



**magazin für  
computer  
technik**

5.3.2016

**6**



**GoPro & Co.:  
Action-Cams  
im Test**

**Flinkes Funknetz im ganzen Haus**

# **WLAN ohne Funkloch**

**Tipps für mehr Tempo und guten Empfang • Repeater im Test**

**MWC-Highlights**

**Sparsame Mainboards**

**Vulkan: Erste Benchmarks**

**Touchscreens für Arduino**

**Laser-Mufus für Arbeitsgruppen**

**CeBIT-Vorschau**

**Steuereinspruch per Mail**

**Homomorphe Verschlüsselung**

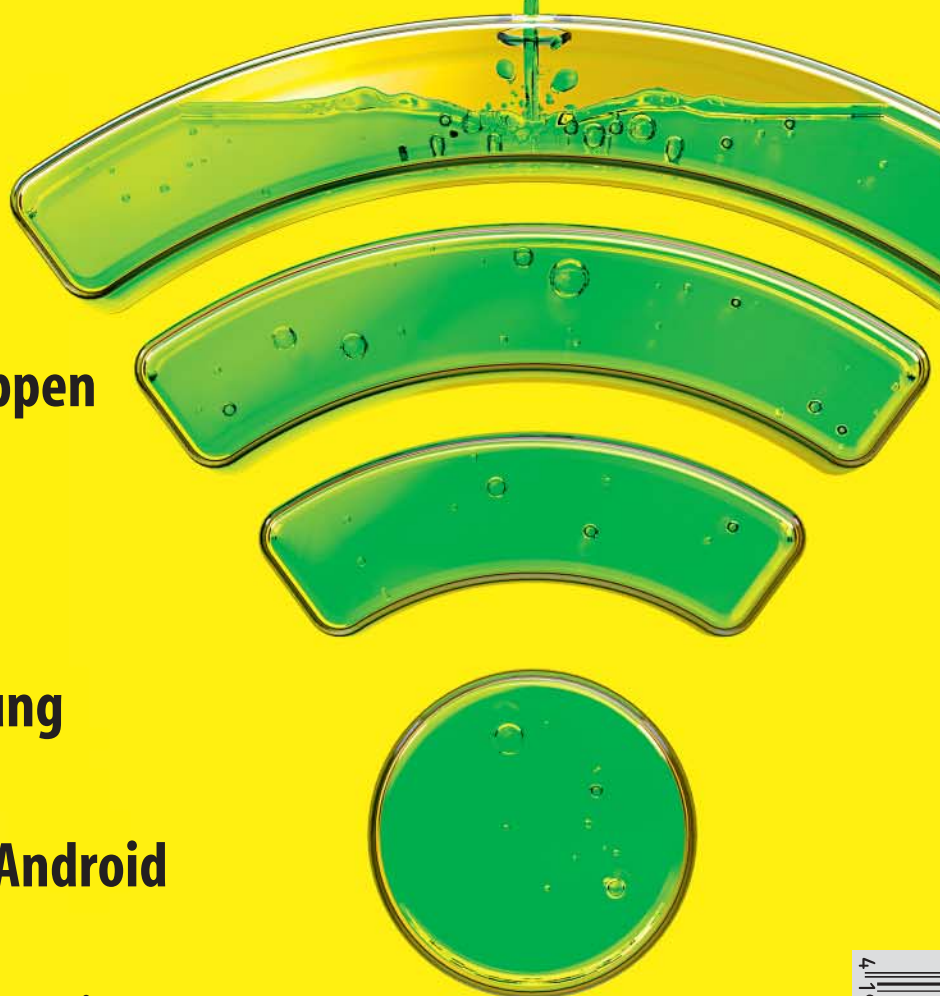
**Flugsimulator mit VR**

**MIDI-Programmierung mit Android**

**Wie aus Rechenleistung Intelligenz wird**

## **Lassen Sie denken!**

**Machine Learning krempelt die IT um • Ihr Projekt in 30 Minuten**



**€ 4,50**

AT € 4,70 • LUX, BEL € 5,30  
NL, IT, ES € 5,50  
CHF 6,90 • DKK 49,00

Anzeige



### Apples Kampf gegen die Windmühlen

Apple bietet dem FBI die Stirn! Die unkonventionellen IT-Pioniere kämpfen für unsere Privatsphäre! So oder so ähnlich schallt es im Moment durch die Medien und ich finde es schon etwas peinlich. Lieber Tim Cook, es ist ja äußerst ehrenhaft, ja sogar irgendwie lieb, dass du dich so für meine Daten einsetzt, aber auch ein bisschen naiv, oder? Denn mehr als eine großangelegte PR-Aktion kann es doch auf Dauer gar nicht sein.

