann eigene Auswertungen damit bauen. Voraussetzung zum Datenabruf ist ein kostenloser Account, den man unter [agsi.gie.eu/account](https://agsi.gie.eu/account) anlegt. Zugehörigkeit zu einem Gasunternehmen muss man nicht nachweisen, das API steht auch interessierten Laien offen: „The API service is available to the public free of charge.“ Möchte man über Änderungen am API informiert werden, kann man sich beim Registrieren direkt in eine Mailingliste eintragen.

Gleich nach der Anmeldung sieht man das wichtigste Utensil für den Datenabruf: den eigenen API-Key, eine 32 Stellen lange Zeichenkette, mit der man sich beim API ausweist. Über diesen Schlüssel limitieren die Betreiber den Datenabruf, um ihre Server zu schonen. Das sogenannte Rate-Limiting verhindert, dass ein Benutzer mehr als 60 Anfragen in einer Minute stellen kann – das sollte für die meisten Anwendungen genügen, weil ein Aufruf sehr viele Daten zurückgeben kann. Anfang Juni schien die GIE mit der Authentifizierung am API noch nicht ganz fertig gewesen zu sein: Immer wieder gelangen uns auch Anfragen ohne den Schlüssel.

Die offizielle Dokumentation für das API ist ein PDF-Dokument, das recht

hemdsärmelig in Microsoft Word zusammengebastelt wurde (wie die Metadaten verpetzen) – die Beispiele der JSON-Daten des APIs sind als Screenshots eingebettet. Industriestandard ist das nicht gerade, von einem frisch überarbeiteten API, das die Anbieter als REST-API bezeichnen, erwartet man heute eine standardisierte maschinenlesbare Dokumentation im OpenAPI-Format [1].

Die gute Nachricht: Wir haben uns für Sie durch die Dokumentation gequält und die relevanten Datensätze herausgekratzt. Den ersten Abruf mit dem Kommandozeilenwerkzeug Curl (unter Windows, macOS und den meisten Linux-Distributionen vorinstalliert) haben Sie schnell abgesetzt. Austauschen müssen Sie lediglich den Platzhalter durch Ihren API-Schlüssel im Header namens x-key:

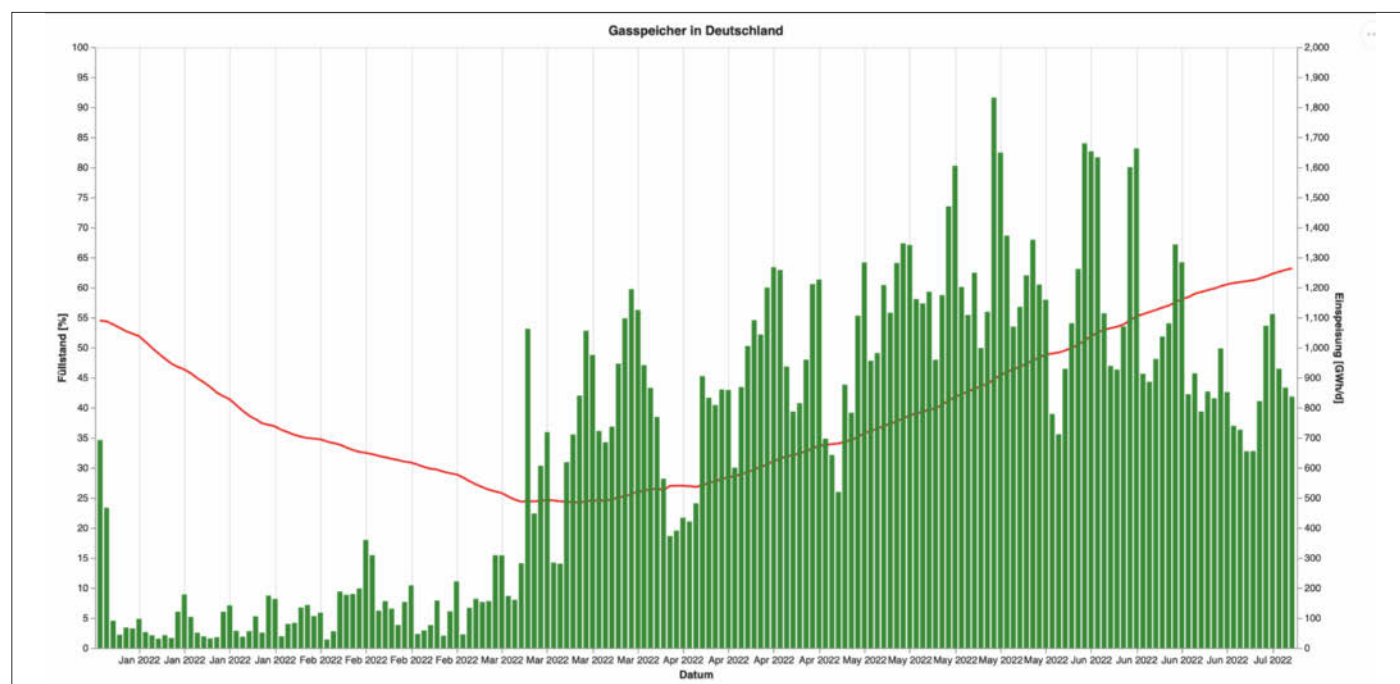
```
curl "https://agsi.gie.eu/api?&country=de&from=2022-03-01&&size=300" -H "x-key: <API-KEY>"
```

Unsere österreichischen Leser ersetzen den Ländercode `de` einfach durch `at`, für die Schweiz hat die GIE keine Daten. Der Endpunkt liefert die aggregierten Daten für ein ganzes Land, man kann auch Daten für einzelne Speicher und Betreiber abrufen – solche Werte interessieren aber eher Spezialisten als gewöhnliche Gaskunden. Wer solche Daten braucht, muss den

sogenannten EIC-Code für einen Betreiber aus dem API-Portal (in dem auch der persönliche Schlüssel steht) herausuchen und mit dem Parameter `&company=<EIC>` zusätzlich zum Ländercode an die URL anhängen.

Die Daten kommen immer im JSON-Format zurück, das oben stehende Curl-Beispiel liefert bis zu 300 Datenpunkte (`size=300`), beginnend am 1. März 2022. Möchte man den Zeitraum einschränken, kann man neben `from=` auch `to=` angeben, oder mit `date=` nur einen einzelnen Tag auslesen. Bei Sammlungen mit mehreren Tagen liegen die relevanten Daten in der Datenstruktur unter `data` und ein einzelner Datenpunkt sieht zum Beispiel so aus:

```
{
  "name": "Germany",
  "code": "DE",
  "url": "DE",
  "gasDayStart": "2022-07-05",
  "gasInStorage": "152.8023",
  "consumption": "995.2735",
  "consumptionFull": "15.35",
  "injection": "866.57",
  "withdrawal": "62.2",
  "workingGasVolume": "242.835",
  "injectionCapacity": "4042.78",
  "withdrawalCapacity": "6891.7",
  "status": "E",
  "trend": "0.33",
```



Die Python-Bibliothek Pandas macht aus den AGSI-Daten ein Diagramm, das Auskunft über Füllstände und tägliche Einspeisung gibt.

```
"full": "62.92",
"info": []
},
```

Die Datenstruktur enthält diverse handwerkliche Fehler, mit denen man später umgehen muss: Sämtliche Zahlen, die eigentlich vom Datentyp Float sein müssten, sind im JSON mit Anführungszeichen eingerahmt und daher Strings – bevor man damit rechnen kann, muss man sie in stark typisierenden Programmiersprachen konvertieren.

Erklärungen zu den einzelnen Werten finden Sie in unserer Tabelle auf Seite 163. Hauptinteresse der meisten Gelegenheitsnutzer dürften die Felder `full` (Füllstand in Prozent), `injection` (Einspeisung in Gigawattstunden pro Tag) sowie `withdrawal` (Entnahme) sein.

## Datenaufbereitung

Mit diesem Wissen haben Sie schnell in einer Programmiersprache Ihres Vertrauens ein Diagramm für die letzten Monate zusammengebaut. Um zu demonstrieren,

was man mit den Daten anstellen kann, haben wir ein kleines Python-Skript geschrieben, das die sehr vielseitige Bibliothek Altair ([altair-viz.github.io](https://altair-viz.github.io)) einsetzt, um ein Diagramm zu zeichnen. Unseren Code als Ausgangspunkt für eigene Experimente finden Sie in unserem GitHub-Repository zum Artikel über [ct.de/y47m](https://ct.de/y47m). Im Kasten links sehen Sie das Python-Programm, das aus den AGSI-Daten ein Diagramm mit zwei Elementen generiert – auf Seite 161 finden Sie das fertige Diagramm. Die grünen Balken zeigen die tägliche Einspeisung, die rote Linie gibt den Füllstand aller deutschen Speicher in Prozent an. Die linke Y-Skala gehört zum Füllstand, die rechte zur Einspeisung.

Das Programm besteht aus drei Schritten: Mit einer Methode aus dem Paket `requests` kommen die Daten per HTTP-GET aus dem API in die Variable `data`. Der API-Key ist dabei nicht hartkodiert im Code, sondern kommt aus der Umgebungsvariable `API_KEY`. Hat der Download funktioniert, wandelt die Methode `json_normalize` aus der Python-Datenanalyse-Bibliothek `Pandas` die Daten in einen sogenannten `Dataframe` um. `Pandas` funktioniert wie eine Tabellenkalkulation ohne grafisches Interface und ist wegen seiner Schnelligkeit in der Datenauswertungsszene weit verbreitet. Seine Talente kann man in den folgenden Zeilen zumindest erahnen:

```
import requests
import altair as alt
import pandas as pd
import os
from dotenv import load_dotenv

load_dotenv()

url = 'https://agsi.gie.eu/api'

params = {
    "country": "de",
    "from": "2022-01-02",
    "size": 300
}

head = {
    "x-key": os.environ.get("API_KEY")
}

#Download data
resp = requests.get(url=url, params=params, headers=head)
data = resp.json()

if not data['data']:
    exit("Error reading data from api. Check API key")

# Create pandas dataframe
df = pd.json_normalize(data['data'])
df['full'] = df['full'].astype(float)
df['injection'] = df['injection'].astype(float)
df['gasDayStart'] = pd.to_datetime(df['gasDayStart'], errors='coerce')

# Create altair diagram
base = alt.Chart(df).mark_line().encode(
    x= alt.X('gasDayStart', axis=alt.Axis(title="Datum", format = "%b %Y"))
)

line = base.mark_line(color='red').encode(
    y = alt.Y('full',
        axis=alt.Axis(title = "Füllstand [%]"), scale=alt.Scale(padding=0,
        domain=[0,100])
    ))

bar = base.mark_bar(color='green').encode(y = alt.Y('injection',
    axis=alt.Axis(title = "Einspeisung [GWh/d]"))
)

diagram = line+bar

diagram.properties(height=600, width=1200, title='Gasspeicher in Deutschland')
    .resolve_scale(y = 'independent').save('data.html')
```

Mit wenig Zeilen Python-Code lädt man die AGSI-Daten herunter, wandelt sie in einen `Pandas`-Dataframe und macht daraus ein ansehnliches Diagramm.

```
df['full'].astype(float)
```

Diese eine Zeile Python-Code konvertiert eine komplette Spalte aus Strings in Gleitkommazahlen – ohne dass man eine Schleife programmieren müsste. Noch ein Beispiel, damit Sie auf den Geschmack kommen: Sie wollen den Mittelwert des Füllstands wissen? Das würde anschließend die folgende Zeile erledigen:

```
mean = df['full'].mean()
```

Im dritten Schritt kommt Altair ins Spiel und macht ein Diagramm aus dem `Pandas`-Dataframe. Als Basis dient eine X-Achse mit den Kalenderdaten (`gasDayStart`). Darüber zeichnet Altair eine rote Linie mit dem Füllstand `full`. Ergänzend kommt dazu ein Balkendiagramm mit grünen Balken für die `injection`. Am Ende kombiniert der `+`-Operator Balken und Linie, `save()` schreibt das fertige Diagramm mit unabhängigen Y-Achsen als Datei `data.html` auf die Festplatte. Wer selbst ähnliche oder ganz andere



Diagramme mit Altair erzeugen will, findet in der Dokumentation viele Beispiele und Anregungen (siehe [ct.de/y47m](https://ct.de/y47m)).

## Ausführen

Wenn Sie unser Code-Beispiel benutzen wollen, laden Sie das GitHub-Repository herunter und legen neben den Code eine Datei namens `.env` (ohne Dateiendung). In der Datei tragen Sie Ihren API-Key wie folgt ein:

```
API_KEY=<Hier steht Ihr Schlüssel>
```

Anschließend installieren Sie alle Abhängigkeiten über den Python-Paketmanager Pip:

```
pip install altair pandas python-dotenv
```

Jetzt liegt alles bereit: Ein aktuelles Diagramm erzeugen Sie mit `python create.py`. Liegt der API-Key an der richtigen Stelle, bekommen Sie eine HTML-Datei namens `data.html` mit dem Diagramm.

## Fazit

Das API der GIE hat technisch noch Schwächen, erfüllt aber seinen Zweck. Weil es auch Laien nach kostenloser Anmeldung offensteht, ist es eine nützliche Datenquelle für eine der wichtigen Fragen unserer Zeit. Kreative Einsatzmöglichkeiten gibt es viele – Dashboards, Alarme bei sinkenden Füllständen ... Wenn Sie noch auf der Suche nach einer Datenauswertungsherausforderung sind, versuchen Sie doch einmal an-

hand der Daten herauszufinden, wann in den letzten Jahren die Wintersaison begonnen hat. Gesucht ist der Tag des Jahres, an dem die Entnahme erstmals größer als die Einspeisung war. ([jam@ct.de](mailto:jam@ct.de)) **ct**

## Literatur

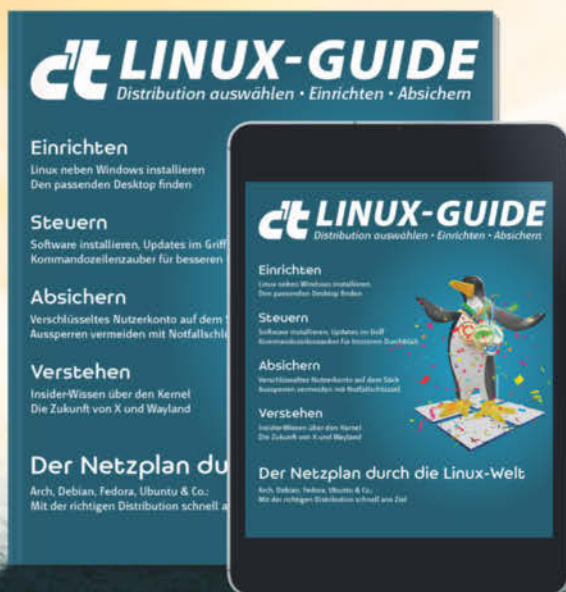
- [1] Manuel Ottlik, Schnittstellen-Erklärer, REST-APIs dokumentieren nach OpenAPI-Standard, c't 5/2020, S. 136

**Dokumentationen:** [ct.de/y47m](https://ct.de/y47m)

## Daten aus dem GIE-API

Datenfeld	Bedeutung	Einheit
gasDayStart	Datum des Datenpunkts	-
gasInStorage	Gasmenge in allen Speichern	TWh
consumption	Jährlicher Verbrauch	TWh
injection	Einspeisung am Tag der Messung	GWh/d
withdrawal	Entnahme am Tag der Messung	GWh/d
workingGasVolume	Maximale Speicherkapazität	TWh
injectionCapacity	Maximale tägliche Einspeisung	GWh/d
withdrawalCapacity	Maximale tägliche Entnahme	GWh/d
status	Status des Datenpunkts: E (geschätzt), C (bestätigt), N (keine Daten)	-
trend	Trend (Einspeisung - Entnahme/Maximale Speicherkapazität)	-
full	Füllstand	%

# So bringen Sie Ihr Linux auf die Straße



Bei Linux bekommen Sie kein starres Komplettpaket. Dieser c't Linux-Guide erklärt, wie Sie das für Sie optimale Linux bekommen. Die Profis unter Ihnen erfahren, wie Sie Ihr Wunschsystem im Griff behalten.

- Linux neben Windows installieren
- Linux-Zukunft mit dem Wechsel von X zu Wayland
- Private Dateien verschlüsseln
- Software installieren und Updates im Griff behalten
- Überblick mit dem c't Linux-Netzplan – im heise Shop auch als A2-Poster im Bundle mit **34 % Rabatt** erhältlich

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

[shop.heise.de/ct-linuxguide22](https://shop.heise.de/ct-linuxguide22)

**Heft + PDF  
mit 32 % Rabatt**

# Schönmacher

## Praxis: Videobearbeitung mit Inshot

**Bei Videoaufnahmen mit dem Smartphone läuft fast immer irgendwas schief. Mit der App Inshot bearbeiten Sie die Clips und entfernen unerwünschte Szenen oder fügen mehrere kurze Ausschnitte aneinander, statt auf die perfekte Sequenz zu warten.**

Von Anke Brandt

**E**ben noch schnell gefilmt, wie der Bürohund über einen Parcours aus Taschen und Rucksäcken der Kollegen hüpfte und schwupps ab damit zu Instagram oder TikTok. Ganz so fix gehts dann aber meistens doch nicht. Zuvor sollte man noch den im Hintergrund schniefenden Kollegen aus dem Clip entfernen und gleich noch einen Effekt einfügen, um den Übergang zu kaschieren. Oder man ersetzt die Hintergrundgeräusche durch Musik und schneidet auch gleich noch flugs den hässlichen Bürotisch raus. Das alles und noch viel mehr klappt spielend einfach mit der kostenlosen App Inshot für Android und iOS. Wir geben eine kurze Einführung in die Anwendung.

### Loslegen: Videos importieren und sortieren

Auf Inshots Startbildschirm öffnet ein Tipp auf das Video-Icon den Editor. Alternativ können Sie auch Fotos editieren oder eine Collage erstellen. Damit die App verfügbare Videos anzeigen kann, müssen Sie ihr dazu auf Nachfrage die Erlaubnis erteilen. Falls es viele ähnliche Videos gibt, halten Sie die Kachel gedrückt, um zu prüfen, ob das ausgewählte Video auch wirklich die gedachten Sequenzen enthält: Inshot startet eine Vorschau. Sie können das Video bereits zurechtschneiden, bevor Inshot es importiert. Sobald Sie eine Kachel in der Übersicht anklicken, erscheint das Auswahlhäkchen oben links und das Scherensymbol

oben rechts auf der Kachel. Ein Tipp auf die Schere öffnet das Trimm-Menü. Hier passen Sie Anfang und Ende an.

In Ermangelung eines Bürohundes, der über Taschen hüpfen kann, haben wir für unser Beispiel vier kurze Hundevideos aus unterschiedlichen Jahreszeiten gewählt. Im Hauptbereich des Bildschirms zeigt Inshot eine Vorschau der ausgewählten Szene an, darunter die Werkzeugleiste und am unteren Rand die Zeitachse. Ganz so, wie man es von üblichen Bild- und Videoeditor-Apps kennt.

Sollte die Reihenfolge der Clips nicht gefallen, tippen Sie länger auf einen beliebigen Bereich der Zeitachse. Inshot wechselt die Ansicht und zeigt für jedes Video eine Kachel an. Diese lassen sich per Drag & Drop an die gewünschte Stelle ziehen oder über das Mülleimersymbol in der Werkzeugleiste löschen. Sobald die Anordnung stimmt, tippen Sie auf das Vorschaufenster, um die Einzelclipansicht in der Zeitachse zu schließen.

### Videos teilen und Bildformat anpassen

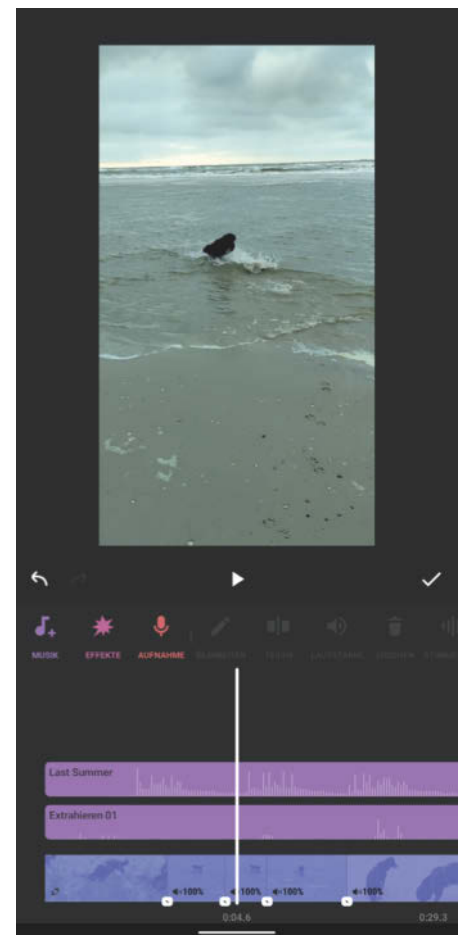
Zunächst gilt es, die einzelnen Teile zu trimmen, verwackelte und unerwünschte Szenen zu entfernen. Wählen Sie die zu bearbeitende Sequenz und dann das Zuschneidwerkzeug aus. Die App zeigt in der Zeitachse nur noch den ausgewählten Clip. Um den unscharfen Anfang und das verwackelte Ende zu entfernen, schieben Sie die jeweiligen Balken an eine passende Position (Trimmen). Alternativ teilt die App das Video in zwei oder mehr separate Abschnitte, die Sie anschließend weiterbearbeiten können (Teilen). Aus der Mitte eines Clips kann die App nur jeweils einen Teilbereich pro Vorgang entfernen (Schnitt).

Teilen klappt aber nur bei kürzeren Videos problemlos. Die Vorschau in der Zeitachse ist im Zuschneidmodus bei langen Aufnahmen sehr stark gestaucht und Sie benötigen Glück oder zumindest sehr viele Versuche, um die gewollte Stelle zu erwischen. Einfacher klappt das in der normalen Bearbeitungsansicht. Darin lässt sich die Vorschau mittels Zweifingergeste

in der Zeitachse vergrößern und verkleinern. Sobald der Ablaufbalken an der richtigen Stelle steht, tippen Sie im Hauptmenü auf Teilen.