Wie du selbst gesagt hast, hat deine Firma nach dem Attentat in San Bernadino den Strafverfolgungsbehörden alle Daten der beteiligten iPhone-Nutzer gegeben, an die ihr rangekommen seid. Jetzt eine große Geschichte daraus zu machen, dass ihr euch lauthals weigert, den Lockscreen von iOS zu umgehen, klingt natürlich klasse. Wenn aber die Behörden beim nächsten Terror-Angriff in Echtzeit in die iPhones von Verdächtigen gucken wollen, werden sie das tun. Da kannst du auch nichts dran ändern. Das können nur die amerikanischen Wähler bei den anstehenden Präsidentschaftswahlen.

Apple ist eine US-Firma und muss sich an US-Gesetze halten. Falls die Behörden eine Hintertür haben oder Ende-zu-Ende-Verschlüsselung verbieten wollen, müssen sie nur ein entsprechendes Gesetz auf den Weg bringen. Wenn das verabschiedet ist, bleibt auch dir gar keine andere Wahl als zu gehorchen, Tim. Ob der San-Bernadino-Fall Präzedenzqualität hat oder nicht, ist dann kom-

plett egal. Gesetz ist nun mal Gesetz; auch in Amerika. Zumal ein Großteil der US-Bürger durchaus dafür zu sein scheint, dass Apple Hintertüren in die Handys von Terroristen – und nebenbei auch in die von allen anderen Bürgern – einbaut.

Einen Ausweg habt ihr natürlich, Tim: Wenn Euer neues UFO-förmiges Hauptquartier wirklich fliegen kann und kurzerhand abhebt, seid ihr fein raus. Allerdings bezweifle ich, dass Apple seinen Firmensitz wirklich dauerhaft in den internationalen Luftraum verlegen will.

Und ich möchte hier deine Firma auch eigentlich gar nicht besonders hervorheben. Alle anderen US-Firmen sitzen im selben Boot. Ob diese sich nun gerade publikumswirksam winden und gegen das FBI zetern oder nicht, ist komplett egal. Und wenn dann noch Donald Trump Präsident wird ...

Fabian A. Scherschel

Anzeige



Anzeige

## Trends & News

<b>MWC-Highlights:</b> G5, Galaxy S7, Xperia X	16
Smartphones als PC-Ersatz	18
Desktop-Android Remix OS	19
Tablets mit Android und Windows 10	20
<b>CeBIT 2016:</b> Messeüberblick	24
Software ist (mehr als) die halbe Messe	25
Start-ups, Blogger, Cloud	32
Forschung und Entwicklung	33
Server & Storage	34
PC-Hardware und Massenspeicher	35
<b>Prozessorgeflüster:</b> IoT, ARMv8, Raspberry Pi 3	36
<b>Embedded World:</b> Systeme statt Chips	37
<b>Hardware:</b> Lüfterloser Mini-PC, PC-Gehäuse zum Basteln	40
<b>Microsoft Surface:</b> Patch behebt einige Fehler	41
<b>Peripherie:</b> 4K-TVs mit HDR, riesiger Touch-LCD	42
<b>Sicherheit:</b> Krypto-Trojaner, MouseJack-Angriff	44
<b>Netze:</b> USB-3.1-LAN-Adapter, Firmen-APs, Fritzboxen	45
<b>Apps:</b> Schreibzwang, Hörtest, Datenvolumen	46
<b>Raw-Entwickler für Android:</b> Lightroom Mobile 2.0	47
<b>Spiele:</b> Erste Benchmarks mit Vulkan	48
<b>Virtual Reality:</b> HTC Vive mit Laser-Tracking	50
<b>Datenschutz:</b> Apple soll dem FBI das iPhone knacken	52
<b>Apple:</b> Sommer-Job für Signal-Entwickler	54
<b>Internet:</b> AMP-Ranking, Safe Harbor, FTTH-Ausbau	55
<b>Forschung:</b> 5-GHz-Funk auf See, Medi-Implantate	56
<b>Audio/Video:</b> Kodi 16, Kopierschutzknacker SlySoft	57
<b>Anwendungen:</b> Datenintegration, Projekte, DMS	58
Scanprogramm, Diktier-App, Layout	59
<b>Urheberrecht:</b> Flüchtlinge im Visier der Abmahner	60
<b>Facebook:</b> Verfahren zum Fanpage-Verbot ausgesetzt	61
<b>Linux:</b> Sicherheitsloch in Mint, UEFI-Lösch-Problem	62
<b>Web-Tipps:</b> Diagramme, Mini-Street-View, Shortcuts	184