Auch wenn beide ähnlich klingen, Zuschneid und Zuschneiden sind zwei unterschiedliche Funktionen. Die eine beschneidet, wie soeben beschrieben, die Laufzeit des Videos, die andere den Bildausschnitt. Das Hundevideo soll später auf Instagram landen. Inshot bringt die passenden Formatvorlagen (1:1 und 4:5) direkt mit. Für TikTok (9:16) und YouTube (16:9) gibt es ebenfalls voreingestellte Seitenverhältnisse.

Falls Sie das Video nicht zuschneiden wollen oder können, weil beispielsweise am Rand wichtige Details zu sehen sind, kann die App die Leinwandgröße anpassen und automatisch einen Hintergrund einfügen. In den Hintergrund-Einstellungen stellen Sie ein, ob lieber ein verwischtes Bild vom Video, eine einzelne Farbe, ein Farbverlauf oder eins der vorgegebenen



**Inshot kann mehrere Tonspuren getrennt voneinander verarbeiten und das im Ursprungsvideo vorhandene Audio extrahieren.**

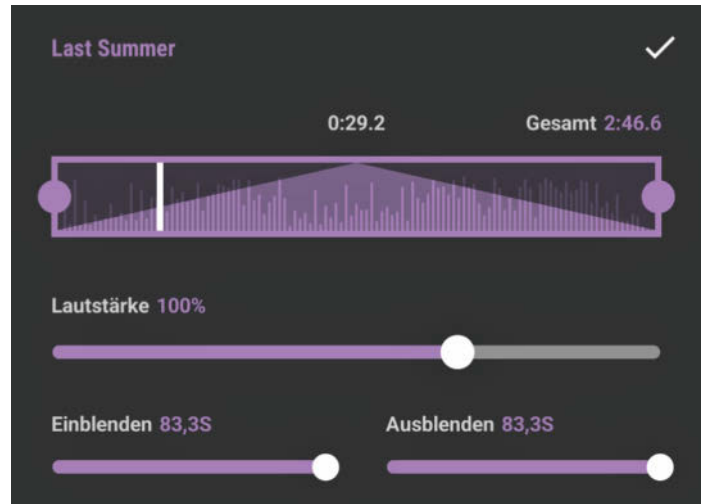


nen Muster, beispielsweise ein Klötzchenmuster erscheinen soll.

## Audiospur bearbeiten und Musik hinzufügen

Nachdem alle Videoclips zurechtgeschnitten sind und in der gewünschten Reihenfolge vorliegen, verlangt die Audiospur nach Aufmerksamkeit. Bei allen Videos stören Zwischenrufe und andere Geräusche. Diese lassen sich in Inshot entfernen oder bearbeiten. Tippen Sie dazu in der Werkzeugleiste auf Lautstärke. Insbesondere am Meer rauscht der Wind enorm und trübt die Freude über den durchs Wasser flitzenden Hund. Eine reduzierte Lautstärke lässt das typische Meer-Gefühl aufkommen, ohne dass einem die Ohren wegfliegen. Ziehen Sie den Regler so lange hin und her, bis die Lautstärke passt. Die App spielt den Clip ab, solange Sie den Schieberegler gedrückt halten, sodass die Auswirkung direkt zu hören ist und bei Bedarf nachjustiert werden kann.

**Musikstücke blendet Inshot auf Wunsch ein und aus. Außerdem ändert man die maximale Lautstärke für jede Tonspur separat.**



Inshot ersetzt vorhandene Audiospuren nicht einfach, wenn man Aufnahmen hinzufügt, sondern legt sie als eigene Audiospur über vorhandene Geräusche. Das erzeugt schnell eine anstrengende Lärmcollage. Damit gar kein Ursprungston mehr im Video erklingt, können Sie im Musik-Menü entweder die Lautstärke auf null setzen oder die Audiospur extrahieren und anschließend löschen. Dort wählen Sie aus den frei nutzbaren Akustiktiteln (Nennung des Künstlers) den gewünschten aus oder fügen eigene Musik hinzu. Über die Aufnahmefunktion können Sie nach einem 3-2-1-Countdown Ihr Sprechgeschick beweisen und das Filmchen oder einzelne Sequenzen kommentieren.

Kunstvoll kombiniert, lassen sich mit den einzelnen Tonspuren wohlklingende Effekte erzielen. Entfernen Sie zunächst vorhandene Audiospuren und wählen Sie danach für jede Videosequenz zum Thema passende Musikstücke aus. Wenn der Hund über den Strand sprintet, darf sich das in schneller Musik widerspiegeln. Lässt sich das Tierchen genüsslich kräulen, greifen Sie zu Fahrstuhl jazz. Wenn Sie noch Text einsprechen wollen, reduzieren Sie die Musiklautstärke. Die Musik können Sie für entspanntere Übergänge zudem ein- und ausblenden.

## Übergänge gestalten und Geschwindigkeit anpassen

Falls einzelne Übergänge nicht passen, können Sie diese mit einem von zahlreichen Übergangseffekten verzieren. Allerdings sollten Sie es nicht übertreiben. Ein möglichst sanfter Effekt, den Sie wiederholt einsetzen, wirkt sehr viel professioneller als eine Sammlung aller Möglichkeiten. Das Video soll am Ende keine stroboskopartige Aneinanderreihung von Effekten sein.

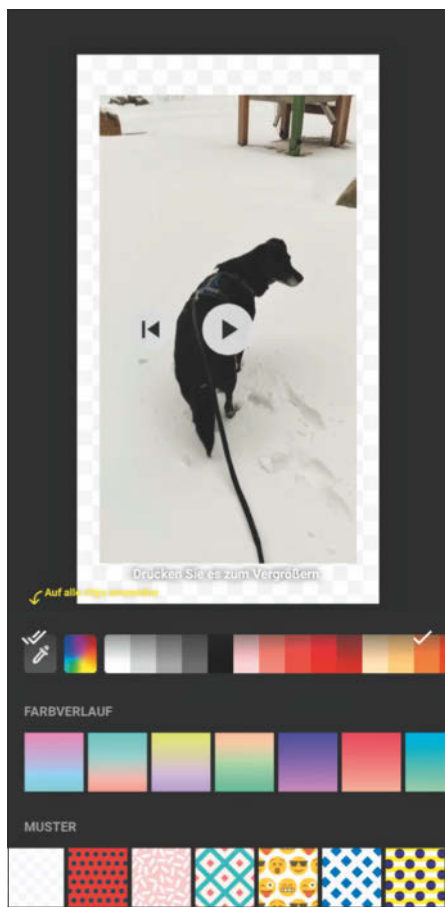
neller als eine Sammlung aller Möglichkeiten. Das Video soll am Ende keine stroboskopartige Aneinanderreihung von Effekten sein.

Mit der Bild-in-Bild-Funktion fügen Sie dem Winterabschnitt ein Foto oder Video hinzu. Größe und Position lassen sich frei wählen. So nutzen Sie den vielen Weißraum rund um den Hund gut aus. Der Strandabschnitt ist mit einer Sekunde recht kurz geraten. Zunächst duplizieren Sie den Abschnitt und verringern im nächsten Schritt das Abspieltempo.

Wenn Sie auf Speichern klicken, fragt Inshot nach der gewünschten Auflösung (720p, 1080p und 4K) und der Bildrate (24fps, 25fps, 30fps, 50fps und 60fps). In der kostenfreien Version fügt die App ein kleines Logo ein, das sich entfernen lässt, wenn man einen Werbeclip abspielt.

In der Pro-Version verschwindet die Werbung. Zudem gibt es mehr Filter und Effekte. Sie kostet je nach Nutzungsvorhaben 3 Euro pro Monat, 10 Euro pro Jahr oder 30 Euro im Einmalkauf. Wer also einmalig Urlaubsvideos bearbeiten möchte, zahlt 3 Euro, muss aber daran denken, zu kündigen. Die Pro-Version lässt sich sieben Tage lang kostenlos testen. Sofern der Nutzer nicht 24 Stunden vor Ablauf des Testzeitraums kündigt, startet automatisch das Jahresabo.

Beglücken Sie Freunde und Bekannte künftig regelmäßig mit Haustier-Content. Schließlich fragen die auch bei jedem Telefonat nach, wie es dem Hund gehe. Falls die Postfächer der nahestehenden Personen aber ohnehin schon überquellen, erstellen Sie dem vierbeinigen Freund einen eigenen YouTube-Kanal. (abr@ct.de) **ct**



**Wenn das Bildformat kleiner ist als die gewählte Leinwandgröße, fügt das kostenlose Videotool für Android und iOS Inshot einen Hintergrund ein oder lässt ihn schwarz.**



# Bequemer forschen

## Tipps zum Umgang mit dem Datei-Explorer unter Windows 11

**Bei Windows 11 hat Microsoft neben vielem anderen auch den Dateimanager Explorer weiterentwickelt, inklusive vieler Neuerungen bei Menüleiste, Kontextmenü und Ansichtsoptionen. Wir haben Tipps zusammengetragen, wie Sie davon profitieren können, was sich optimieren lässt – und wie Sie Lästiges bei Bedarf rückgängig machen.**

Von Axel Vahldiek

**D**er Explorer bleibt auch unter Windows 11 der Standard-Dateimanager. Der Kontakt mit ihm lässt sich kaum vermeiden, und zwar selbst dann, wenn Sie einen anderen Dateimanager verwenden. Denn der Explorer dient auch als Shell. Er ist also der Prozess, der hinter Desktop, Taskleiste und Startmenü steckt. Selbst die Öffnen- und Speichern-Dialoge in Anwendungen sind letztlich bloß Explorer-Fenster. Daher lohnt es sich quasi immer, den Explorer an die eigenen Wünsche und Bedürfnisse anzupassen: Das spart nicht nur Zeit, sondern auch Nerven. Das Angewöhnen von Tastenkürzeln kann ebenfalls reichlich Zeit sparen. Für diesen Ar-

tikel haben wir passende Tipps zusammengetragen.

Alle in diesem Artikel vorgestellten Tipps zum Explorer (eine Einführung finden Sie in [1], wo er trickst, in [2]) testeten wir unter der aktuellen Version von Windows 11. Das war bei Redaktionsschluss die Version 21H2. Wir haben zudem unter dem voraussichtlichen Nachfolger getestet. Der ist fast fertig und dürfte im Herbst dieses Jahres als „Version 22H2“ erscheinen (mehr dazu in [3]). Eines sei aber auch deutlich gesagt: Die Entwicklung geht immer weiter, Microsoft arbeitet bereits an einer weiteren Windows-11-Version, die im Herbst 2023 erscheinen dürfte. Es



## ct kompakt

- Der Explorer hat in Windows 11 ein neues Kontextmenü und eine veränderte Menüleiste. Die gefallen nicht jedem – mit Registry-Hacks drehen Sie die Zeit zurück.
- Es gibt neue Tastenkombinationen mit der Windows-Taste.
- An Taskleiste und Startmenü können Sie mehr ändern, als auf den ersten Blick zu ahnen ist.

ist gut möglich, dass einzelne unserer Tipps damit nicht mehr funktionieren.

Im Folgenden ist mitunter von Registry-Hacks die Rede. Wenn Sie keine Lust haben, die abzutippen, finden Sie via `ct.de/yxfe` die REG-Dateien dazu. Welche Datei für was zuständig ist, können Sie ihrem Namen entnehmen. Ein Doppelklick auf eine der Dateien setzt die Änderung um.

## Ansichten

Der Explorer kennt verschiedene „Ansichten“ zum Darstellen von Dateien und Ordnern. Auswählen können Sie die Ansicht im Explorer unter „Anzeigen“ oder durch `Strg+Mausrad`. Bei Bildern empfehlen sich oft „Extra große Symbole“, die aus durchaus erkennbaren Miniaturansichten bestehen. Bei Anwendungen, Systemdateien und Ähnlichem ist die Ansicht „Details“ oft nützlicher, weil dann viele Zusatzinformationen wie Änderungsdaten und Dateigrößen mit angezeigt werden. Bei Windows 11 hat Microsoft in der Detail-Ansicht den Abstand zwischen den einzelnen Zeilen vergrößert. Ob Sie das als Touch- und augenfreundlicher oder den Leerraum eher als verschenkten Platz empfinden, ist Geschmackssache. Ist Letzteres der Fall, verkleinern Sie den Abstand: In der Menüleiste unter „Anzeigen“ klicken Sie dazu „Kompakte Ansicht“ an.

Alternativ können Sie in der Menüleiste des Explorer auf die drei Punkte klicken und „Optionen“ auswählen. Es öffnen sich die altbekannten „Ordneroptionen“. Im Reiter „Ansicht“ setzen Sie ganz oben das Häkchen vor der neuen Option „Abstand zwischen Elementen verringern (kompakte Ansicht)“. Soll das für alle Ordner gelten, klicken Sie zudem auf die Schaltfläche „Für Ordner übernehmen“. Achtung: Das gilt

nur für Ordner „gleichen Typs“. Gemeint ist damit „enthält vor allem gleiche Dateiararten“, also Bilder oder Videos oder Dokumente und so weiter. Sie müssen das Prozedere daher bei Bedarf wiederholen, wenn Sie Ordner mit entsprechenden Inhalten geöffnet haben und die kompakte Ansicht darin fehlt.

Ein alter Trick in der Detailansicht funktioniert unter Windows 11 weiterhin: Drücken Sie `Strg` zusammen mit der Plus-Taste des Zehnerblocks Ihrer Tastatur, um die Breite aller Spalten auf einen Schlag zu optimieren.

## Kontextmenü

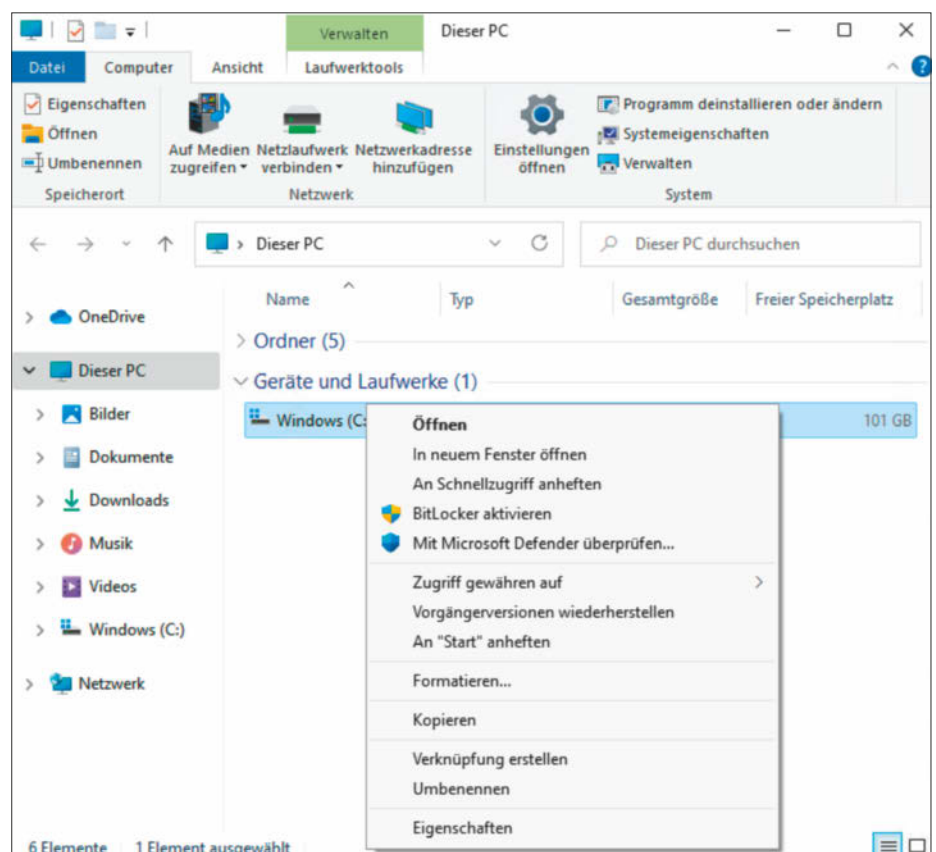
Eine der augenfälligsten Änderungen des Explorer ist das neue Kontextmenü. Gewohnte Menüpunkte wie „Kopieren“ und „Einfügen“ wurden durch Symbole ersetzt, andere wie „Senden an ...“ entfernt. Das Menü wirkt dadurch kompakter.

Das alte Kontextmenü inklusive der von Windows 10 gewohnten Befehle erscheint erst nach einem Klick auf „Weitere Optionen anzeigen“. Auch dafür gibt es wieder eine Tastenkombination: Markieren Sie zuerst Datei(en) und/oder Ordner und drücken Sie dann `Umschalt+F10`. In

irgendeiner künftigen Windows-Version wird voraussichtlich auch `Umschalt+Rechtsklick` funktionieren (in neueren Vorabfassungen der kommenden Windows-11-Versionen ist das bereits der Fall). Noch schneller und jetzt bereits geht es freilich, wenn Sie eine der sonst wohl nur selten genutzten Tasten bemühen: Die Kontextmenü-Taste, die sich meist neben der rechten `Strg`-Taste findet.

Im Kontextmenü mit den weiteren Optionen stecken im Vergleich zum von Windows 10 gewohnten Standard-Kontextmenü zusätzliche Optionen wie „Freigabe“ und „Als anderer Benutzer ausführen“. „Als Pfad kopieren“ kopiert den kompletten Pfad in die Zwischenablage, beispielsweise `C:\Windows\Notepad.exe`. Das ist praktisch etwa beim Schreiben von Fehlerberichten und Anleitungen. Unter Windows 10 gibt es dieses Kontextmenü mit Zusatzoptionen ebenfalls, dort öffnen Sie es mit `Umschalt+Rechtsklick` statt nur `Rechtsklick`.

Das neue Kontextmenü behagt Ihnen nicht? Sie können Windows 11 mit einem Registry-Hack anweisen, stattdessen das von Windows 10 gewohnte Kontextmenü anzuzeigen, und zwar mitsamt der Zusatz-



**Fast wie früher dank Registry-Hack: der Explorer von Windows 11, aber mit Ribbons, klassischem Kontextmenü und ohne „Schnellzugriff“.**

optionen („Als Pfad kopieren“ etc.). Den folgenden Einzeiler können Sie in eine mit Administratorrechten geöffnete Eingabeaufforderung oder PowerShell eintippen, aber das müssen Sie gar nicht: Sie finden via [ct.de/yxfe](https://ct.de/yxfe) eine REG-Datei, die den Hack per Doppelklick erledigt:

```
reg.exe add "HKCU\Software\Classes\CLSID\{86ca1aa0-34aa-4e8b-a509-50c905bae2a2}\InprocServer32" /f /ve
```

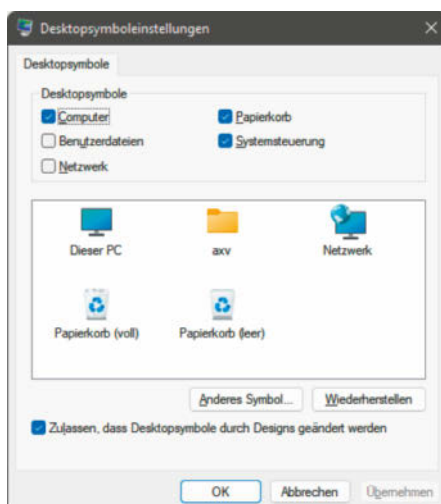
Damit die Änderung wirksam wird, melden Sie sich von Windows ab und wieder an, alternativ starten Sie Windows neu.

## Menüleiste

Die Symbole zum Kopieren, Ausschneiden und so weiter aus dem Kontextmenü tauchen auch in der neu gestalteten Menüleiste des Explorers auf. Falls Ihnen diese Änderung nicht gefällt, können Sie sich mit einem weiteren Registry-Hack behelfen. Der veranlasst Windows 11, die von Windows 10 gewohnten Ribbons zu zeigen. Den Einzeiler können Sie als REG-Datei via [ct.de/yxfe](https://ct.de/yxfe) herunterladen:

```
reg.exe add "HKLM\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Shell\Extensions\Blocked" /v "{e2bf9676-5f8f-435c-97eb-11607a5bedf7}"
```

Die Änderung ist spätestens nach einem Windows-Neustart wirksam.



**Symbole für „Computer“, „Systemsteuerung“ & Co. kann auch Windows 11 noch auf dem Desktop anzeigen. Der Dialog dafür wirkt aber ziemlich altbacken.**

Ob der Registry-Hack auch in Zukunft noch funktioniert, ist wie bei jedem anderen unklar, in diesem Fall aber recht unwahrscheinlich: Unter der bereits erwähnten Vorabfassung der kommenden Windows-11-Version 22H2 tut er es nicht mehr. Bleibt die Hoffnung, dass bald ein neuer Hack gefunden wird.

## Schnellzugriff

Der „Schnellzugriff“ dient vor allem dazu, im Explorer schnell auf individuell festlegbare Ordner zugreifen zu können.

Vorkonfiguriert sind die von Windows zur Ablage der persönlichen Dateien vorgesehenen Ordner unterhalb von C:\Benutzer\<<Konto>. Falls Sie die Ordner dort nicht als Schnellzugriff wollen oder brauchen, können Sie sie jeweils einzeln entfernen. Klicken Sie dazu in deren Kontextmenü auf „Von Schnellzugriff lösen“.

Beim Öffnen des Explorers zeigt er den Schnellzugriff stets zuerst. Um zu den Laufwerken zu gelangen, ist ein zusätzlicher Klick auf „Dieser PC“ nötig. Damit der Explorer sofort „Dieser PC“ anzeigt, klicken Sie in der Menüleiste auf die drei Punkte und ändern im Reiter „Allgemein“ die Option „Datei-Explorer öffnen für“ von „Schnellzugriff“ auf „Dieser PC“.

Sie finden den Schnellzugriff völlig überflüssig? Dann hilft ein weiterer Registry-Hack:

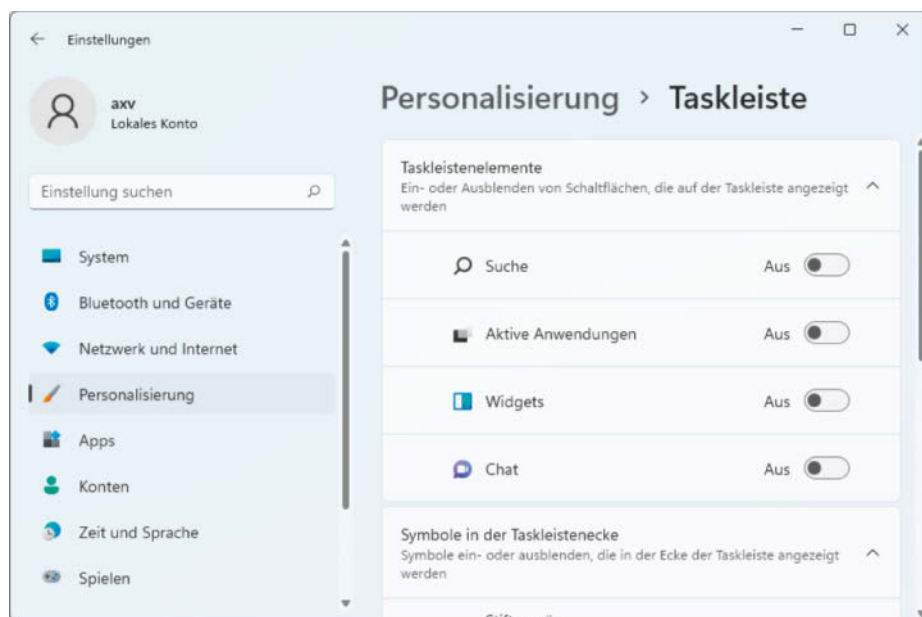
```
reg.exe add "HKLM\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Explorer" /v "HubMode" /d 0
```

Die Änderung ist sofort wirksam.

## Desktopsymbole

Früher war es bei Windows üblich, dass auf dem Desktop Symbole für „Computer“, „Systemsteuerung“ und „Papierkorb“ erschienen. Hinter „Computer“ (oder „Dieser PC“) verbirgt sich der Explorer, es handelt sich also um eine Verknüpfung zum Dateimanager auf dem Desktop. Deren Clou: Anders als bei einer händisch erzeugten Verknüpfung bot „Computer“ ein Kontextmenü mit speziellen Optionen. „Eigenschaften“ beispielsweise führt direkt in die Einstellungen unter „System/Info“, auch Dialoge zum Verbinden von Netzwerken sind darin zu finden.

Bei Windows 11 fehlen wie schon bei Windows 10 die Symbole für „Computer“ & Co. auf dem Desktop, lediglich der Papierkorb sowie der Browser Edge sind zu sehen. Das können Sie ändern. Öffnen Sie die Einstellungen (Windows+I) und darin „Personalisierung/Designs“. Hier finden Sie einen Link „Desktopsymboleinstellungen“. Was sich dann öffnet, ist ein Fenster in antiker Optik, in dem Sie Häkchen vor jene Symbole setzen können, die auf dem Desktop erscheinen sollen. Über die Schaltfläche „Anderes Symbol“ können Sie einzelnen Symbolen andere Grafiken zuweisen.



**Von Microsoft standardmäßig an die Taskleiste angeheftete Symbole entfernen Sie bei Windows 11 in den Einstellungen.**



## Tastenkürzel

Per Tastenkombination geht vieles schneller als per Maus, also durch das Drücken von zwei oder mehr Tasten gleichzeitig, um so ein Kommando ohne weitere Umwege direkt auszulösen. So gelingt das Kopieren und Verschieben von Dateien und Ordnern

## Windows-Tastenkürzel (Auswahl)

Tastenkombination	Wirkung
Windows	das Startmenü öffnen, los tippen startet Suche (Alternative: Strg+Esc)
<b>Windows+A</b>	<b>Schnelleinstellungen öffnen</b>
Windows+B	Fokus auf das erste Symbol im Infobereich der Taskleiste setzen
<b>Windows+C</b>	<b>Teams-Chat öffnen</b>
Windows+D	Desktop anzeigen
Windows+E	ein neues/weiteres Explorer-Fenster öffnen
Windows+F	Feedback-Hub
Windows+G	Xbox-Gamebar
<b>Windows+H</b>	<b>Spracheingabe (in Windows 11 umgestaltet)</b>
Windows+I	Einstellungen
<b>Windows+K</b>	<b>Wiedergabe auf per Miracast angeschlossenen Gerät starten (Dialog angepasst)</b>
Windows+L	Windows sperren
Windows+M	alle minimierbaren Fenster minimieren
<b>Windows+N</b>	<b>Kalender und Benachrichtigungen öffnen</b>
Windows+O	Bildschirmausrichtung sperren
Windows+P	Dialog zur Erweiterung des Bildschirms auf andere Monitore
Windows+Q	Suche im Startmenü
Windows+R	den Dialog „Ausführen“ öffnen
Windows+S	Suche im Startmenü öffnen
Windows+T	Fokus nacheinander auf die Symbole in der Taskleiste setzen
Windows+U	Einstellungen/Barrierefreiheit
Windows+V	Zwischenablageverlauf
<b>Windows+W</b>	<b>Widgets</b>
Windows+X	Admin-Menü
<b>Windows+Z</b>	<b>Snap-Assistent öffnen (Fensteranordnung)</b>
Windows+Punkt	Emoji-Menü
Windows+1/2/3/...	das 1./2./3./... Programm in der Taskleiste starten oder dahin wechseln
Windows+Umschalt+1/2/3/...	eine weitere Instanz des 1./2./3./... Programms in der Taskleiste starten
Windows+Strg+Umschalt+1/2/3/...	eine weitere Instanz des 1./2./3./... Programms in der Taskleiste mit Administratorrechten starten
Strg+Alt+Entf	Dialog mit Verknüpfungen zum Sperren, Herunterfahren, Kennwort ändern, ...
Strg+Umschalt+Esc	Taskmanager
Windows+Pause	Einstellungen/System
Windows+F1	Bing-Suche in Edge
Windows+Plus	Bildschirmleupe (Vergrößerung einstellen mit Windows+Plus und Windows+Minus, beenden mit Windows+Esc)
Windows+Komma	vorübergehender Blick auf den Desktop
Windows+Tab	Miniaturansichten aller offenen Fenster und Desktops
Windows+links/rechts	Fenster in die linke/rechte Bildschirmhälfte einpassen. Erneutes Drücken: Verschieben auf den nächsten Bildschirm
Windows+rauf	den Fensterzustand von minimiert über normal zu maximiert wechseln
Windows+runter	den Fensterzustand von maximiert über normal zu minimiert wechseln
Windows+Umschalt+links/rechts	das aktive Fenster auf den nächsten Bildschirm verschieben
Windows+Umschalt+rauf	das aktive Fenster bis an den oberen und unteren Rand vergrößern; die Breite bleibt unverändert
Windows+Pos1	alle Fenster minimieren mit Ausnahme des aktiven
<b>Windows+Alt+rauf</b>	<b>Fenster in die obere Bildschirmhälfte einpassen.</b>
<b>Windows+Alt+runter</b>	<b>Fenster in die untere Bildschirmhälfte einpassen.</b>
Windows+Strg+links/rechts	zum nächsten/vorigen Desktop wechseln
Windows+Strg+Umschalt+B	Grafiktreiber neu starten
Druck	Screenshot des Desktops in die Zwischenablage einfügen
Alt+Druck	Screenshot des aktiven Fensters in die Zwischenablage einfügen
Windows+Druck	Screenshot des Desktops im Nutzerordner unter Bilder\Screenshots speichern
Windows+Umschalt+S	Screenshot von auswählbarem Bereich in Zwischenablage einfügen

**Fettdruck:** neu oder geändert in Windows 11

# Anonym und sicher surfen



**Heft + PDF  
mit 29 % Rabatt**

Reisen Sie sicher durchs Netz mit den richtigen Anonymisierungsdiensten und gut geschützter Passwort-Verwaltung. Aber Sie können noch viel mehr für Ihre Privatsphäre im Internet tun. Wie's geht, lesen Sie im c't-Sonderheft „Sicher ins Netz“:

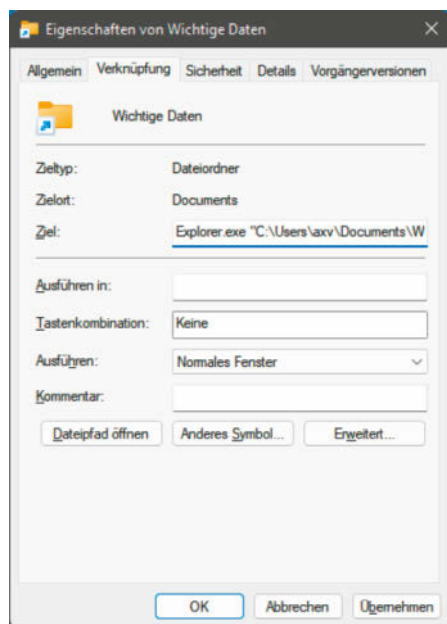
- ▶ Mit Hilfe vom Leitfaden Konten optimal absichern
- ▶ Sicher mit Android
- ▶ Einen eigenen Messengerdienst für Privatleute und Unternehmen
- ▶ Portofrei für Abonnenten

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



[shop.heise.de/ct-netzsicherheit22](https://shop.heise.de/ct-netzsicherheit22)

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



**Um einen Ordner unter Windows 11 an die Taskleiste anzuheften, erzeugen Sie eine Verknüpfung dazu und ergänzen Ziel um den Aufruf des Explorers.**

im Explorer mit den bekannten Tastenkombinationen Strg+C (Kopie in die Zwischenablage verfrachten), Strg+V (Kopie aus Zwischenablage einfügen) und Strg+X (in Zwischenablage verschieben) schneller als mit mühsamen Links-/Rechts-Klickabfolgen per Maus.

Bei vielen solcher Tastenkombinationen spielt die Windows-Taste eine entscheidende Rolle, und unter Windows 11 sind weitere Kombinationen mit der Windows-Taste hinzugekommen. In der Tabelle auf Seite 169 finden Sie eine Auswahl. Die fettgedruckten sind neu oder

funktionieren unter Windows 11 anders als beim Vorgänger. Die Tabelle ist keineswegs zum Auswendiglernen gedacht. Wählen Sie stattdessen Ihre Favoriten – nur oft gebrauchte Tastenkürzel sparen wirklich Zeit. Wenn Sie in einer Situation hingegen erst überlegen müssen, welche Kombi denn nun gerade die richtige ist, geht es per Maus doch schneller.

Die Windows-Taste allein gedrückt öffnet weiterhin das Startmenü, und auch wenn es für Neulinge verwirrend sein mag: Um etwas zu suchen, können Sie nach dem Drücken der Windows-Taste einfach drauflos tippen. Das Eingabefeld hat automatisch den Fokus. Bei Windows 11 ist es im Startmenü übrigens immer sichtbar – bei den Vorgängern erschien es erst nach dem ersten Tastendruck.

## Taskleiste und Startmenü

Bei einer Standard-Installation erscheint die Taskleiste am unteren Rand des Desktops. Sie hat unter Windows 11 viel von ihrer Flexibilität verloren, ohne dass Microsoft bislang erklären konnte, wozu das gut sein soll. Die Leiste ist beispielsweise am unteren Rand festgenagelt. Wer bislang eine Position an der Seite oder oben gewohnt war, muss sich also umgewöhnen. Die Fixierung lässt sich nicht mehr aufheben, um die Leiste beispielsweise nach oben zu vergrößern. Die Symbole in der Leiste sind grundsätzlich gruppiert, was zwar standardmäßig auch bei den Vorgängern so war, sich dort aber noch ändern ließ.

Auch das Startmenü leidet unter Starre: Seine Größe ist festgenagelt, die Aufteilung zwischen angehefteten Anwendungen und zuletzt benutzten Dateien lässt

sich nicht ändern. Was sich immerhin ändern lässt: Der Start-Knopf kann von der Mitte der Taskleiste zurück an das gewohnte linke Ende. Klicken Sie dafür im Kontextmenü der Taskleiste auf „Taskleisteneinstellungen“, klappen Sie unten „Verhalten der Taskleiste“ aus und ändern Sie die Einstellung „Taskleistenausrichtung“ von „Zentriert“ auf „Linksbündig“. Die Änderung wirkt sofort.

Falls Sie an den anderen genannten Neuerungen keinen Gefallen finden, helfen Ihnen Bordmittel nicht weiter. Es gibt aber einige Programme von anderen Anbietern, die Abhilfe versprechen, genauer: alternative Startmenüs, die bei der Gelegenheit auch gleich die Taskleiste optimieren. Einen Vergleich solcher Programme haben wir in [4] veröffentlicht.

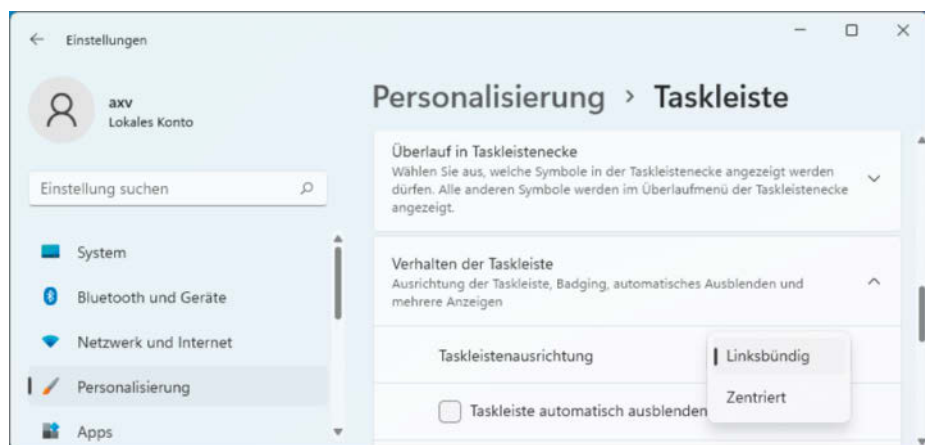
Etwas aber können Sie doch noch am Startmenü selbst anpassen: Neben dem Ausschalter sind am unteren Rand Symbole zu sehen, und welche das sind, lässt sich festlegen. Öffnen Sie die Einstellungen und darin „Personalisierung/Start“ und klicken Sie dort auf „Ordner“. Sie können verschiedene vorgegebene Symbole ein- und ausschalten, etwa für „Einstellungen“, „Downloads“ und „Netzwerk“.

## Taskleiste: Kontextmenü

Das Kontextmenü der Taskleiste hat Microsoft so weit entrümpelt, dass es kaum noch ernst zu nehmenden Nutzen bietet. Denn außer einer Verknüpfung zu den Taskleisteneinstellungen (genauer: zu „Einstellungen/Personalisierung/Taskleiste“) ist nichts mehr enthalten. Immerhin: Das Öffnen der Taskleisteneinstellungen kostet zwar einen zusätzlichen Mausklick, doch dort können Sie die Taskleistensymbole „Suche“, „Aktive Anwendungen“, „Widgets“ und „Chat“ ein- und ausschalten.

Das Erstellen individueller Symbolleisten ist nicht mehr vorgesehen, weder per Kontextmenü noch sonst wie. Auch die Kontextmenüoptionen zum Anordnen von Fenstern (überlappen, gestapelt anzeigen, nebeneinander anzeigen) sind verschwunden. Als Ersatz ist offenbar die Snap-Funktion (Aufruf: Fenster auswählen, Windows+Z drücken) vorgesehen, die zugebenermaßen für Displays mit höheren Auflösungen besser geeignet ist.

Der Taskmanager ist ebenfalls nicht mehr per Kontextmenü aufrufbar. Sie finden die Verknüpfung aber noch im kleinen Admin-Menü (Windows+X oder Rechts-



**Wenn Ihnen die Position des Startknopfs in der Mitte der Taskleiste nicht gefällt, verlegen Sie ihn in die gewohnte linke Ecke zurück.**



klick auf die Startmenü-Schaltfläche). Alternativ starten Sie den Taskmanager mit Strg+Umschalt+Esc.

### Anwendungen und Ordner an Taskleiste anpinnen

Unter Windows 10 können Sie Anwendungen, Ordner und Verknüpfungen an die Taskleiste anheften. Anschließend ist deren Symbol auch dann dort zu sehen, wenn die Anwendung nicht läuft beziehungsweise der Ordner in keinem Explorer-Fenster geöffnet ist. Am einfachsten gelingt das unter Windows 10 folgendermaßen: Suchen Sie im Startmenü oder im Explorer die ausführbare Datei der Anwendung (Endung .exe), den Ordner oder die Verknüpfung und ziehen Sie sie mit gedrückter linker Maustaste auf die Taskleiste.


Unter Windows 11 können Sie auf diese Weise nichts mehr an die Taskleiste anheften. Immerhin: Das Anheften gelingt trotzdem noch, nur auf anderem Wege. Relativ einfach ist es bei Anwendungen

und Verknüpfungen: Öffnen Sie deren Kontextmenü und wählen Sie darin „Erweiterte Optionen“ (oder drücken Sie Umschalt+F10). Es öffnet sich das erweiterte Kontextmenü, in dem Sie den Menüpunkt „An Taskleiste anheften“ auswählen. Nur bei Anwendungen noch einfacher: Starten Sie sie via Startmenü oder sonst wie und klicken Sie danach im Kontextmenü des Taskleistensymbols auf „An Taskleiste anheften“.

Bei Ordnern ist es kniffliger, weil bei denen der nötige Eintrag im erweiterten Kontextmenü fehlt. Ausweg: Erstellen Sie irgendwo auf einem internen Laufwerk eine Verknüpfung dazu. Klicken Sie in dessen Kontextmenü auf „Eigenschaften“. Im Reiter „Verknüpfung“ setzen Sie in der Zeile „Ziel“ Anführungszeichen direkt vor und hinter den dort stehenden Pfad. Anschließend schreiben Sie Explorer.exe vor den Pfad. Zwischen „Explorer.exe“ und den Pfad in Anführungszeichen gehört ein Leerzeichen. Nach einem Klick auf „Übernehmen“ finden Sie im erweiterten Kon-

textmenü den Eintrag „An Taskleiste anheften“.

### Und mehr

So nützlich die in diesem Artikel genannten Tipps auch sein mögen, einen Anspruch auf Vollständigkeit kann es schon aus Platzgründen nicht geben. Womöglich fehlt also ausgerechnet Ihr Lieblingstipp oder Ihre favorisierte Tastenkombination? Lassen Sie es uns und vor allem andere Leser wissen: Via [ct.de/yxfe](https://ct.de/yxfe) finden Sie das Forum zum Artikel. (axv@ct.de) 

### Literatur

- [1] Jan Schüßler, Erkundungstour, Wissenswertes zum Windows-Explorer, c't 19/2021, S. 120
- [2] Axel Vahldiek, Schein statt Sein, An welchen Stellen der Windows-Explorer trickst, c't 20/2019, S. 134
- [3] Jan Schüßler, Elf Punkt eins, Was vom nächsten Windows 11 schon jetzt zu sehen ist, c't 7/2022, S. 136
- [4] Jan Schüßler, Startelf auswechseln, Alternative Startmenüs für Windows 11 im Test, c't 2/2022, S. 116

REG-Dateien, Forum: [ct.de/yxfe](https://ct.de/yxfe)

# TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPAß!



## Make:Education

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



Für alle weiterführenden Schulen



Fächerübergreifend



Digital zum Downloaden



Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden:

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

# Nicht übertreiben

## Grenzen des Auskunftsrechts nach der DSGVO

**Im Grunde steht jedermann das Recht auf Auskunft zu den über seine Person gespeicherten Daten zu. Dieses Recht kann aber auch entfallen, wenn es missbräuchlich genutzt wird. Wann das der Fall sein kann, beantworten mehrere Gerichtsurteile – ein höchstrichterliches steht noch aus.**

Von Harald Büring

Für uns alle ist es sehr wichtig, erfahren zu können, welche personenbezogenen Daten Unternehmen über uns gespeichert haben. Die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) räumt deshalb weitgehende Auskunftsrechte ein, die unter anderem auch für Mitarbeiter gegenüber ihrem Arbeitgeber gelten (Art. 15 Abs. 1). Außerdem steht Betroffenen nach der DSGVO ein Recht auf Berichtigung oder auch Löschung ihrer Daten gegenüber dem jeweiligen Unternehmen zu.

Nur so können sie ihr Recht auf informationelle Selbstbestimmung als Teil ihres allgemeinen Persönlichkeitsrechts wahren, das vom Bundesverfassungsgericht Mitte der 80er-Jahre in den beiden berühmten Volkszählungsurteilen aus den Artikeln 1 Abs. 1 und 2 Abs. 1 der Verfassung hergeleitet wurde.

Allerdings geht es längst nicht jeder Person um den Schutz ihrer persönlichen Daten. Oft werden mit dem Auskunftsanspruch andere Interessen verfolgt. Dem einen geht es etwa darum, eventuelle Ansprüche auf Schadensersatz oder Schmerzensgeld durchzusetzen. Ein anderer bezweckt, den Auskunftspflichtigen zu schädigen, etwa indem er ihn mit dem Antrag zur Durchsicht von tausenden E-Mails und weiteren Unterlagen zwingen möchte und diesen Antrag womöglich mehrmals hintereinander stellt. In der Praxis stellt sich

in solchen Fällen die Frage, wann das betroffene Unternehmen die Auskunft verweigern darf, weil der Betroffene sein Auskunftsrecht missbraucht.

### Unzureichendes Gesetz

Im Gesetz finden sich lediglich unzureichende Regelungen. Dem Erwägungsgrund 63 der DSGVO ist lediglich zu entnehmen, dass dieses Recht die Rechte und Freiheiten anderer Personen, etwa Geschäftsgeheimnisse oder Rechte des geistigen Eigentums und insbesondere das Urheberrecht an Software, nicht beeinträchtigen sollte. Dies darf jedoch nicht dazu führen, dass der betroffenen Person jegliche Auskunft verweigert wird. Verarbeitet der Verantwortliche eine große Menge von Informationen über die betroffene Person, so sollte er verlangen können, dass die betroffene Person präzisiert, auf welche Information oder welche Verarbeitungsvorgänge sich ihr Auskunftsersuchen bezieht, bevor er ihr Auskunft erteilt.

Die Konferenz der Datenschutzbeauftragten des Bundes und der Länder macht ebenfalls keine klare Aussage darüber, wann das Auskunftsrecht wegen Missbrauch ausgeschlossen ist (siehe [ct.de/ysjh](https://www.ct.de/ysjh)). Stattdessen verweist sie auf Einzelfallentscheidungen, letztlich also auf die Gerichte. Die stützen sich bei Entscheidungen zu der Frage, wann in konkreten Fällen ein Missbrauch vorliegt, der den Auskunftsanspruch ausschließen oder begrenzen kann, vor allem auf Art. 12 Abs. 5 Satz 2 Buchstabe b DSGVO. Demnach hat der Verantwortliche das Recht, die Auskunft zu verweigern, sofern der Antrag offensichtlich unbegründet oder es sich um einen exzessiven Antrag handelt. Was genau unter einem exzessiven Antrag zu verstehen ist, dazu gibt es allerdings keine gesetzliche Definition. Weitgehende Einigkeit besteht unter Juristen nur dahingehend, dass ein Antrag dann exzessiv ist, wenn das Unternehmen dadurch schikaniert werden soll oder der Betreffende zu häufig einen neuen Antrag stellt. Das Gleich-

che gilt, wenn die Bearbeitung des Auskunftsersuchens mit einem extrem hohen Aufwand verbunden ist.

### Viele alte E-Mails

So war es in einem Fall, in dem ein ehemaliges Mitglied des Vorstandes eines Unternehmens viele Jahre später gegenüber dem Insolvenzverwalter eine Auskunft über die von ihm geführte und innerhalb eines Jahres verarbeitete E-Mail-Korrespondenz verlangte, die ungefähr 10.000 E-Mails umfasste. Darüber hinaus wollte er eine kostenlose Kopie dieser Daten erhalten. Als der Insolvenzverwalter sich weigerte, verklagte er ihn.

Das Landgericht Heidelberg wies die Klage ab (Urteil vom 21.02.2020, Az. 4 O 6/19, siehe [ct.de/ysjh](https://www.ct.de/ysjh)). Es begründete seine Entscheidung damit, dass der Aufwand unverhältnismäßig sei, weil eine Vielzahl von E-Mails gesichtet und geschwärzt werden müssten, um Interessen Dritter zu wahren. Für diese Aufbereitung müsste das Unternehmen mehrere Wochen Arbeitszeit aufwenden. Darüber hinaus verfügte es über viele Daten nicht mehr, weil diese inzwischen gelöscht worden waren. Die davon gemachten Backups auf einem Speichermedium befanden sich nicht mehr im Unternehmen. Die Wiederherstellung auf den alten Servern wäre mit Kosten von etwa 4000 Euro verbunden.

Begrenzte hier der erhebliche Aufwand den Anspruch, stellt sich in anderen Fällen die Frage, inwieweit ein Rechtsmissbrauch im Sinne des Art. 12 Abs. 5 Satz 2 DSGVO auch dann in Betracht kommt, wenn es dem Antragsteller nicht um den Datenschutz, sondern beispielsweise um die Durchsetzung von Forderungen oder die Verteidigung in einem Strafprozess geht.

Dazu liegen einige jüngere obergerichtliche Entscheidungen vor: In einem Fall war einem Arbeitnehmer fristlos wegen Betruges gekündigt worden. Sein Arbeitgeber warf ihm vor, dass er seine Fahrtkosten über den Zeitraum eines Jahres falsch abgerechnet habe. Nachdem der



Mitarbeiter seine Kündigungsschutzklage vor den Arbeitsgerichten rechtskräftig verloren hatte, machte er einen Anspruch auf Erteilung einer Auskunft über die bezüglich seiner Person gespeicherten Daten geltend. Der Arbeitgeber verweigerte die Auskunft. Vor Gericht berief sich der Betroffene darauf, dass er die Auskunft benötige, um sich gegen den Vorwurf des Betruges im Rahmen des noch laufenden Strafverfahrens verteidigen zu können.

Das Hessische Landesarbeitsgericht entschied mit Urteil vom 10.06.2021 (Az. 9 Sa 1431/19, ct.de/ysjh), dass der Arbeitgeber dem Betroffenen die Auskünfte erteilen muss. Nach Auffassung der Richter gebe es keine Anhaltspunkte für Rechtsmissbrauch. Diese wären nur dann gegeben, wenn der ehemalige Mitarbeiter damit seinen Arbeitgeber unter Druck gesetzt hätte, um eine höhere Abfindung zu erhalten. Diese Möglichkeit scheide jedoch aus, weil er den Antrag auf Auskunft erst gestellt habe, nachdem über seine Kündigungsschutzklage bereits rechtskräftig entschieden war.

Demgegenüber stelle das mit dem Auskunftsanspruch verfolgte Ziel der Verteidigung in einem Strafverfahren keinen Rechtsmissbrauch dar. Denn ein anderer Beweggrund als der Schutz seiner personenbezogenen Daten führe nicht bereits dazu, dass die Verwendung als Rechtsmissbrauch anzusehen ist. Vielmehr müsste es sich hierzu offensichtlich um einen exzessiven oder unbegründeten Antrag im Sinne von Art. 12 Abs. 5 Satz 2 DSGVO handeln, was die Richter in diesem Fall verneinten.

In einem weiteren Fall wollte der Kläger erreichen, dass seine private Krankenversicherung ihm Beiträge zurückzahlt, die er aufgrund von Beitragserhöhungen in den Jahren von 2013 bis 2016 gezahlt hatte. Um herauszufinden, ob überhaupt und in welcher Höhe die jeweiligen Beitragserhöhungen erfolgt waren, verlangte er Auskunft über alle Beitragsanpassungen in diesem Zeitraum. Als sich die Versicherung weigerte, verklagte er sie.

Damit hatte er allerdings keinen Erfolg. Das Oberlandesgericht Nürnberg entschied, dass er keinen Anspruch auf Auskunft hat (OLG Nürnberg, Urteil vom 14.03.2022, Az. 8 U 2907/21, ct.de/ysjh). Das begründeten die Richter damit, dass die beabsichtigte Vorbereitung einer Klage auf Zahlung als rechtsmissbräuchlich anzusehen sei. Denn die Überprüfung von Beitragsanpassungen sei nicht durch den



Foto: Jens Gyarmaty

**Die Konferenz der Datenschutzbeauftragten, in diesem Jahr unter dem Vorsitz des Bundesbeauftragten Ulrich Kelber, verweist zur Frage des Missbrauchs von Datenschutzauskünften auf Einzelfallentscheidungen durch die Gerichte.**

Schutzzweck der Datenschutzgrundverordnung gedeckt. Das Gericht ließ keine Revision zu.

Ebenso entschied das Oberlandesgericht Dresden in einem Fall, in dem es um Beitragsanpassungen für die Jahre 2011 bis 2016 ging. Auch die Richter des OLG Dresden ließen zu dieser Frage keine Revision zu (OLG Dresden, Urteil vom 29.03.2022, Az. 4 U 1905/21, ct.de/ysjh).

### Andere Ansichten

Anders sah dies jedoch das Oberlandesgericht Köln, das über einen ähnlichen Sachverhalt zu entscheiden hatte: Die Versicherung könne sich nach Auffassung des Gerichtes nicht darauf berufen, dass die Geltendmachung rechtsmissbräuchlich sei. Es sei statthaft, dass es dem Kläger vor allem um die Durchsetzung eines Zahlungsanspruches gehe. Dies ergebe sich daraus, dass es dem Gesetzgeber der DSGVO um den Schutz der Rechte und Freiheiten der Person gegen Beeinträchtigungen und Gefährdungen durch Verarbeitungen personenbezogener Daten gegangen sei. Dabei komme es nicht darauf an, ob diese Rechte und Freiheiten selbst im Datenschutzrecht oder in einer anderen Teilordnung des Rechts verankert sind.

Unbedenklich und grundsätzlich zu erfüllen sei deshalb ein Antrag auf Herausgabe von Kopien mit persönlichen Daten,

mit denen die betroffene Person sich Informationen zur Vorbereitung eines Gerichtsverfahrens gegen den Verantwortlichen beschaffen wolle, auch wenn es dabei letztlich um andere Ansprüche als den Schutz der Daten gehe. Darüber hinaus ergäben sich keine Anhaltspunkte dafür, dass der Kläger die Versicherung schikanieren wolle. Er habe auch nicht etwa in einem kurzen Abstand erneut Auskunft begehrt (OLG Köln, Urteil vom 13.05.2022, Az. 20 U 198/21, ct.de/ysjh). Gegen dieses Urteil ist ein Revisionsverfahren vor dem Bundesgerichtshof anhängig (Az. BGH IV ZR 193/22).


Neben den noch nicht höchstrichterlich geklärten Rechtsfragen fällt es den Auskunftspflichtigen in der Praxis oft schwer nachzuweisen, dass ein Fall missbräuchlicher Antragstellung vorliegt. Zu begrüßen wäre es jedenfalls im Sinne einer besseren Rechtssicherheit und -klarheit für die Praxis, wenn der BGH abschließend klärt, inwieweit Verantwortliche Auskünfte nach Art. 15 DSGVO erteilen müssen, wenn es dem Betroffenen dabei um die Durchsetzung von Forderungen geht. Eine Entscheidung des höchsten Zivilgerichts in der genannten Sache dürfte jedoch frühestens gegen Ende des Jahres zu erwarten sein. (tig@ct.de) **ct**

**Gesetze und Entscheidungen zum Auskunftsrecht: ct.de/ysjh**

# Tipps & Tricks

## Sie fragen – wir antworten!

Fragen richten Sie bitte an


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


 [c't Magazin](#)

 [@ctmagazin](#)

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter [www.ct.de/hotline](http://www.ct.de/hotline).


### Nur 60 statt 144 Hertz

 Ich habe mir den neuen Gaming-Monitor Sony Inzone M9 gekauft. Der Hersteller verspricht 144 Hertz bei 4K-Auflösung, doch ich bekomme per Windows nie mehr als 60 Hertz eingestellt. Ich habe es inzwischen mit verschiedenen Kabeln an unterschiedlichen Signaleingängen probiert und sogar probierhalber die Auflösung auf Full HD reduziert – nichts half.


 Mit Werkseinstellung ist bei diesem Monitor der Öko-Modus aktiviert, der die Bildwiederholfrequenz auf 60 Hertz begrenzt. 144 Hertz am DisplayPort (respektive 120 Hertz via HDMI) zeigt er erst,

nachdem sie den Öko-Modus am Monitor im Bildmenü unter „Weiter/Ökomodus/Aus“ abschalten (Englisch: Others/Eco Mode/Off). Alternativ nutzen Sie dazu das Sony-Tool Inzone Hub, in dem Sie die Einstellung im Abschnitt „Geräteeinstellung/Weiter/Ökomodus“ finden. Dazu muss der HDR-Modus von Windows ausgeschaltet sein. (bkr@ct.de)

### Luft im Tintenzufluss beim Epson-Drucker

 Mein Epson WF-C5710DWF hat offenbar Probleme mit Luft im Zufluss für die schwarze Tinte. Während des Garantiezeitraums kam ein Servicetechniker und hat den Zufluss über einen speziellen Wartungs-Modus entlüftet. Eine normale Druckkopfreinigung reicht leider nicht.

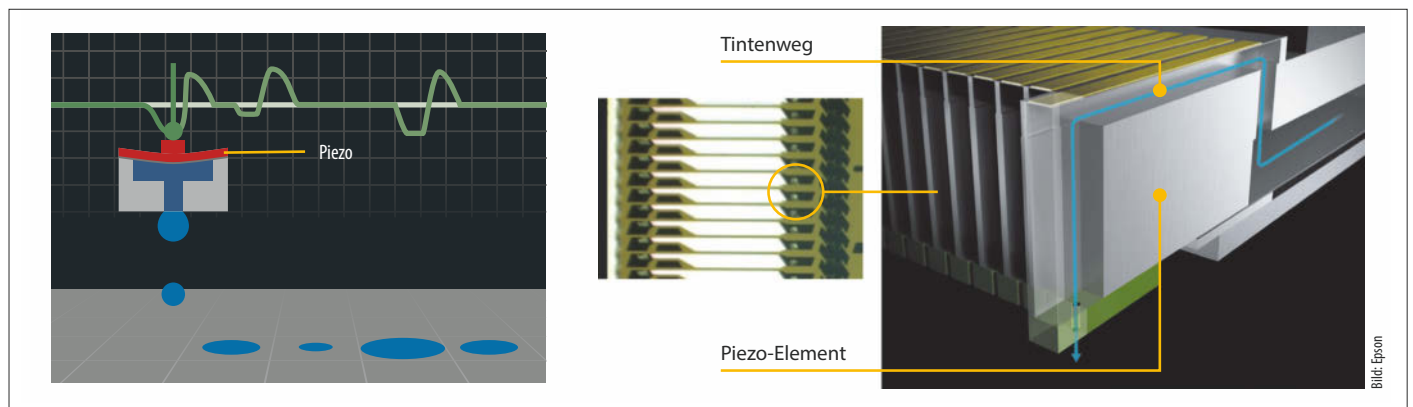
Jetzt habe ich im Internet Tipps gelesen, den Drucker mittels einer Spritze zu entlüften, in dem man die Tinte vorsichtig durch den Zulauf drückt. Ist das ratsam oder kann es dem Drucker schaden?

 Epsons C57er-Serie hat offenbar das Problem, dass beim Wechseln der Tintenbeutel Luft in das Schlauchsystem und

irgendwann auch in den Druckkopf kommt. Von dem Tipp, Tinte per Spritze durch das System zu drücken, raten wir ab. Theoretisch könnte das zwar funktionieren, aber nur, wenn man vollkommen luftfrei arbeitet und die Kanüle haargenau passt. Sonst würde – von der Schweinerei mit herumspritzender Tinte abgesehen – nur noch mehr Luft in das Schlauchsystem kommen. Opfern Sie lieber die Tinte für zusätzliche Reinigungsversuche mit Ruhepausen dazwischen. In der Regel sieht man an den Düsentestmustern dann auch den Reinigungsfortschritt. Auf diese Weise haben wir schon einige Epson-Drucker wieder zum Drucken gebracht.

Zur Erklärung: Tintendrucker mit Piezo-Druckköpfen, wie sie Epson (und auch Brother) bauen, vertragen keine Luftbläschen in den Druckkammern. Mit Piezos kann man den Tintenausstoß zwar sehr gut steuern, da Gase aber stark komprimierbar sind, bewegen die Piezo-Elemente nicht genug Volumen, um sie aus der Düse zu befördern.

Epson entgast daher seine Tinte, damit die Flüssigkeit in der Lage ist, kleinere Luftbläschen aufzulösen (der umgekehrte Effekt der Sprudelwasserflasche). Beim Reinigen Ihres WF-C5710 brauchen Sie



**Piezo-Drucktechnik:** Je nach Polarität der Spannung wölbt sich das Piezo-Element im Druckkopf nach außen (Ansaugen der Tinte) oder nach innen (Ausstoß). Die Höhe der Spannung bestimmt die Tröpfchengröße, die Frequenz die Anzahl. Beim PrecisionCore-Druckkopf von Epson (rechts) sind die Piezo-Elemente nur einen Mikrometer dick und haben viel Fläche zur Tintenkanne hin.



Geduld, meist reichen drei Reinigungen nicht. Lassen Sie das Gerät nach drei oder vier Reinigungen über Nacht stehen. Damit lassen Sie der Tinte Zeit, Gasbläschen in den Druckkammern aufzulösen. Wiederholen Sie die Reinigung am folgenden Tag und prüfen Sie, ob sich Verbesserungen zeigen. (rop@ct.de)

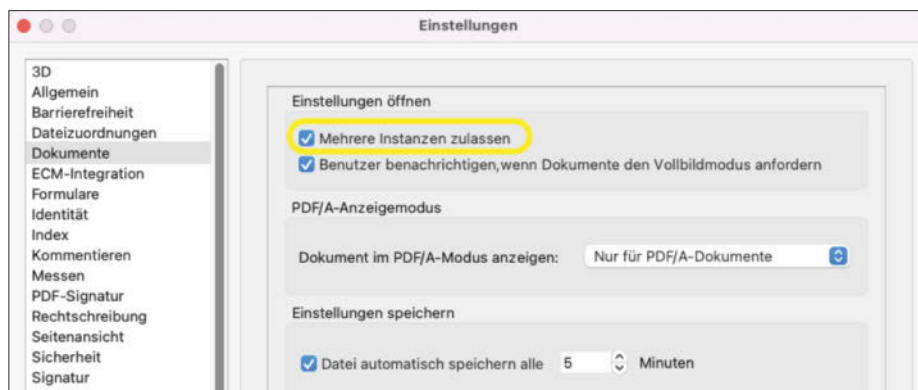
## Windows-Lizenzen und virtuelle Maschinen

**?** Ich betreibe Windows in einer virtuellen Maschine (VM). Dafür habe ich eine separate Lizenz einer für meine Zwecke ausreichenden Home-Edition gekauft. Doch nun stolperte ich im Internet über Aussagen, denen zufolge Home gar nicht in VMs genutzt werden dürfe. Andere behaupten sogar, dass das nur mit Enterprise-Editionen mit speziellen Lizenzen erlaubt sei.

**!** Solche Aussagen finden sich reichlich, und oft sind sie mit durchaus echten Zitaten von Microsoft untermauert. Das Entscheidende: Sie beziehen sich meist auf US-amerikanisches Recht. Auf der anderen Seite des großen Teichs darf Microsoft den Nutzern vorschreiben, auf welcher Art von PC Windows installiert werden darf (und noch mehr).

Hierzulande ist die rechtliche Situation aber eine andere. Sofern Sie die Lizenz im Einzelhandel kaufen, geht es den Konzern nach dem deutschen Urheberrecht nichts an, auf welchem PC Sie sie einsetzen. Sie dürfen sie als rechtmäßiger Besitzer auf einem beliebigen Gerät einsetzen. Es ist also egal, ob es sich dabei um echte Hardware oder um eine virtuelle Maschine handelt. Die Edition spielt ebenfalls keine Rolle, Sie dürfen also sehr wohl auch Windows Home in einer VM installieren.

Komplizierter wird es, wenn Sie beispielsweise als Unternehmen einen Vertrag direkt mit Microsoft oder einem vom Konzern autorisierten Lizenzhändler abschließen. Dann gilt, was Sie dabei unterschreiben, und aus der Nummer kommen Sie allenfalls dann wieder raus, wenn Sie den Vertrag anfechten und vor Gericht Recht bekommen. Wenn nach einem Blick in Ihren Vertrag Unklarheiten über den Einsatz in einer VM bleiben, sollten Sie nicht ausgerechnet Microsoft oder Ihren Lizenzhändler dazu befragen. Die wollen Ihnen vor allem möglichst viele Lizenzen verkaufen, sind also befangen. Wenden



**Damit der Foxit PDF Reader mehr als ein Fenster zeigt, dürfen Sie nicht die App-Variante des Readers verwenden und müssen in den Einstellungen mehrere Instanzen zulassen.**

Sie sich stattdessen an einen unabhängigen Rechtsanwalt für IT-Recht.

**Tip:** Als System-Builder-Lizenzen gibt es zwar nur die Editionen Home und Pro, doch die dürfen alle erwerben, und Sie dürfen sie grundsätzlich in einer VM nutzen. Mit solchen Lizenzen sind daher sowohl Privatkunden als auch Unternehmen, Behörden, Vereine und so weiter allesamt auf der sicheren Seite. Eine Artikelserie mit einer umfangreichen Kaufberatung zu Windows-Lizenzen haben wir zuletzt in c't 5/2020 veröffentlicht. (axv@ct.de)

## Mehrere Fenster mit Foxit PDF Reader am Mac

**?** Ich möchte unter macOS mehrere PDFs mit dem Foxit PDF Reader gleichzeitig anzeigen, um sie vergleichen und bearbeiten zu können. Stattdessen öffnet der Reader Dateien aber als Tabs im Hauptfenster. In den Einstellungen habe ich keine Option gefunden, um das Verhalten zu ändern.

**!** Die gesuchte Funktion versteckt sich unter „Einstellungen/Dokumente“ und heißt „Mehrere Instanzen zulassen“. Wenn sie bei Ihnen fehlt, haben Sie vermutlich die Programmvariante aus dem Mac App Store installiert. Löschen Sie die also zunächst aus Ihrem Programme-Ordner und laden Sie die aktuelle Version von der Foxit-Webseite (siehe ct.de/ytbx) herunter. Alternativ ziehen Sie sie sich mit dem Paketmanager Homebrew mittels `brew install foxitreader`. Leider ist der Download aus beiden Quellen sehr zäh und kann schon einmal eine halbe Stunde dauern. Nach der Installation sollte die genannte Funktion in den Einstellungen zu

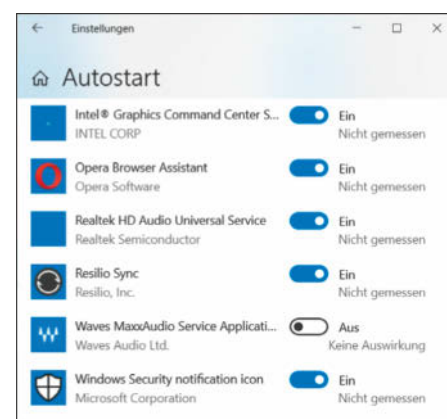
finden sein, sie müssen sie nur noch aktivieren und den Foxit PDF Reader neu starten. Übrigens: Weil nun jedes Fenster eine eigene Instanz darstellt, müssen Sie jede einzeln via `Cmd+Q` beenden. (bkr@ct.de)

**Download Foxit:** [ct.de/ytbx](https://ct.de/ytbx)

## Verzerrter Ton bei Dell-Notebooks

**?** Ich nutze ein Dell-Notebook und habe das Problem, dass der Ton bei Audioaufnahmen verzerrt ist. Das passiert nicht nur beim internen Mikrofon, sondern auch bei USB-Audiogeräten.

**!** Dell installiert auf vielen Rechnern die Audiosoftware Waves Maxx Audio, die unter anderem einen Equalizer und Surroundeffekte mitbringt. Die Software ist Teil des Treiberpakets und lässt sich weder ohne Weiteres abschalten noch se-



**Im Windows-Autostart lässt sich die Audio-Verstärkungs-Software Waves MaxxAudio von Dell-Notebooks abschalten.**

parat deinstallieren. Zudem verändert sie auch bei externen USB-Mikrofonen oder -Audio-Interfaces den Frequenzgang. Das ist für professionelle Audioproduktionen ein Problem.

Als Workaround können Sie den automatischen Start der Waves MaxxAudio Service Application deaktivieren, sodass die Software nicht mehr eingreift. Das klappt am leichtesten, wenn Sie unter Windows 10 und 11 mit der Windows-Taste das Startmenü öffnen und nach „Start-Apps“ suchen und diesen Punkt der Systemeinstellungen öffnen. Hier können Sie den Autostart der App abschalten. Nach einem Neustart sollte Waves Maxx Audio nicht mehr aktiv sein, sodass Sie unverzerrt Audio aufnehmen können. Es gibt allerdings einen Nachteil: Die 3,5-mm-Klinkenbuchse für Headsets funktioniert nicht mehr, weshalb dieser Workaround nur bei USB-Audiogeräten hilft. (chh@ct.de)

## Thunderbird-Darstellung unscharf

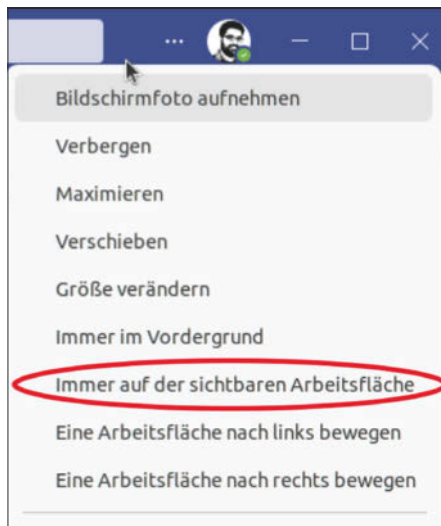
Ich habe unter Fedora die fraktionelle Skalierung eingeschaltet. Firefox wird gestochen scharf angezeigt, aber bei Thunderbird sind Schrift und Bedienelemente verschwommen. Wie kann ich die Darstellung verbessern?

Vermutlich verwendet Thunderbird nicht automatisch das moderne Wayland-Protokoll, weshalb der Mail-Client die skalierten Fenster nicht korrekt zeichnet. Zwingen Sie Thunderbird, Wayland zu verwenden, indem Sie die Umgebungsvariable `MOZ_ENABLE_WAYLAND=1` Thunderbird übergeben. Statt sich mit dem Terminal herumzuplagen, installieren Sie das Paket `thunderbird-wayland`. Dieses enthält angepasste Programmaufrufe. Starten Sie dann „Thunderbird on Wayland“.

Wenn Sie Thunderbird als Flatpak nutzen, starten Sie mit folgendem Befehl Thunderbird mit Wayland-Unterstützung: `flatpak run --env=MOZ_ENABLE_WAYLAND=1 --socket=wayland org.mozilla.Thunderbird` (ktn@ct.de)

## Teams-Fenster auf allen Linux-Arbeitsflächen

Ich benutze unter Ubuntu Desktop Microsoft Teams und möchte, dass dessen Fenster auf allen Arbeitsflächen



**Per Super-Taste und Kontextmenü kann man Teams unter Ubuntu Desktop auf die sichtbare Arbeitsfläche festpinnen.**

sichtbar ist. Bei anderen Programmen klicke ich per Rechtsklick auf die Fenstertitleiste, um aus dem Kontextmenü die Option einzuschalten. Aber bei Teams erscheint beim Rechtsklick auf der Titleiste gar kein Kontextmenü. Wie kann ich Teams trotzdem immer auf der aktiven Arbeitsfläche anzeigen?

Teams benutzt eigene Fensterelemente und hält sich nicht an die Konventionen des Gnome-Desktops, den Ubuntu nutzt. Es gibt aber einen Trick, um das Kontextmenü für ein beliebiges Fenster aufzurufen. Halten Sie die Super-Taste (Windows-Taste) gedrückt und klicken Sie dann an einer beliebigen Stelle im Fenster mit der rechten Maustaste. Daraufhin öff-

net sich das Kontextmenü, in dem Sie die Sichtbarkeit über alle Arbeitsflächen aktivieren. (ktn@ct.de)

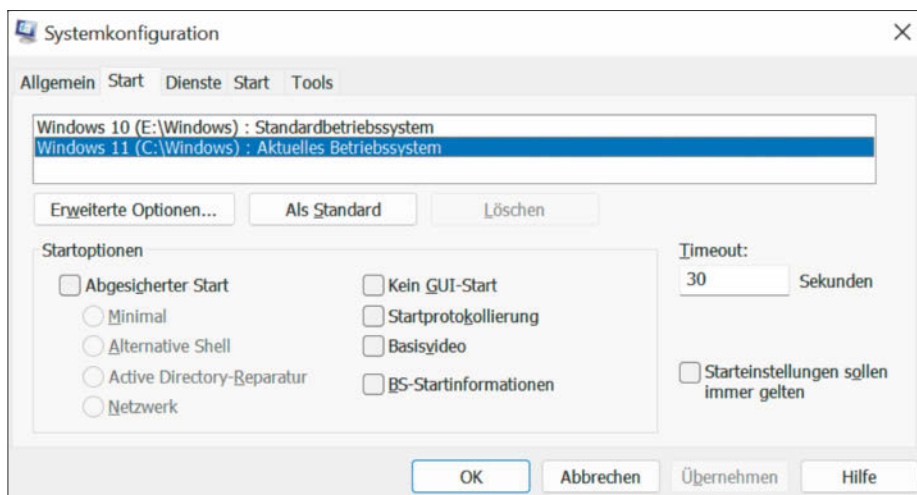
## Standardauswahl im Bootmenü

Ich habe aus historischen Gründen ein Dual-Boot-System und bei dessen Einrichtung als Standard Windows 7 eingestellt. Da ich jetzt primär Windows 10 nutze, möchte ich dieses zum neuen Standard machen, finde aber beim Booten keine Einstellungsmöglichkeit dafür.

Das funktioniert mit dem von Windows mitgelieferten Hilfsprogramm `msconfig`. Öffnen Sie per `Windows+R` den Ausführen-Dialog, geben Sie dort `msconfig` ein und bestätigen Sie mit Enter. Im nun gestarteten Tool klicken Sie auf den Reiter Start, in der Liste sollten Sie nun Windows 10 und Windows 7 sehen. Wählen Sie Windows 10 aus und definieren es über die Schaltfläche unter der Liste „Als Standard“.

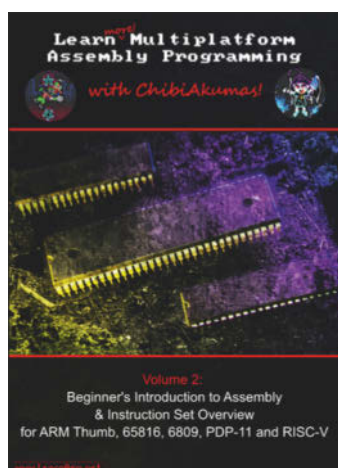
Ein Klick auf „Übernehmen“ verhilft Ihnen zu einem standardmäßig startenden Windows 10. Unter „Timeout“ können Sie außerdem die Anzeigedauer des Auswahlmenüs zwischen 3 und 999 Sekunden anpassen. Andere Werte lassen sich in einer mit Admin-Rechten laufenden Eingabeaufforderung mit `bcdedit / timeout x` eingeben, wobei x die Zeit in Sekunden angibt.

Das Ganze funktioniert auch mit anderen Kombinationen moderner(er) Windows-Versionen, etwa 10 und 11. (csp@ct.de)



**Mit einem Klick auf „Als Standard“ lässt sich in msconfig unter vielen Windows-Versionen das Standard-OS beim Booten auswählen.**





Keith „Akuyou“

## Learn (more!) Multiplatform Assembly Programming with ChibiAkumas

Volume 2

Eigenverlag, o.O. 2022  
ISBN 979-8-4283-1430-4  
299 Seiten, 18,95 €  
(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 9,99 €)

## Assembler auf Alt-CPU's

**Retro-Programmierung ist ein schönes Hobby, dem immer mehr Menschen nachgehen. Infolgedessen erscheinen noch immer neue Spiele und Demos für vermeintlich obsoletere Plattformen. Dazu gehören alte Commodore-Computer und betagte Nintendo-Konsolen aus der 8- und 16-Bit-Ära.**

Keith „Akuyou“ hat Spiele für viele unterschiedliche Systeme geschrieben und bereits 2020/21 ein Buch über die hardwarenahe Programmierung betagter CPUs wie Z80, 6502, 68000 und 8086 veröffentlicht. Im vorliegenden zweiten Band behandelt er nun weitere Klassiker wie den 65816 (eine 16-Bit-Version des 6502), den 6809 und die PDP-11. Er geht darüber hinaus auf den weit verbreiteten ARM-Thumb-Dialekt und die RISC-V-Architektur ein.

In der Einführung erklärt der Autor zunächst die grundlegende Funktionsweise einer CPU (dieser Abschnitt entspricht exakt der Einführung des ersten Bands). So beschreibt er Unterschiede bezüglich der Größe und Anzahl von Registern und geht auf typische Grafik-, I/O- und Audio-Fähigkeiten von Heimcomputer-CPU's aus den Siebziger- und Achtzigerjahren ein.

Für jede vorgestellte CPU bietet er anschließend eine vollständige Referenz der Instruktionen und Adressierungsmodi. Außerdem präsentiert er jeweils drei Beispielprogramme und erläutert detailliert die Besonderheiten des Prozessors. Das erste Programm gibt einen Text mit einem selbstdefinierten Zeichensatz aus. Das zweite zeigt ein Sprite beziehungsweise eine Bitmap an und das dritte erlaubt, ein Grafikobjekt mithilfe eines Joysticks zu bewegen – zusammen exakt das, was Retro-Programmierer brauchen, um einen Einstieg in eine „neue“ Plattform zu finden.

Als Zielplattformen dienen im Buch unter anderem der Gameboy Advance (ARM7), das Super Nintendo Entertainment System (SNES, 65816) und der Dragon 32 beziehungsweise Tandy CoCo (6809). Sie alle werden mit modernen Werkzeugen programmiert und auf dem PC emuliert. Man braucht also nicht zwingend die Originalhardware.

Das Buch ist in sehr einfachem Englisch geschrieben und eignet sich am besten für Menschen, die schon auf irgendeinem Home-Computer mit Assembler programmiert haben. Zusätzliche Informationen und noch so manches mehr gibt es auf der Webseite [learnasm.net](http://learnasm.net). (Maik Schmidt/mon@ct.de)

## Recht in der Gesundheits-IT

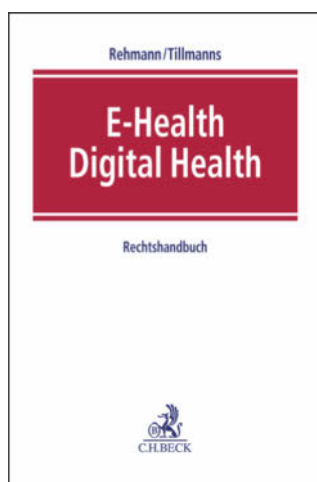
**Bei digitalen Diensten im Gesundheitswesen müssen Juristen, Anbieter, medizinische Fachkräfte und Nutzer eine Vielzahl rechtlicher Aspekte im Blick haben. Dabei hilft dieser Band, der einen gut strukturierten Überblick zum Einlesen und Nachschlagen liefert.**

Die Digitalisierung des Gesundheitswesens hat zuletzt einen Schub erfahren, wie Videosprechstunden oder auch die Corona-Warn-App zeigen. Parallel hat die abgelöste CDU/SPD-Regierung zahlreiche neue Rechtsrahmen geschaffen – wie beispielsweise für digitale Gesundheitsanwendungen (DiGA), die elektronische Patientenakte oder das E-Rezept. Diese juristisch vielfältige und komplexe Materie haben die Rechtsanwälte Wolfgang Rehmann und Christian Tillmanns gemeinsam mit 15 weiteren Experten im vorliegenden Band systematisch geordnet und aufbereitet.

Das Autorenkollektiv präsentiert den umfangreichen Stoff sinnvoll gegliedert: Nach einer Einführung folgt auf 130 Seiten ein kompakter Überblick über die für E-Health und Digital Health relevanten Gesetze und Verordnungen. Neben den bereits genannten Feldern Medizinprodukte- und Datenschutzrecht sind dies das ärztliche Berufsrecht, das Erstattungsrecht in der gesetzlichen Krankenversicherung sowie das Heilmittelwerberecht – sie alle erläutern die Autoren jeweils auch an Praxisbeispielen.

Im dritten, gut 300 Seiten starken Teil des Buches nehmen die Autoren zehn einzelne „Anwendungsformen“ unter die Lupe. Darunter befinden sich etwa Telemedizin, Apps und DiGAs oder die elektronische Patientenakte. So kann sich der Leser schnell informieren, welche Vorschriften aus welchen Gesetzen beispielsweise für die verschiedenen Spielarten der Telemedizin gelten – schließlich gibt es nicht nur die Videosprechstunde für Patienten, sondern zum Beispiel auch Videobesprechungen zwischen Ärzten. Nach einer historisch-politischen Einordnung folgen ausgewählte Aspekte wie die Regeln für Werbung oder für die Abrechnung durch Ärzte, Apotheker und andere Leistungserbringer, aber auch, inwiefern welche Akteure bei Verstößen haften.

Der Band verschafft Juristen, Akteuren im Gesundheitswesen und auch Patienten einen hervorragenden und fundierten Überblick über die aktuelle Rechtssituation in der Gesundheits-IT. Trotz des hohen Preises ist er als kompetentes und – Grundwissen vorausgesetzt – auch für Laien verständliches Nachschlagewerk sehr zu empfehlen. (mon@ct.de)

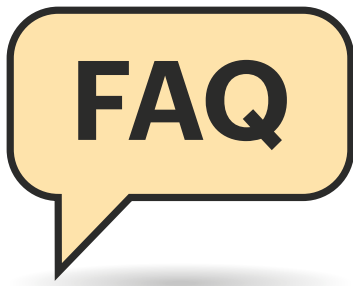


Wolfgang A. Rehmann,  
Christian Tillmanns (Hg.)

### E-Health / Digital Health

Rechtshandbuch

Verlag C.H. Beck, München 2022  
ISBN 978-3-4067-6208-6  
481 Seiten, 159 €



# Videoschnitt mit Kdenlive

**Einige Kniffe erleichtern den Videoschnitt mit dem Open-Source-Programm Kdenlive, sparen Zeit und sorgen für schönere Ergebnisse.**

Von Liane M. Dubowy

## Videoschnitt auf älterer Hardware

**?** Ich muss gelegentlich auf einem etwas in die Jahre gekommenen Notebook Videos schneiden. Kdenlive fühlt sich da ziemlich ruckelig an. Haben Sie Tipps, um die Oberfläche zu beschleunigen?

**!** Damit Sie Kdenlive beim Schneiden flüssig bedienen können, aktivieren Sie in den Projekteinstellungen die Option „Proxy Clips“. Kdenlive nutzt dann beim Videoschnitt nicht die hochaufgelösten Originalvideos, sondern heruntergerechnete Clips mit geringerer Qualität. Der Projektmonitor zeigt diese dann in der Vorschau mitunter unscharf und verpixelt, beim abschließenden Rendern kommen jedoch die hochaufgelösten Originale zum Einsatz.

Besteht das Videomaterial aus hochaufgelösten 4K-Videos, sollten Sie Proxy-Clips auch auf flotteren Rechnern aktivieren. Dann kommt Kdenlive beim Rendern der Vorschau mit Effekten und Übergängen deutlich weniger ins Schwitzen. Ab wann das Programm Proxy-Clips verwendet, legen Sie in den Kdenlive-Einstellungen unter „Proxy-Clips“ oder in den Projekteinstellungen des Videos fest. Soll das Programm nur bei 4K-Clips mit einem schlankeren Stellvertreter arbeiten, schalten Sie die Option „Proxy-Clips aktivieren“ ein und beschränken sie dann mit einem Wert von beispielsweise 2000 Pixeln bei der Option „Erstellen für Videos größer als“.

Weitere Rechenleistung können Sie einsparen, indem Sie die Auflösung der Vorschau etwa auf „720p“ reduzieren. Da der Projektmonitor ohnehin nur einen kleinen Teil des Bildschirms einnimmt, profitieren Sie nicht von einer höheren

Auflösung – außer Sie benutzen einen Monitor mit riesiger Auflösung.

## Ruckelige Übergänge vorab rendern

**?** Kommen ein paar Effekte und Übergänge zusammen, ruckelt das Abspielen der Timeline auch auf einem recht flotten Computer manchmal so sehr, dass sich der Übergang nicht beurteilen lässt.

**!** Um den kritischen Bereich flüssig abzuspielen, sollten Sie ihn vorab rendern. Legen Sie dazu in der Timeline eine Zeitleistenvorschau (Preview Zone) an. Den Bereich definieren Sie zunächst mit den Tasten I (in) und O (out). Anschließend fügen Sie über den Menüpunkt „Zeitleiste/Zeitleistenvorschau/Add Preview Zone“ den Abschnitt als Zone hinzu. Mit Umschalt+Enter startet das Rendern der Vorschau, alternativ finden Sie den Befehl im Menü. Ist die rote Linie über der Timeline komplett grün, können Sie den Bereich flüssig abspielen.

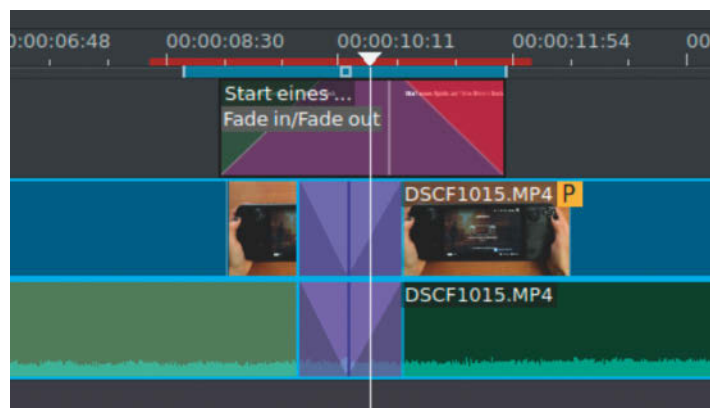
**Für eine ruckelfreie Vorschau sollten Sie Bereiche mit vielen Effekten vorab rendern. Die rote Linie oberhalb der Timeline wird dann grün. Ein P an einem Clip verrät, dass Kdenlive einen Proxy-Clip nutzt.**

## Effekt-Kombinationen mehrfach verwenden

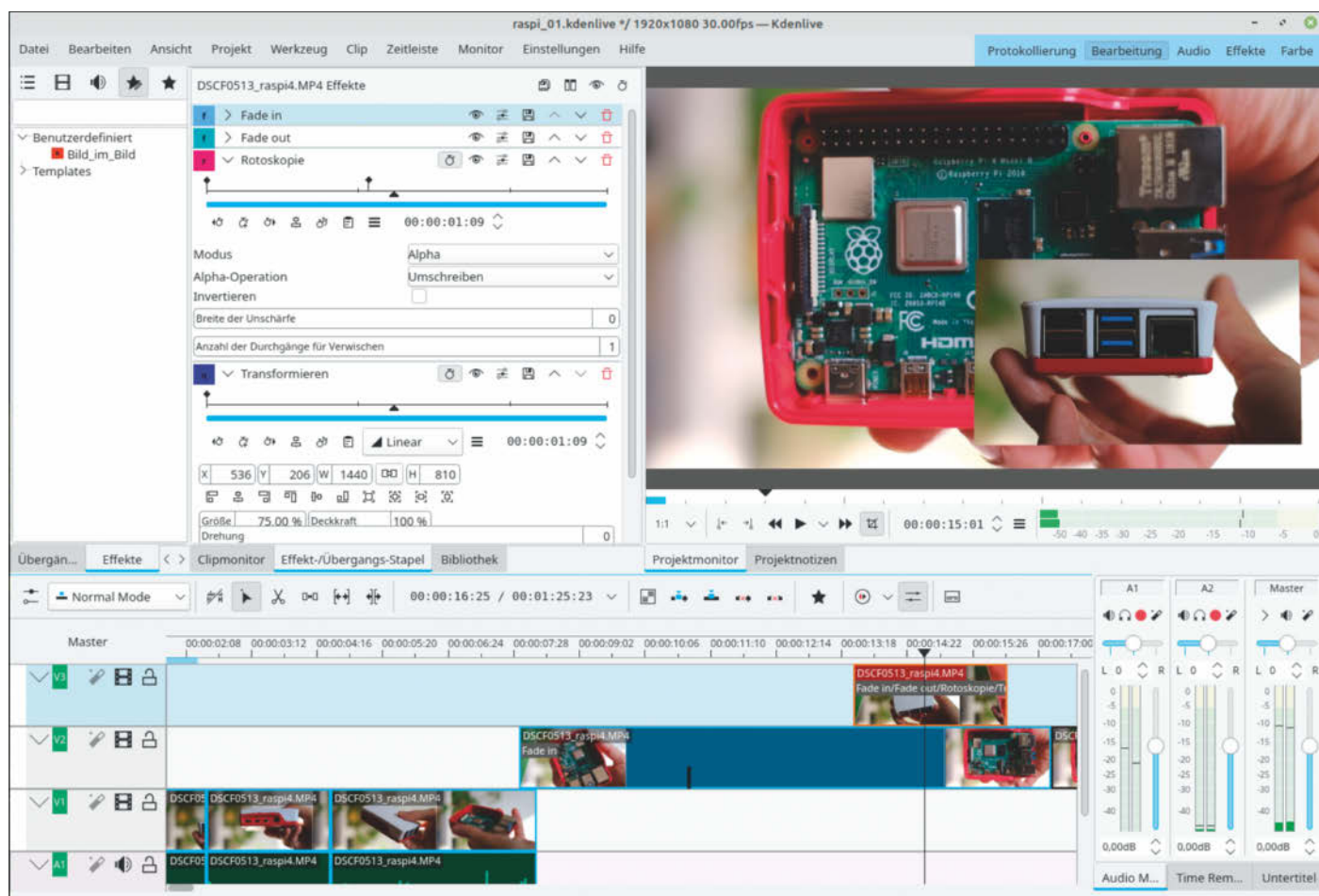
**?** Ich möchte Effekte, die ich auf einen Clip in der Timeline angewendet habe, schnell auf andere Clips übertragen. Dabei will ich nicht alle Einstellungen erneut zusammensuchen. Welche Möglichkeiten gibt es?

**!** Einen einmal zusammengestellten Effektstapel können Sie mehrfach nutzen. Per Rechtsklick auf den Clip mit den Effekten und „Kopieren“ übernehmen Sie den Effektstapel. Anschließend überträgt ein Rechtsklick auf den Ziel-Clip und „Effekte einfügen“ alle Effekte auf den zweiten Clip.

Brauchen Sie die für einen Clip kombinierten Effekte häufiger, können Sie den Effektstapel mit einem Klick auf das Speichern-Symbol über dem Reiter unter einer eigenen Bezeichnung speichern. Sie finden ihn dann im Effekt-Reiter unter „Benutzerdefiniert“. Von hier ziehen Sie den ganzen Stapel einfach auf einen Clip und passen die Einstellungen dann bei Bedarf weiter an.







Einmal konfigurieren, später wiederverwenden: Kdenlive kann die in einem Clip versammelten Effekte speichern. Per Drag & Drop ziehen Sie den Effektstapel dann künftig auf einen Clip und passen anschließend die Einstellungen an.

## Effekt auf eine komplette Spur anwenden

? Das Video ist bereits fertig geschnitten, jetzt soll aber eine Spur komplett etwas lauter sein. Kann man den Effekt „Lautstärke“ auch auf eine ganze Audiospur anwenden, nicht nur auf einen einzelnen Clip?

! Um einen Effekt auf alle Clips einer Spur anzuwenden, ziehen Sie diesen nicht wie gewohnt aus der Effektübersicht auf den gewünschten Clip, sondern auf den Beginn einer Spur. Das funktioniert mit Videoeffekten, Farbkorrekturen und auch Audioeffekten.

Effekte wie „Normalisieren“ oder „Lautstärke“ ziehen Sie in diesem Fall auf den Kopf einer Tonspur, also beispielsweise auf die erste Tonspur A1. Um den Effektstapel zu bearbeiten oder den Effekt zu konfigurieren, klicken Sie auf das Symbol direkt neben der Bezeichnung „A1“. Das öffnet den Effektstapel oberhalb der

Timeline. Über dem Effektstapel steht dann „Track A1 Effects“.

## Clip per Tastendruck verschieben

? Für einen perfekten Übergang möchte ich manche Clips präzise um einzelne Frames verschieben. Mit der Maus ist das selbst bei größter Zoom-Stufe schwierig. Gibt es dafür vielleicht eine Tastenkombination?

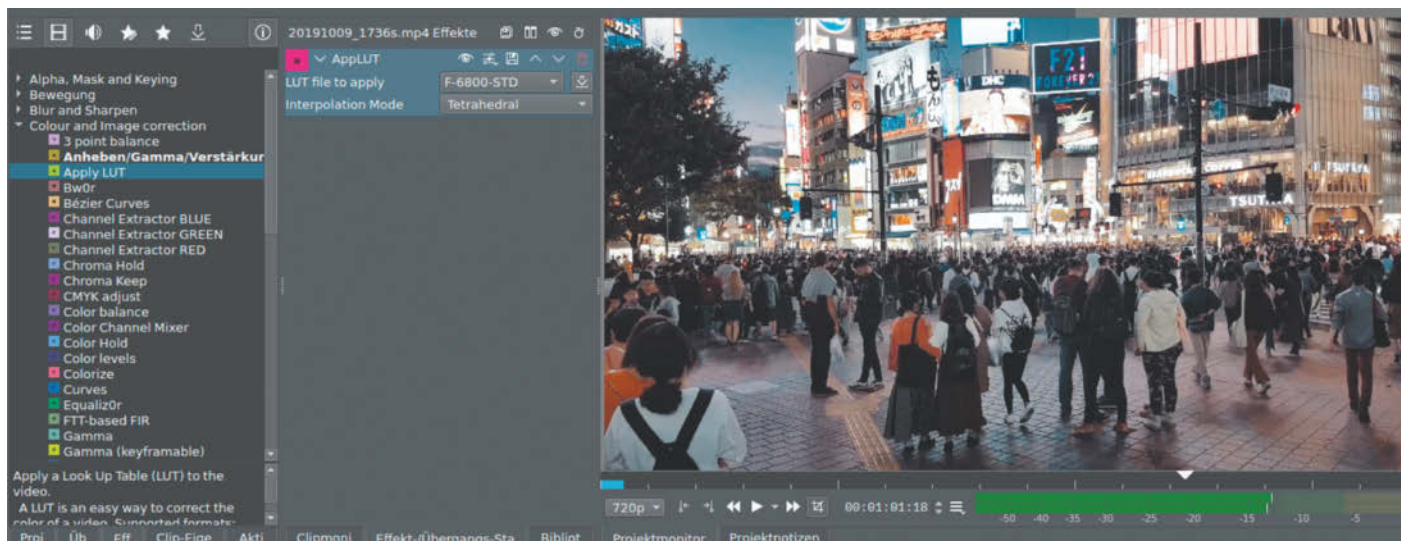
! Die gibt es. Klicken Sie den zu verschiebenden Clip zunächst mit der Maus an, um ihn zu markieren. Drücken Sie dann die Tastenkombination Umschalt+G, was Kdenlive mit einer dicken gelben Markierung um den Clip quittiert. Jetzt können Sie diesen mit den Pfeiltasten nach rechts oder links verschieben – Frame für Frame. Drücken Sie erneut Umschalt+G, um den Modus zu beenden, oder klicken Sie einfach an eine andere Stelle im Programmfenster.

## Freeze Frame: Bild aus einem Video extrahieren

? In einem Videotutorial möchte ich eine Szene verlängern, um das Gezeigte in Ruhe erklären zu können. Wie kann ich das letzte Bild eines Clips etwas länger anzeigen?

! Navigieren Sie mit den Pfeiltasten zu exakt dem Frame des Videoclips, der stehenbleiben soll. Das funktioniert im Clipmonitor links ebenso wie im Projektmonitor rechts. Per Rechtsklick auf die jeweilige Vorschau und „Bild zu Projekt extrahieren“ legen Sie das Bild sowohl auf der Festplatte als auch automatisch im Projekthinhalt ab.

Per Drag & Drop schieben Sie das Bild ans Ende des betreffenden Clips in der Timeline. Den Bild-Clip können Sie anschließend mit der Maus auf die passende Länge ziehen oder im Kontextmenü über „Länge anpassen“ die gewünschte Dauer eingeben.



Mithilfe einer LUT-Datei erhält das Video schnell eine ansehnliche Farbkorrektur. In Kdenlive muss dazu der Effekt „Apply LUT“ eingefügt werden.

## Nur Audio oder Video einfügen

**?** Ich verwende regelmäßig nur das Bild meiner Videoclips, die Tonspur muss ich nach dem Einfügen in die Timeline dann immer umständlich löschen, indem ich zunächst die Gruppierung mit der Videospur auflöse und dann den Audioclip entferne. Geht das nicht einfacher?

**!** Um nicht beide Spuren in die Timeline einzufügen, sondern nur wahlweise Video oder Audio, fahren Sie mit dem Mauszeiger über den Clipmonitor. Ist der Mauszeiger am unteren Bildrand, blendet Kdenlive die Tonspur ein. Außerdem erscheinen links im Bild je ein Symbol für Video und Audio. Wenn Sie das kleine Lautsprecher-Icon mit gedrückt gehaltener Maustaste auf die Timeline ziehen, kommt nur die Tonspur mit. Mit dem Video-Icon wiederum bekommen Sie ausschließlich den Videoteil des Clips zu fassen.

Stimmung schaffen. Kdenlive hält dafür die Effekte in der Rubrik „Colour and Image correction“ bereit. Je nachdem, was Sie anpassen wollen, ziehen Sie den Effekt auf den Clip und konfigurieren ihn. Damit ein bestimmtes, vorher anvisiertes Ergebnis zu erzielen, erfordert allerdings viel Übung.

Schneller geht es mit einer sogenannten Lookup Table (LUT). Solche Umsetzungstabellen enthalten eine vorkonfigurierte Farbkorrektur, die Sie ohne weitere Anpassungen auf Ihr Video anwenden können. Im Internet stehen zahlreiche LUTs kostenlos zum Download bereit, zum Beispiel auf [freshluts.com](http://freshluts.com) (Registrierung erforderlich).

Um eine LUT-Datei anzuwenden, öffnen Sie den Reiter „Effekte“ neben dem Projekthalt. Alternativ wechseln Sie oben rechts zum Programm-Layout „Farbe“ und öffnen den Reiter „Effekt“. Mit dem zweiten Icon von links über dem Reiter blenden Sie sämtliche Effekte ein. Ziehen Sie dann

aus der Rubrik „Color and Image Correction“ den Effekt „Apply LUT“ auf Ihren Videoclip.

Standardmäßig bringt Kdenlive nur vier LUT-Dateien mit, sie legen einen Blau-, Grün-, Rot- oder Orange-Filter übers Videobild. Im Effektstapel wählen Sie den gewünschten aus der Auswahlliste aus, die Vorschau zeigt die Wirkung sofort. Mit der Auswahl „Custom...“ laden Sie eine eigene LUT-Datei. Anschließend listet Kdenlive alle in diesem Ordner vorhandenen LUT-Dateien in der Auswahlliste auf. Über das Download-Symbol neben der Liste können Sie LUT-Dateien aus der Community herunterladen. Zumindest theoretisch, denn bei Redaktionsschluss war dort nur eine einzige verfügbar.

Kdenlive unterstützt die LUT-Formate .cube, .3dl, .dat und .m3d, die ebenfalls für Linux verfügbare Videoschnittsoftware Lightworks mit der Dateierweiterung „.look“ jedoch nicht. (lmd@ct.de)

## Schnelle Farbkorrektur

**?** Je nach Lichtsituation sieht mein Video etwas fade aus. Mit Farbkorrektur erhoffe ich mir einen spannenderen Look und kräftigere Farben. Wie komme ich dabei möglichst schnell ans Ziel?

**!** Wie bei der Fotobearbeitung kann Farbkorrektur ein Video deutlich verbessern oder eine ganz spezielle Optik und

**Unauffällig, aber praktisch: Mit den blauen Icons ziehen Sie bei Bedarf nur das Video ohne Ton oder nur die Tonspur in die Timeline.**





**JETZT  
KOSTENLOS  
TESTEN**

# DIE NEUE LERNPLATTFORM FÜR IT-PROFESSIONALS

Wir machen IT-Weiterbildung digital



## **IT-Kurse aus der Praxis**

Lerne in Online-Kursen und -Trainings, wie Techniken funktionieren und wie du Aufgaben löst.



## **Triff erfahrene IT-Experten**

Profitiere von der Erfahrung unserer IT-Experten und hole dir hilfreiches Praxiswissen aus erster Hand.



## **Lerne, wie es für dich passt**

Nutze das Kursangebot überall und auf jedem Gerät und lerne immer dann, wenn du es brauchst.



## **Übungen zum Ausprobieren**

Probiere das gelernte Wissen selbst aus – mit Beispielaufgaben, Coding-Segmenten und Praxisübungen.



## **Überprüfe dein neues Wissen**

Teste das Gelernte mit interaktiven Quizzes und löse die Programmieraufgaben deiner Trainer spielerisch.



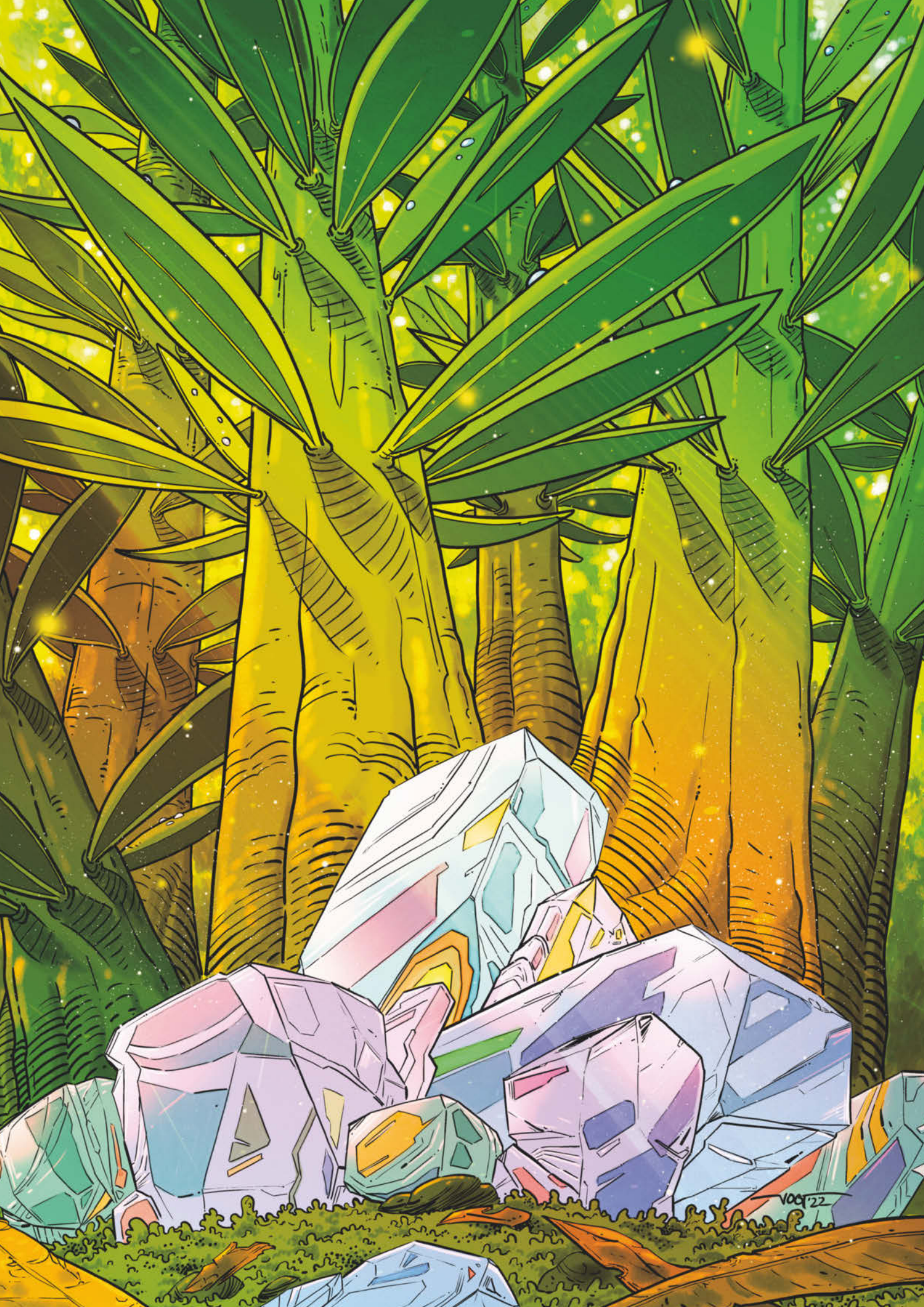
## **Individuelle Lernumgebung**

Lerne in deinem eigenen Tempo, inklusive Notizen, Transkript und Fragen-Modul.

Hier geht's zu deiner Weiterbildung: **heise-academy.de**







VOOY'22



# TOD IM INFINITE FOREST

VON MICHAEL RAPP

**H**aben wir erwartet, dass wir alle nach dem Ende des Kapitalismus zu Shakespeares und van Goghs mutieren oder unser Leben den Wissenschaften widmen? Nein, dachte die Sonderermittlerin für irrationale Fälle Yolo Tilt, während sie den seltsamen Tatort betrachtete: Für die grundversorgten Massen gibt es kein Geigenspiel, kein Improtheater und keinen Barbershop-Gesang. Adrenalin ist die Droge der Zeit und erweiterte Realität lässt es in Strömen fließen.

Der ehemalige Profigamer Sonic Neuwerk und der Forstbeamte Hunter Schütz, beide bekleidet mit Jagdhosen, Lodenjacken und Hüten, lagen tot in der unwirklich scheinenden, fast leeren Lagerhalle vor einem großen Beet mit Moospflanzen. Getötet durch Hirninfarkte, ausgelöst durch ihre eigenen manipulierten Hirn-Computer-Schnittstellen. Offenbar waren beide Opfer irgendeines maximal immersiven Spiels geworden, das jede Schranke zwischen Virtualität und Realität überwand, bis hin zum finalen Tod. Aber welches Spiel konnte das angeordnet haben? Welche Software hatte den tödlichen Code gesendet? Und wieso?

Die Kriminaltechnik hatte vor Ort nichts gefunden, was nach einem Spiel aussah – und die beiden Männer hatten keine Verbindung zu Servern außerhalb der Halle genutzt. Ihr Datenfunk war nur im Nahbereich aktiv gewesen und in ihren Implantaten gab es keine weiteren Spuren, ebenso wenig in den übrigen Komponenten ihrer persönlichen Netzwerke, der intelligenten Kleidung, ihren Coms und Game-Items. Alles war nach ihrem Tod sorgfältig und vermutlich automatisch gelöscht worden – aber wie war das möglich?

Yolo Tilt war keine Freundin der allgegenwärtigen Spiele. Sie spielte nur, wenn es sich nicht vermeiden ließ, bei sozialen Anlässen, Hochzeiten und Trauerfällen. Selbst erweiterte Realität nutzte sie nur, weil man ohne die Epiphany-Augenimplantate heutzutage nicht mal mehr eine Straße überqueren konnte, ohne in Schwierigkeiten zu geraten. Auch wenn es ihren Ermittlerstolz kränkte, rief sie daher einen Ex-Freund aus ihrer polyamoren Phase zu Hilfe, einen gestandenen Ligaspieler, den „Siege of the Overlords“-Paladin Rush Paukin.

Sie trafen sich an der Wohnung von Sonic Neuwerk in Neukölln. Yolo öffnete die Tür. Die Räume boten den nackten Epiphany kaum mehr als graue Leere, doch die erweiterte Realität ergänzte an den Wänden Standbilder, Videos,

**Die Welt ist keine Bühne, sie ist ein Spielfeld. Maschinen machen die Arbeit, der Mensch spielt. Die freie Zeit, die er gewinnt, widmet er gefährlichen Erlebnissen in digital erweiterten Realitäten. Wenn die aus dem Ruder laufen, sind immer noch Ermittler mit kühlem Kopf gefragt, die herausbekommen müssen, was passiert ist.**

Memes und Trophäen: Drachen, Lindwürmer, Donnerechsen, Greife, Mantikore – Abbilder besiegtter Feinde.

„Es sind alles Gegner höchster Schwierigkeitsstufe“, erklärte Rush auf Yolos Frage nach der Bedeutung der Sammlung. „Um sie zu schlagen, braucht man eine herausragende Kondition, selbst mit einem genetisch designten Körper – dazu jahrelanges Training und eine verlässliche Party, eine Gruppe Spieler, die wie eine Person agiert.“ Er deutete auf einen besonders imposanten Drachenkopf. „Dieser

Sonnendrache wurde mit einer Party aus nur fünf Jägern erlegt, das ist höchstes Liganiveau. Noobs spielen gegen so einen Gegner mit nicht weniger als hundert Playern und verlieren trotzdem, weil sie einander ständig behindern.“ Er blickte sich mit Hochachtung um, deutet auf die Pokale und Statuetten auf dem Regal, das in der nicht-erweiterten Welt nur ein paar Reinigungsmittel und Bohnendosen enthielt. „Fällt dir etwas auf?“

Yolo betrachtete die Preise. „Alles Kampfspiele ...“

„Jagdspiele“, korrigiert Rush sie. „Drachenjagd, Schatzenhatz, Midnight Savannah ... Bei all diesen Spielen geht es um die Jagd auf Monster. *Gamemaster*, zeig uns seine Accounts und Profile“, wies er das Wohnungssystem an.

Yolo sah die Listen vor sich aufleuchten.

**ALLES WAR NACH IHREM TOD  
SORGFÄLTIG UND VERMUTLICH  
AUTOMATISCH GELÖSCHT WORDEN.**

„Sieh an, das ist unerwartet“, meinte Rush. „Er war in einem ‚Conquest Gamma‘-Clan. Das ist ein klassischer Team-Shooter. Erst vor drei Jahren wechselte er zur Drachenjagd. Und seit dem Ende seiner Profikarriere verschrieb er sich ganz den Jagdspielen. Offliga und sogar teilweise richtig spartiges Zeug, nichts, womit sich ein müder Coin verdienen ließe. Aber offenbar hatte er seine Bestimmung gefunden.“

„Und einen ebenso begeisterten Mitstreiter“, sagte die Sonderermittlerin, als sie die überraschend kurze Liste von Neuwerks Freunden durchging. „Die beiden hingen seit

Monaten zusammen wie Pech und Schwefel. Hunter Schütz – bei dem sollten wir uns genauer umsehen.“

Mit einer SpeedTube-Kapsel fuhren sie aus Berlin zu Schütz' Wohnort in Brandenburg. Von der Endstation führte ihr Weg sie noch sechs Kilometer durch Felder und ein kleines Waldstück. Rush ließ die genetisch aufgewerteten Beine fliegen und raste in einem Tempo über die Wege, dass Yolo kaum mithalten konnte.

„Das kommt davon, Naturkind“, stichelte er gegen Yolos genetische Ausstattung. Naturkinder nannte man die konventionell gezeugten Nachkommen, im Unterschied zu Klonen und zu Designkindern wie Rush.

„Meine Eltern waren Volldesign“, widersprach Yolo etwas beleidigt und versuchte weniger zu schnaufen.

„Mag sein, aber ein Glücksspiel bleibt auch dann ein Glücksspiel, wenn einige Karten gezinkt sind.“ Rush lachte über ihren sauren Gesichtsausdruck, als sein Armband blinkte.

„Ha, Glück muss der Mensch haben! Wir sind in einer Eventzone gelandet!“

„Nein, bitte ...!“ , konnte Yolo noch rufen, als er das Ereignis auch schon startete und eine bunte Dämonenbrut um sie herum spawnte. Die Ermittlerin rannte so schnell sie konnte weg, verfolgt von den kreischenden Finsterlingen und deren zwanzig Meter hohem Boss, Rush rannte lachend vorneweg. Als Yolo geschnappt wurde, leistete sie keinen Widerstand, sondern ließ die Schläge der Dämonen, die sie durch die AR-Schicht ihrer Kleidung trafen, über sich ergehen. Den letzten sich auflösenden Finsterling stieß sie von sich, erhob sich stöhnend in eine sitzende Position und blickte zu dem sich auflösenden Monsterknäuel, unter dem endlich auch Rush zum Vorschein kam. Schnaufend und schwitzend lag er auf dem Weg. „Ah, erinnert dich das nicht auch an unsere Italienreise?“

Leider tat es das. „Mach das verdammt noch mal nie wieder! Ich spiele nicht, das weißt du.“

**„HA, GLÜCK MUSS DER MENSCH HABEN!  
WIR SIND IN EINER EVENTZONE  
GELANDET!“**

„Ja, ja ... Der Level des Overlords war ohnehin viel zu hoch.“ Rush richtete sich stöhnend auf. „Schade.“

Schon etwas müde und schmutzig kamen sie beim alten Jagdhaus von Hunter Schütz an. Im Garten empfingen sie zwei Bronzeskulpturen: ein Hirsch und ein Mann, den ihre Epiphanys als den heiligen Hubertus identifizierten. Der Jarlberg-Housekeeper öffnete und ließ sich Yolos Ausweis zeigen. Die sechzehnjährige Diana Schütz lag weinend auf dem Sofa, das lange dunkelblonde Haar hing ihr im bleichen Gesicht. Yolo erklärte ihr, wer sie waren und dass sie sich umsehen mussten, aber die junge Frau reagierte nicht und starrte nur vor sich hin.

„Ich zeige Ihnen alles“, erklärte stattdessen der robotische Housekeeper. Das historische Gebäude erinnerte Yolo an ein Museum. Im Wohnbereich gab es nichts, was an moderne

Technik erinnerte. An den Wänden hingen Ölgemälde. Die Wohnküche war rustikal, der gemauerte Ofen breit und hoch, wohl um Wild darin zuzubereiten – heute, nach dem Ende der Nutztierhaltung und der Jagd besaß so etwas keinen praktischen Wert mehr. Ein Bernhardiner lag auf dem Flur und kaute auf einem Kunstknochen aus dem Lebensmitteldrucker herum. Echte Hirschgeweihe hingen an den Wänden des Arbeitszimmers, Zehnender, dazu ein Wildschweinkopf. Auf einem Podest trug ein ausgestopfter Fuchs ein Huhn im Maul.

„Mittelalter“, seufzte Rush gelangweilt. Yolo prüfte die Registrierungsplakette am Sockel des Fuchses. Das Stück war legal, hergestellt 1953 und registriert 2041.

„Alles in der Sammlung des Masters ist legal“, erklärte der Housekeeper. „Er schätzte diese speziellen Antiquitäten. Devotionalien der archaischen Praxis, der seine Tochter ihren Namen verdankt.“

„Ich sehe hier keinerlei Gaming-Equipment.“ Yolo prüfte das lokale Netzwerk und bekam Rückmeldungen von kaum zwei Dutzend Geräten.

„Es sieht zwar nicht so aus, aber er spielte häufig“, sagte der Housekeeper. „Manchmal war er deshalb nächtelang unterwegs.“

„Was hat er gespielt?“, wollte Yolo wissen.

„Er und Herr Neuwerk jagten ziemlich schreckliche Monster.“ Die Missbilligung war der Maschine deutlich anzuhören. Offenbar hatte nicht Hunter Schütz ihre Persönlichkeit gestaltet, sondern seine Frau oder die Tochter.

Yolo wunderte sich. „Welches Spiel?“

„Es nennt sich Infinite Forest, aber mehr weiß ich nicht darüber. Der Master wusste, wie seine Frau Peach und Diana über solche Themen denken, und sprach in ihrer Gesellschaft nicht oft davon, um Streit zu vermeiden.“

Rush prüfte es mit den Epiphanys. „Ein Spiel dieses Namens gibt es bei keinem der großen Provider ... auch auf der Agora ist es kein Thema. Und zumindest dort müsste es jemand kennen.“

„Ich kann Ihnen ihre Ausrüstung zeigen.“ Der Keeper ging durch den Flur in das gemauerte Treppenhaus.

„Was spielen Frau Schütz und die Tochter, wenn man fragen darf?“, interessierte sich Yolo, während sie über die Treppe nach unten stiegen.

„Die Mistress führt einen Dance Contest Club, und Diana nimmt neben ihrem Studium der Robotik an Street-Run-Wettkämpfen in der Bundesliga teil ...“

„Parkour?“ Der Paladin nickte beeindruckt. „Um da mitzuhalten, muss man Katzengene haben.“

Durch einen kurzen Gang gelangten sie in einen Gewölbekeller. Items hingen an Gestellen neben Gaming-Anzügen in verschiedenen Größen. Von zwei mobilen Wänden blickten ihnen AR-Darstellungen stahliger Monsterköpfe entgegen. Die Sonderermittlerin konnte sich nicht erinnern, so ein Design schon einmal gesehen zu haben.

„Das war ihr Jagdzimmer mit all ihrer Ausrüstung und den Trophäen“, sagte der Keeper.

„Kennst du einen von denen?“, fragte Yolo den Paladin mit Blick auf die Köpfe.

Rush stand ratlos vor den Trophäen augenloser Monster mit schrecklichen Mandibeln und Stacheln in allen Formen und Größen. Darunter hingen vertrocknete Zweige, handtellergröße Brüche von Eichen – und diese waren echt. Yolo



fasste einen an. „Jagdliche Brüche, Zeichen des Erfolgs und eine Ehrbezeugung für das Wild.“ Davon hatte sie bisher nur gehört. „Sie schüttelte den Kopf. „Sieht heftig aus, ungewöhnlich.“

Rush stimmte ihr zu: „Ich war mir der Jägertracht wegen sicher, die beiden seien Puristen, aber diese Biester sehen nach Massaker im Weltraum aus. Seltsam ist auch, dass es kein Spiel mit dem Namen ‚Infinite Forest‘ im Haussystem oder bei den Accounts gibt. Was ist mit ihren mobilen Netzwerken ...?“

„Alles gelöscht, wie gesagt. Bemerkenswert waren nur die Implantatschnittstellen, die mit illegalen Codesätzen aufgerüstet waren und das Unglück so wohl erst möglich gemacht haben.“ Yolo hatte die Trophäen mit ihren Epiphany gescannt und durch die Behördendatenbank mit Spielinhalten laufen lassen. „Kein einziger Treffer ... Was ist das nur für ein Spiel? Haben sie es vielleicht selbst programmiert?“

„Unbekannt“, antwortete der Keeper.

## „WAS IST DAS NUR FÜR EIN SPIEL? HABEN SIE DAS VIELLEICHT SELBST PROGRAMMIERT?“

Sie durchsuchten den Raum. Yolo nahm sich die Gaming-Anzüge vor: Nichts Außergewöhnliches und wohl schon eine Weile nicht mehr in Gebrauch. In einer Box entdeckte sie steril verpackte Epiphany und neue Schnittstellen – besonders leistungsstarke Steckimplantate, die eigentlich nicht für den Gaming-Bereich entwickelt worden waren. Ligaspieler durften auf jeden Fall nur zugelassene Implantate benutzen, selbst die meisten Amateure spielten mit Standardausrüstung.

Rush rief Yolo zu sich an das Item-Regal. „Schau dir das an! Das sind alles Modelle aus dem 3D-Drucker. Sie enthalten weder Augmented-Reality-Markierungen noch irgendwelche Effekte.“

„Also nur Deko ohne Wert?“ Yolo Tilt blickte über das, was aussah wie Harpunengewehre, Schutzpanzer, Vollhelme und Roboterteile.

„Modelle, keine Deko“, widersprach der Paladin. „Möglicherweise Prototypen. Und zwar nicht maßstabsgerecht, soweit man es den Markierungen entnehmen kann. Da sind auch Angaben über den Drucker, die Zulassungsnummer ...“ Er betrachtete etwas in der erweiterten Realität und sein Gesicht leuchtete dabei vor Vergnügen. Dann ging er am Regal entlang und entdeckte einen kleinen silbernen Würfel, den er auf seine Handfläche legte und aufmerksam betrachtete. Darauf waren seltsame Markierungen. „Ich hab’s kapiert. Du auch?“

„Was hast du da?“, wollte Yolo wissen.

„Verstehst du es nicht? Weißt du, wo der ‚Infinite Forest‘ ist?“

Yolo wollte nicht zugeben, dass sie gar nichts verstand.

„Wir müssen zurück an den Unfallort“, sagte Rush. „Beileben wir uns, bevor er versehentlich zerstört wird.“

„Und der Würfel?“

„Vertrau mir, das willst du sehen.“



## MIT Mac & i IMMER DER ZEIT VORAUS

2x Mac & i mit 35% Rabatt  
testen und Geschenk sichern!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

- Tipps & Workshops
- Hard- & Softwaretipps
- Apps und Zubehör
- inkl. Club-Mitgliedschaft

Für nur 16,80 € statt 25,80 €  
(Preis in Deutschland)

Genießen Sie mit der Mac & i Club-  
Mitgliedschaft exklusive Vorteile!



+ Geschenk nach Wahl

z. B. 10 € Amazon.de-Gutschein  
oder Apple-Watch-Ständer



Mac & i. Das Apple-Magazin von c't.

Jetzt bestellen:

[www.mac-and-i.de/miniabo](http://www.mac-and-i.de/miniabo)

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

☎ 0541 80 009 120

Sie verabschiedeten sich von Diana Schütz, die sie in ihrer Trauer wieder nicht beachtete, und rannten durch die Dämmerung zurück zur Kapselstation. Yolo war ziemlich außer Atem und schweißgebadet. In der Lagerhalle klebten noch die Markierungen der Kriminaltechnik auf dem Boden und die Klimatisierung arbeitete. Die starke Tageslichtlampe hoch unter dem Hallendach beleuchtete das Moosbeet mit gleißendem Licht. Rush ging zielstrebig zu der Stelle, wo die Leichen gelegen hatten, und betrachtete die Pflanze am Rand des kleinen Gartens, dann legte er den silbernen Würfel vorsichtig hinein und setzte sich davor.

## IN EINER BOX LAGEN BESONDERS LEISTUNGSSTARKE STECK- IMPLANTATE, DIE EIGENTLICH NICHT FÜR DEN GAMING-BEREICH ENTWICKELT WORDEN WAREN.

„Dieses Item ist alles, was man für das Spiel braucht“, erklärte er Yolo, die auf Rushs Anfrage hin zunächst zögerte, dann aber doch eine Verbindung zu ihrer Implantatschnittstelle freigab. „Infinite Forest an!“

Es fühlte sich an wie ein tiefer Fall, und als sie die Augen wieder öffnete, stand sie auf einer Metallebene, umgeben von riesigen Pflanzen. Ein zweiter Blick ließ sie plötzlich die Oberfläche des Würfels wiedererkennen, anscheinend bis ins Groteske vergrößert. Oder, dachte sie, bin ich selbst plötzlich auf Sandkorngröße geschrumpft?

Verwundert und erschrocken starrte sie auf das Harpunengewehr in ihren Händen ... ihren mechanischen Roboterhänden. Sie fasste sich ins Gesicht – und die Bewegung fühlte sich seltsam träge an, doch dann fühlte sie ein flaches Ungesicht, mund-, augen- und nasenlos. Das war ganz zweifellos nicht virtuell, sondern äußerst handfest.

„Verdammte Axt, das ist Telepräsenz!“, fluchte sie und hörte Rush lachen.

„Diana hat sie für ihren Vater gemacht.“ Rush trat vor sie, eine dünne Robotergestalt mit der Hand am Pistolengriff des Harpunengewehrs, das er locker auf seiner Schulter abgelegt hatte. „Laut ‚MyGamingLife‘-Profil promoviert sie im Fach Robotik über Mikromaschinen. Diese Körper, ebenso wie die Prototypen, die wir gesehen haben, wurden in der Universität an Spezialdruckern gefertigt. Als ich das las, war mir alles klar. Willkommen in den Jagdgründen deiner beiden Toten! Willkommen im Infinite Forest, wo das Wild alles andere als virtuell ist.“

Yolo sah sich um und erstarrte, als sie sich selbst zusammengesunken sitzen sah, hoch wie ein Berg und schnaufend wie ein Vulkanschlott – dahinter Rush als zweiten Gipfel. Der Anblick war atemberaubend.

„Es ist unglaublich!“ Rush trat an den Rand der silbernen Fläche, auf der sie standen, und berührte einen Mooszwig, der dicker war als er selbst.

„Da, ein Zeichen!“ Yolo deutete auf einen Stamm, an dem etwas rot glänzte. Es war ein Pfeil, aufgespritzt mit Farbe. Die Ermittlerin konnte den Pfad dahinter deutlich sehen, der tiefer in den Wald führte. Scharfe Klingen hatten ihn freigeschnitten. „Wohin führt er wohl?“

„Natürlich zu dem eigentlichen Unglücksort.“ Rush lief voraus. Trotz der Latenz, die das Erlebnis etwas beeinträchtigte, bewegte er seine winzige Telepräsenzmaschine mit der Präzision eines Profis, während Yolo Mühe hatte, Schritt zu halten, und sich immer wieder umsah, weil die Aussicht so fantastisch war. Durch einen Wald riesiger Sternmoosbäume gelangten sie auf eine Lichtung, auf der Kristallfelsen aufragten. Einige davon schienen angeschmolzen zu sein. Yolo bemerkte Bewegungen und duckte sich, Rush dagegen richtete sich auf, um besser sehen zu können. Kreaturen, die im Verhältnis zu ihnen so groß wie Rinder wirkten, kletterten auf den Felsen herum.

„Zuckerkristalle“, erkannte Yolo. „Das ist eine Köderstelle – und diese Viecher, das sind Milben, winzige Spinnentiere! Darauf haben sie Jagd gemacht!“

„Nice!“, lachte Rush. „Die echte Jagd wurde vor Jahrzehnten verboten, die Bestandskontrolle von Wildschweinen und Rehen liegt heute bei den Wölfen, Luchsen und den Drohnen der Staatsveterinäre mit ihren Medikamenten zur Geburtenkontrolle. Niemand darf mit einer scharfen Waffe auf ein Tier schießen, es sei denn mit Ausnahme-genehmigung – oder wenn das Tier einfach zu klein ist, um unters Jagd- oder Tierschutzrecht zu fallen. Schütz und Neuwerk haben eine Lücke im System gefunden und aus dem Spiel Realität gemacht.“ Lachend stürmte Rush vorwärts auf den nächsten Zuckerkristall zu, an dessen Schmelze zwei große weiße Spinnen fraßen. „Glycophagus domesticus, auch bekannt als Hausmilbe.“ Er hob das Harpunengewehr und bevor Yolo ihn aufhalten konnte, feuerte er einer Milbe in die Flanke, die beim Auftreffen des schweren Harpunengeschosses umfiel und auf dem Rücken liegen blieb. Die Abschussfeder der Waffe spannte sich und rastete knackend ein. Rush zielte auf die nächste Milbe ...

„Stopp!“, schrie Yolo. „Was soll das?“

„Das sind nur winzige Milben!“ Rush feuerte und das zweite Spinnentier brach zusammen, seine Beine kontrahierten im Todeskrampf. „Dein Saugroboter killt jede Woche Tausende dieser Biester. Mit jeder Ladung abgelagerter Schmutzwäsche ertränkst du ganze Generationen. Selbst der strengste Veganer verschlingt täglich einige der Tierchen oder atmet sie einfach ein.“

Yolo war zu ihm gelaufen. „Das ist etwas anderes!“

„Wieso? Weil sie dir jetzt groß erscheinen und du ihre borstigen und stacheligen Spinnengesichter bewundern kannst?“

„Keiner von uns hat eine jagdrechtliche Sondererlaubnis ...“

„Ach, jetzt komm aber, Yo!“ Rush bemerkte die entschlossene Haltung ihrer Telepräsenzmaschine und sicher demonstrativ das Gewehr. „Ich schieße nur noch in Notwehr, versprochen, Sensibelchen. Gut?“

„Gut.“

„Falls wir dem Biest begegnen, das die beiden getötet hat.“



## Über den Autor

Der studierte Soziologe und Sozialpsychologe **Michael Rapp** schreibt seit 2007 Kriminalgeschichten und Erzählungen aus den Welten von Fantasy und Science-Fiction. 2021 erschien bei Polarise (Imprint des dpunkt-Verlags, der wie c't zu Heise Medien gehört) sein Roman „Kalte Berechnung: Mord im Mare Serenitatis“. 2019 belegte seine Kurzgeschichte „Heimat ist ...“ den ersten Platz beim Deutschen Kriminali-Preis der Branchenkontaktplattform „Tatort Eifel“. Im Laufe der Jahre hat der bekennende Freund rätselreicher Szenarien schon vor „Tod im Infinite Forest“ 15 c't-Stories beige-steuert.



Bild: Michael Rapp

Daran hatte sie noch gar nicht gedacht. „Ich hoffe, wir finden tatsächlich Spuren, sonst wird es schwer, das alles meiner Chefin zu verkaufen.“

„Also, da drüben sehe ich die nächste Markierung.“

Sie wanderten eine weitere Stunde durch den Mooswald, der hier in einem dunkleren Grün um sie auftragte, als es über ihnen zischte. Sie blickten auf zur himmelhohen Decke, und Nebel sank über das Moos, ausgestoßen aus Düsen. Der graue Schleier kondensierte auf ihren Metallkörpern, von denen bald schwere Tropfen rollten, die das Laufen und Klettern erschwerten. Der Nebel ließ die Welt verschwimmen und machte den Untergrund glitschig. Wie durch einen fremdartigen Regenwald stiegen sie voran, und Yolo registrierte hier und da Bewegungen zwischen den Blättern: dunkle Körper, die aus dem Nebel auftauchten und wieder verschwanden. Endlich lichtete die künstliche Sonne den Dunst. Sie blickten auf eine matschige braune Ebene – einen Cracker, der auf dem Moos lag und auf dem mehr als ein Dutzend Milben in verschiedenen Größen fraßen. Es gab kleine glatte Spinnentiere, kaum größer als ein Dackel, aber auch riesige rundliche Panzermilben, hoch wie Elefanten, aber weitaus breiter. Über eine Moosbrücke stiegen sie auf den Cracker und schon von Weitem sahen sie den Unglücksort. Metall funkelte im Licht der künstlichen Sonne. Zuerst fanden sie ein Bein, dann den Maschinen-torso: Die Teile gehörten zur Telepräsenzmaschine von Sonic Neuwerk.

Nicht weit entfernt machten sich zwei rote Milben über den Kadaver einer Spinnmilbe her und saugten sie aus. „Ich wette, die haben sie als Nützlinge im Gartenversand gekauft“, murmelte Yolo beeindruckt von dem Schauspiel. „Ob diese Raubmilben sie erwisch haben?“

„Phytoseiulus persimilis“, erklärte Rush. „So eine war unter den Trophäen ... und nein, die Biss-spuren stammen von etwas mit sehr scharfen Schneidwerkzeugen. Ich glaube nicht, dass eine Milbe dafür stark genug ist. So etwas schafft vielleicht eine Ameise.“

„Ich markiere die Stelle im System, dann kann die Kriminaltechnik alles bergen. Und wir müssen noch Hunter Schütz finden.“ Sie blickte sich nach Rush um, der sich auf

das Gewehr stützte und über die aufregende Landschaft blickte.

„Die Idee ist einfach genial: eine eigene Welt, ein Jagdgebiet, in dem sie alles tun konnten, was sie wollten, ohne auf Gesetze oder irgendwelche Jagdgegner Rücksicht nehmen zu müssen. Kein billiges Spiel, sondern echter Nervenkitzel. Es sollte so echt sein, dass sie hier sogar sterben konnten ... Damit haben sie es übertrieben, zugegeben. Aber sonst ...“ Er ging auf eine der Raubmilben zu, die sich aufrichtete und mit den Mandibeln drohte, aber darauf hatte Rush nur gewartet. Er schoss ihr aus der Hüfte eine Harpune in den Bauch und die zweite in den Kopfansatz. Zufrieden sah er sie zusammenstürzen und lud nach, ohne Yolos wütende Zurechtweisung zu beachten.

„Das erinnert mich an unsere Nacht am Strand bei Cicina Mare, das Quallenmonster-Event, Erinnerst du dich?“

Leider tat sie das.

Yolo wollte Rush an der Schulter packen, ihm die Waffe wegnehmen, aber dann sah sie etwas, das sie innehalten ließ. Sie ging an Rush vorbei, lief eilig, aber der Latenz wegen etwas ungenau, über den Crackermatsch, vorbei an Lebensmittelmilben, die sich an der Schmiere vollfraßen wie die Menschen aus dem Märchen vom süßen Brei. Einige Hausmilben paarten sich und beachteten sie nicht weiter. Yolo hatte sich nicht geirrt: In der braunen Crackermasse lag die silberne Telepräsenzmaschine von Hunter Schütz, eine Harpune steckte in seiner Brust. Ein Roboterjagdhund saß neben ihm, das Harpunengewehr lag unter seinen Pfoten und er begrüßte sie schwanzwedelnd.

## METALL FUNKELTE IM LICHT DER KÜNSTLICHEN SONNE.

„Mord?“, fragte sich Rush, schlagartig zurück aus dem schrecklichen Italienurlaub. „Oder doch ein Jagdunfall?“


„Zur Strecke gebracht“, sagte der Hund mit der Stimme einer jungen Frau, richtete sich auf die Hinterbeine auf und entscherte das Harpunengewehr. „Aber das weißt du doch, Hunter. Diana hat deine Videos gefunden. Das ist kein Spiel, für das sie dir die Maschinen bauen sollte, oh nein. Du tötest hier ganz real und deshalb ist sie echt sauer. Ihr habt eure Lektion das letzte Mal wohl nicht verstanden?“

Der Hund wick Rushs Harpune locker aus, denn als autonome Mikromaschine hatte er kein Latenzproblem. Sein Grinsen, das wie eine boshafte Karikatur eines menschlichen Lächelns wirkte, enthüllte sehr scharfe Zähne. „Also spielen wir noch einmal.“

(ps@ct.de) ct

## Die c't-Stories als Hörversion

Unter [heise.de/-4491527](https://heise.de/-4491527) können Sie einige c't-Stories als Audiofassung kostenlos herunterladen oder streamen. Die c't-Stories zum Zuhören gibt es auch als RSS-Feed und auf den bekannten Plattformen wie Spotify, Player FM und Apple podcasts ([ct.de/yz13](https://ct.de/yz13)).



# data2day

**Die Konferenz für Data Scientists,  
Data Engineers und Data Teams**

**20. – 21. September 2022  
in Karlsruhe**

**Jetzt  
Tickets mit  
Frühbucher-  
rabatt  
sichern!**

## **Endlich wieder vor Ort Data-Themen diskutieren**

Egal wo du, dein Team oder dein Unternehmen sich auf der Data-Reise befinden, die data2day liefert dir praxisnahes Wissen rund um Data Science vom Einsteigerprojekt bis zur Data-driven Company.

### **Highlights aus dem Programm**

- ✓ Data Mesh: Prozesse und Modelle
- ✓ Automatisierung: DataOps - MLOps - GitOps
- ✓ Data-as-a-Product: Value Chain Modeling
- ✓ Praxisberichte: ML- und Data-Science-Projekte

**[www.data2day.de](http://www.data2day.de)**

Goldsponsoren



Silbersponsor



Veranstalter







ORACLE Feuerwehr www.oraservices.de xbs-kurze Daten- & Netzkabel: kurze-kabel.de 

softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen,  
Website Boosting, Online-Pressemitteilungen,  
Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach an-  
rufen, Faxen oder eine E-Mail schicken.  
Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024,  
Telefax: 0511/3884512, E-Mail: service@soft-  
aktiv.de, Internet: www.softaktiv.de 


Alternativer Breitbandatlas - Breitbandatlas.eu 

nginx-Webhosting: timmehosting.de 

EDELSTAHL LED SCHILDER: www.3D-buchstabe.com  
HAUSNUMMERN nobel 230V~: www.3D-hausnummer.de 

wp-up.de WordPress Security & Wartungsservice 

www.patchkabel.de - LWL und Netzwerk Kabel 

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt  
EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) ins-  
besondere Texte aus den Bereichen Telekommu-  
nikation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. +  
Fax: 05130/37085 

**Anzeigenschluss  
für die nächsten  
erreichbaren Ausgaben:**  
**19/2022: 08.08.2022**  
**20/2022: 23.08.2022**  
**21/2022: 06.09.2022**



## c't – Kleinanzeigen

**Private Kleinanzeige:**

erste Druckzeile € 10,- ; jede weitere Zeile € 8,-

**Gewerbliche Kleinanzeige:**

erste Druckzeile € 20,- ; jede weitere Zeile € 16,-

**Chiffre-Anzeige: € 5,- Gebühr****Hinweis:** Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.


PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

- ☐ Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.  
Sparkasse Hannover,  
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz ☐ privat ☐ gewerblich\* (werden in c't mit  gekennzeichnet) ☐ Chiffre

€ 10,-	(20,-)	
€ 18,-	(36,-)	
€ 26,-	(52,-)	
€ 34,-	(68,-)	
€ 42,-	(84,-)	
€ 50,-	(100,-)	
€ 58,-	(116,-)	
€ 66,-	(132,-)	

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. \* Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an:  Heise Medien GmbH & Co. KG  
c't-Magazin, Anzeigenabteilung  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

Faxnummer: 05 11 / 53 52-200

➔ Weiterlesen, wo andere aufhören.





## Developer (m/w/d) E-Commerce



Du bist kommunikativ, stellst Dich gerne neuen Aufgaben und vertiefst mit Begeisterung Deine Kenntnisse als Developer (m/w/d) mit Schwerpunkt E-Commerce? Dann werde Teil unseres agil arbeitenden Teams in Hannover!

### Deine Aufgaben

- In Zusammenarbeit mit dem Team entwickelst Du unsere E-Commerce-Systeme (heise shop, Abo-Systeme) weiter.
- Du implementierst Sales-Channels in unseren Web-Angeboten wie heise.de.
- Auf Basis strukturierter Daten aus unserem PIM-System baust Du mit uns neue digitale Produkte.
- Du arbeitest in einem agilen Entwicklungsprozess und wirkst daran mit.
- Gemeinsam mit dem Team entwickelst Du die technische Infrastruktur in unserem E-Commerce-Umfeld weiter.

### Deine Talente

- Du hast ein Hochschulstudium im Bereich Informatik, eine Ausbildung zum Fachinformatiker (m/w/d) abgeschlossen oder verfügst über vergleichbare Kenntnisse oder bringst einschlägige Berufserfahrung mit.
- Ideal ist Erfahrung in der Entwicklung mit Shopware 6 oder 5.
- Auf jeden Fall beherrschst Du PHP 7, Symfony 5 (mit Twig und Doctrine).
- Du beherrschst die Grundlagen der Softwaretechnik und hast Interesse an Event-Driven-Architekturen.
- Wünschenswert sind Kenntnisse im automatisierten Software-Testing sowie in HTML5 / CSS und JavaScript.
- Von Vorteil sind Git-Kenntnisse sowie Kenntnisse im Bereich Continuous Delivery (GitLab-CI).
- Fließende Deutsch- und Englischkenntnisse runden Dein Profil ab

### Deine Benefits

- Gestalte mit uns den E-Commerce des führenden Medienunternehmens für IT-Wissen in Deutschland.
- Profitiere von einem kostenlosen Zugang zu unseren Heise-Produkten inklusive der heise Academy.
- Du arbeitest flexibel und hast die Möglichkeit, mobil zu arbeiten.
- Einen Platz in unserem engagierten und qualifizierten Team – die Entwicklung jedes Einzelnen ist uns dabei sehr wichtig.
- Wir bieten Dir eine familiäre Arbeitsatmosphäre, eine subventionierte Kantine, ein Mitarbeiter-Fitnessprogramm und vieles mehr.

### Haben wir Dich neugierig gemacht?

Besuche uns auf Xing und Kununu.



### Dein Ansprechpartner

Sebastian Hilbig, Head of Web-Development  
Tel.: 0511 5352-196

Bitte bewirb Dich online: [karriere.heise-gruppe.de](https://karriere.heise-gruppe.de)

### Wir freuen uns auf Deine Bewerbung!

Bei uns ist jede Person, unabhängig des Geschlechts, der Nationalität oder der ethnischen Herkunft, der Religion oder der Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters sowie der sexuellen Identität willkommen.

### Heise Medien GmbH & Co. KG (Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover)

Heise Medien steht für hochwertigen, unabhängigen Journalismus und ausgeprägte Kompetenz in IT und Technologie. Mit unseren renommierten Print- und Online-Angeboten wie c't, iX, Technology Review, Mac & i, c't Fotografie, Make und heise online informieren wir im Interesse unserer Leser über die neuesten Produkte, Technologien und Trends – kritisch, fundiert und aktuell.



**Netto**  
Marken-Discount

# ZEIT FÜR EINEN REBOOT?

**DANN GEH DOCH  
ZU NETTO!**

**Wir suchen (m/w/d):**

Full-Stack-Entwickler C#

Product Owner

Data Scientist

Business Intelligence Entwickler

Intershop / Java Entwickler

JavaScript / TypeScript Entwickler

Systemadministrator

Netto Marken-Discount Stiftung & Co. KG  
Industriepark Ponholz 1  
93142 Maxhütte-Haidhof

**SCANNEN &  
BEWERBEN**



[netto-online.de/it](https://netto-online.de/it)

# Inserenten\*

1blu AG, Berlin	35
AMD International Sales & Service Ltd., USA-Sunnyvale	8, 9
Carl Zeiss AG, Oberkochen	53
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen	2
CRONON GmbH, Berlin	196
Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel	31
Eizo Europe GmbH, Mönchengladbach	47
Handelsblatt GmbH, Düsseldorf	41
Kentix GmbH, Idar-Oberstein	43
KYOCERA Document Solutions Deutschland GmbH, Meerbusch / Osterath	13
Pepperl+Fuchs SE, Mannheim	39
Pocketbook Readers GmbH, Radebeul	37
rola Security Solutions GmbH, Oberhausen	79
Thomas Krenn.com, Freyung	49
uniVox GmbH, Schönefeld	11
WORTMANN AG, Hüllhorst	4, 5

## Stellenanzeigen

Heise Gruppe GmbH & Co. KG, Hannover	190
Netto Marken-Discount AG & Co., Maxhütte-Haidhof	191

## Veranstaltungen

c't workshop	c't, heise Events	14
Maker Faire	Make:	55
storage2day	iX, dpunkt.verlag	57
heise Security Tour	heise security	107
Product Owner im Unternehmen	heise Academy	109
IT Job kompakt	heise Events	113
Herbstcampus	iX, heise Developer, dpunkt.verlag	137
iX Workshops	iX, heise Events	159
heise Academy	heise Academy	181
data2day	iX, heise Developer, dpunkt.verlag	188
secIT by Heise	heise Events	195

\* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.  
Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

## FRISCHE REZEPTE FÜR IHREN RASPBERRY PI



**Heft + PDF mit 29 % Rabatt**

Die Fangemeinde des günstigen Bastelrechners Raspberry Pi wächst Jahr für Jahr. Gehören Sie auch zu den Raspi-Fans oder wollen es werden? Dann finden Sie in diesem c't-Sonderheft einen schnellen Einstieg und jede Menge alltagstaugliche Projekte:

- ▶ Das Raspi-Universum verstehen
- ▶ Mit Raspi-Projekten mehr Sicherheit
- ▶ GPIO-Pins mit Python programmieren
- ▶ Raspi hilft bei der Unterhaltung

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

 [shop.heise.de/ct-raspi22](https://shop.heise.de/ct-raspi22)

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](http://www.ct.de), E-Mail: [ct@ct.de](mailto:ct@ct.de)

**Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe:** „Die Grenzen der KI“:  
Andrea Trinkwalder ([atr@ct.de](mailto:atr@ct.de)), „Apps & Gadgets für unterwegs“: Jörg Wirtgen ([jow@ct.de](mailto:jow@ct.de))  
**Chefredakteur:** Dr. Jürgen Rink ([jr@ct.de](mailto:jr@ct.de)) (verantwortlich für den Textteil)  
**Stellv. Chefredakteur:** Axel Kossel ([ad@ct.de](mailto:ad@ct.de))  
**Chef vom Dienst:** Georg Schnurer ([gs@ct.de](mailto:gs@ct.de))

### Leser & Qualität

**Leitung:** Achim Barczok ([acb@ct.de](mailto:acb@ct.de))  
**Textredaktion & Qualitätssicherung:** Oliver Lau ([ola@ct.de](mailto:ola@ct.de))  
**Koordination Leserkommunikation:** Martin Triadan ([mat@ct.de](mailto:mat@ct.de))

### Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen

**Leitende Redakteure:** Hartmut Gieselmann ([hag@ct.de](mailto:hag@ct.de)), Jo Bager ([jo@ct.de](mailto:jo@ct.de))  
**Redaktion:** Holger Bleich ([hob@ct.de](mailto:hob@ct.de)), Anke Brandt ([abr@ct.de](mailto:abr@ct.de)), Arne Grävemeyer ([agr@ct.de](mailto:agr@ct.de)),  
Markus Montz ([mon@ct.de](mailto:mon@ct.de)), Peter Schmitz ([psz@ct.de](mailto:psz@ct.de)), Sylvester Tremmel ([syt@ct.de](mailto:syt@ct.de)),  
Andrea Trinkwalder ([atr@ct.de](mailto:atr@ct.de)), Dorothee Wiegand ([dwi@ct.de](mailto:dwi@ct.de)), Stefan Wischner ([swi@ct.de](mailto:swi@ct.de))

### Ressort Systeme & Sicherheit

**Leitende Redakteure:** Peter Siering ([ps@ct.de](mailto:ps@ct.de)), Jan Mahn ([jam@ct.de](mailto:jam@ct.de))  
**Redaktion:** Niklas Dierking ([ndi@ct.de](mailto:ndi@ct.de)), Mirko Dölle ([mid@ct.de](mailto:mid@ct.de)),  
Wilhelm Drehling ([wid@ct.de](mailto:wid@ct.de)), Liane M. Dubowy ([lmd@ct.de](mailto:lmd@ct.de)), Ronald Eikenberg ([rei@ct.de](mailto:rei@ct.de)),  
Pina Merkert ([pmk@ct.de](mailto:pmk@ct.de)), Dennis Schirmacher ([des@ct.de](mailto:des@ct.de)), Hajo Schulz ([hos@ct.de](mailto:hos@ct.de)),  
Jan Schüsler ([jss@ct.de](mailto:jss@ct.de)), Kathrin Stoll ([kst@ct.de](mailto:kst@ct.de)), Ingo T. Storm ([it@ct.de](mailto:it@ct.de)),  
Keywan Tonekaboni ([ktm@ct.de](mailto:ktm@ct.de)), Axel Vahldiek ([axv@ct.de](mailto:axv@ct.de))

### Ressort Hardware

**Leitende Redakteure:** Christof Windeck ([civ@ct.de](mailto:civ@ct.de)), Ulrike Kuhlmann ([uk@ct.de](mailto:uk@ct.de)),  
Dušan Živadinović ([dz@ct.de](mailto:dz@ct.de))  
**Redaktion:** Ernst Ahlers ([ea@ct.de](mailto:ea@ct.de)), Tim Gerber ([tig@ct.de](mailto:tig@ct.de)), Christian Hirsch ([chh@ct.de](mailto:chh@ct.de)),  
Benjamin Kraft ([bkr@ct.de](mailto:bkr@ct.de)), Lutz Labs ([ll@ct.de](mailto:ll@ct.de)), Andrijan Möcker ([amo@ct.de](mailto:amo@ct.de)),  
Florian Müssig ([muc@ct.de](mailto:muc@ct.de)), Rudolf Opitz ([rop@ct.de](mailto:rop@ct.de)), Carsten Spille ([csp@ct.de](mailto:csp@ct.de))

### Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets

**Leitende Redakteure:** Jörg Wirtgen ([jow@ct.de](mailto:jow@ct.de)), Jan-Keno Janssen ([jkj@ct.de](mailto:jkj@ct.de))  
**Redaktion:** Robin Brand ([rbr@ct.de](mailto:rbr@ct.de)), Sven Hansen ([sha@ct.de](mailto:sha@ct.de)), Steffen Herget ([sh@ct.de](mailto:sh@ct.de)),  
Nico Jurrán ([nij@ct.de](mailto:nij@ct.de)), André Kramer ([akr@ct.de](mailto:akr@ct.de)), Michael Link ([mil@ct.de](mailto:mil@ct.de)),  
Urs Mansmann ([uma@ct.de](mailto:uma@ct.de)), Stefan Porteck ([spo@ct.de](mailto:spo@ct.de)), Christian Wölbelt ([cwo@ct.de](mailto:cwo@ct.de))

**c't online:** Ulrike Kuhlmann ([Ltg., uk@ct.de](mailto:Ltg., uk@ct.de))

**Koordination News-Teil:** Hartmut Gieselmann ([hag@ct.de](mailto:hag@ct.de)), Christian Wölbelt ([cwo@ct.de](mailto:cwo@ct.de))

**Koordination Heftproduktion:** Martin Triadan ([mat@ct.de](mailto:mat@ct.de))

**Redaktionsassistentz:** Susanne Cölle ([suc@ct.de](mailto:suc@ct.de)), Christopher Tränkmann ([cht@ct.de](mailto:cht@ct.de))

**Software-Entwicklung:** Kai Wasserbach ([kaw@ct.de](mailto:kaw@ct.de))

**Technische Assistenz:** Ralf Schneider ([Ltg., rs@ct.de](mailto:Ltg., rs@ct.de)), Denis Fröhlich ([dfr@ct.de](mailto:dfr@ct.de)),  
Christoph Hoppe ([cho@ct.de](mailto:cho@ct.de)), Stefan Labusga ([sla@ct.de](mailto:sla@ct.de)), Arne Mertins ([ame@ct.de](mailto:ame@ct.de)),  
Jens Nohl ([jno@ct.de](mailto:jno@ct.de)), Wolfram Tege ([te@ct.de](mailto:te@ct.de))

**Dokumentation:** Thomas Masur ([tm@ct.de](mailto:tm@ct.de))

**Verlagsbüro München:** Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/4271 86-0,  
Fax: 0 89/4271 86-10

**Ständige Mitarbeiter:** Leo Becker ([lbe@ct.de](mailto:lbe@ct.de)), Detlef Borchers, Herbert Braun ([heb@ct.de](mailto:heb@ct.de)),  
Tobias Engler, Monika Ermert, Stefan Krempel, Ben Schwan ([bsc@ct.de](mailto:bsc@ct.de)), Christiane  
Schulzki-Haddouti

**DTP-Produktion:** Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Martin Kreft, Jessica Nachtigall,  
Astrid Seifert, Dieter Wanner, Ulrike Weis

**Junior Art Director:** Martina Bruns

**Fotografie:** Andreas Wodrich, Melissa Ramson

**Videoproduktion:** Johannes Börnsen

**Digitale Produktion:** Melanie Becker, Kevin Harte, Martin Kreft, Pascal Wissner

### Illustrationen

Jan Bintakies, Hannover, Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin,  
Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schulp, Thomas Kühlenbeck, Münster, Timo Lenzen, Berlin,  
Andreas Martini, Wetzlar, Moritz Reichartz, Viersen

**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](mailto:pgpCA@heise.de)>  
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A  
Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@ct.heise.de](mailto:pgpCA@ct.heise.de)>  
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000  
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@ct.heise.de](mailto: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: [ayznmmonmewb2tjvgv7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbbzydm7oad.onion](https://ayznmmonmewb2tjvgv7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbbzydm7oad.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](http://www.heise.de)

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Beate Gerold

**Mitglieder der Geschäftsleitung:** Jörg Mühle, Falko Ossmann

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167)  
(verantwortlich für den Anzeigenteil),  
[www.heise.de/mediadaten/ct](http://www.heise.de/mediadaten/ct)

**Anzeigenpreise:** Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 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: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

### Vertrieb Einzelverkauf:

DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG  
Meßberg 1  
20086 Hamburg  
Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815  
E-Mail: [info@dermedienvertrieb.de](mailto:info@dermedienvertrieb.de)

### c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9.90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €;  
Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 139,05 €,  
Österreich 149,85 €, Europa 159,30 €, restl. Ausland 184,95 € (Schweiz 228.15 CHF);  
ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer  
entsprechenden Bescheinigung): Inland 79,65 €, Österreich 87,75 €, Europa 93,15 €,  
restl. Ausland 108,00 € (Schweiz 133.65 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf  
das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 24,30 €  
(Schweiz 29.70 CHF) Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUGE,  
bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland,  
VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 104,29 €, Österreich 112,39 €,  
Europa 119,48 €, restl. Ausland 138,71 € (Schweiz 171.11 CHF). Luftpost auf Anfrage.

### Leserservice:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: [leserservice@ct.de](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. Honorarierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des  
Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines  
eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.  
Hergestellt und produziert mit Xpublisher: [www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com)  
Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2022 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA ACTA 

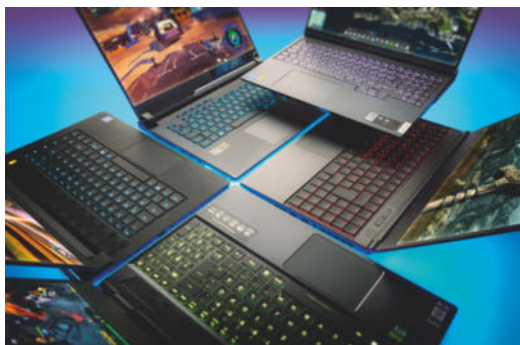
# Vorschau **ct** 18/2022

Ab 13. August im Handel und auf [ct.de](https://ct.de)



## Gebrauchte Hardware günstig und sicher einkaufen

Der Kauf gebrauchter Hardware schont die Umwelt und den Geldbeutel. Wir klären, für wen sich der Secondhand-Kauf von Notebook, Smartphone oder Drucker lohnt und wie man die Risiken beim Kauf minimiert. Außerdem haben wir bei Wiederaufbereitern PCs und Mini-PCs gekauft und unter Windows 11 getestet.



## Gaming-Notebooks

Hochleistungsfähige Gaming-Notebooks stellen moderne Spiele in hohen Detailgraden ruckelfrei dar und sind dennoch mobile Geräte. Wir lassen eine Handvoll mittelgroßer Modelle mit High-End-GPUs gegeneinander antreten.

## Windows oder Linux? Beides!

Sie arbeiten lieber mit Linux, können aber manchmal trotzdem nicht auf Windows verzichten? Dann nutzen Sie doch auf demselben PC einfach beides. Mit unseren Tipps klappt das speicherplatzsparend und sicher.

## Mobilfunk für Vielnutzer

Mit dem Verbot von Zero-Rating-Optionen hat die Bundesnetzagentur den Mobilfunkmarkt aufgemischt. Wir analysieren, wie die Anbieter darauf reagieren und welche neuen Tarife mit viel Volumen für Neukunden und Tarifwechsler interessant sein könnten.

## P2P-Bezahlen mit dem Handy

Wer per Smartphone Freunden schnell Geld schicken oder auf dem Flohmarkt etwas bezahlen will, findet in Deutschland außer PayPal noch etliche andere Apps. Wir haben sie verglichen und herausgefunden, was besser werden muss.

Noch mehr  
Heise-Know-how



ct Energie-Tipps  
jetzt im Handel und  
auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)



ix 8/2022 jetzt im Handel  
und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)



Make: 4/22 jetzt im Handel  
und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)





secIT by Heise  
DIGITAL 2022

# ENTER THE NEXT LEVEL

IT-Security-Onlinekonferenz – 13. & 14.09.2022

## Be prepared – Become a #secHero

Seien Sie dabei, wenn sich Security-Experten, Anbieter von Security-Werkzeugen und -Dienstleistungen und interessiertes Fachpublikum im September treffen! Auf zwei digitalen Bühnen präsentieren wir Ihnen die neuesten Trends, Lösungen und Informationen rund um die IT-Sicherheit.



Jetzt schnell sein: Bis zum 31.08. **kostenloses „Sponsored Ticket“** sichern unter **sec-it.heise.de**

Unsere Partner







# Shift happens.

Wir bringen Ihre Daten in Sicherheit

## Einfach gute IT-Lösungen

- mit individueller Note passend zu Ihren Projekten
- in einer Umgebung, mit der Sie auf der sicheren Seite sind
- von Menschen, die wissen, wie man IT-Verantwortliche glücklich macht



[cronon.net](https://cronon.net)  
[shift@cronon.net](mailto:shift@cronon.net)

 **Cronon**