## Test & Kaufberatung

<b>Bastelcomputer:</b> Raspberry Pi 3	22
<b>MP3-Spieler:</b> Cowon M2	64
<b>VR-Cardboard</b> aus Alu und Holz	64
<b>Fahrradlampe 2.0:</b> Buckshot Pro	64
<b>Mini-PC:</b> Intel Compute Stick mit Windows 10	66
<b>Thermo-Simulation</b> für elektronische Geräte	66
<b>Externe SSD:</b> Samsung Portable SSD T3	68
<b>Excel-Vorlage:</b> SmartTools Projektplan 2016	68
<b>Notizbuch-App</b> mit Handschriftverschönerung	68
<b>Online-Speicher:</b> Renovierte Telekom-Cloud für alle	70
<b>MIDI-Keyboards:</b> Roli Seaboard Rise	70
<b>Musikproduktion:</b> SPL Transient Designer Plus	71
Sonnox Oxford Envolution	71



86

# WLAN ohne Funkloch

Sie bepflanzen gerade die Balkonkästen und der Audiostream im Handy stottert? Drehen Sie nicht den Geranien den Stängel um, sondern lieber ein bisschen am Router. Wenn das nicht reicht, hilft ein Repeater – der aber richtig ausgewählt und konfiguriert sein will.

WLAN im ganzen Haus: die Grundlagen	86
Wege zur Reichweitensteigerung von WLANs	88
10 WLAN-Repeater stopfen Funklöcher	92
Ad-hoc-Dateiübertragung und Repeater-Funktion mit WiFi Direct	100

<b>MWC-Highlights</b>	16	<b>Flugsimulator mit VR</b>	158
<b>CeBIT-Vorschau</b>	24	<b>Steuereinspruch per Mail</b>	162
<b>Touchscreens für Arduino</b>	76	<b>Homomorphe Verschlüsselung</b>	176
<b>GoPro &amp; Co.:</b>		<b>MIDI-Programmierung mit Android</b>	182
<b>Action-Cams im Test</b>	106		
<b>Sparsame Mainboards</b>	152		

## Vulkan: Erste Benchmarks

Vulkan heißt die neue 3D-Schnittstelle, die Spiele beschleunigen und auf allen erdenklichen Plattformen und Betriebssystemen laufen soll. Konkurrenz für DirectX und OpenGL? Erste Benchmarks mit dem Rätselspiel Talos Principle zeigen, dass Vulkan viel 3D-Performance freisetzt.



## Laser-Mufus für Arbeitsgruppen

Leistungsfähige Multifunktionsdrucker fürs Team ersetzen mehrere Arbeitsplatzgeräte und sparen dadurch Platz und Energie. Sie drucken schneller und sparsamer und lassen sich mit weiteren Papierfächern, WLAN- oder NFC-Modulen gut erweitern. Die günstigsten Geräte kosten kaum mehr als ein Arbeitsplatzmodell.



114

## Bastelcomputer Raspi 3

Ein 64-Bit-Prozessor mit höherer Taktfrequenz, WLAN und Bluetooth sind die wichtigsten Neuerungen des Raspberry Pi 3. Doch Raspbian nutzt weiterhin nur 32-Bit-Code und es fehlen Hardware-Decoder für moderne Video-Codes. Wir haben den neuen 40-Euro-Bastelcomputer schon getestet.

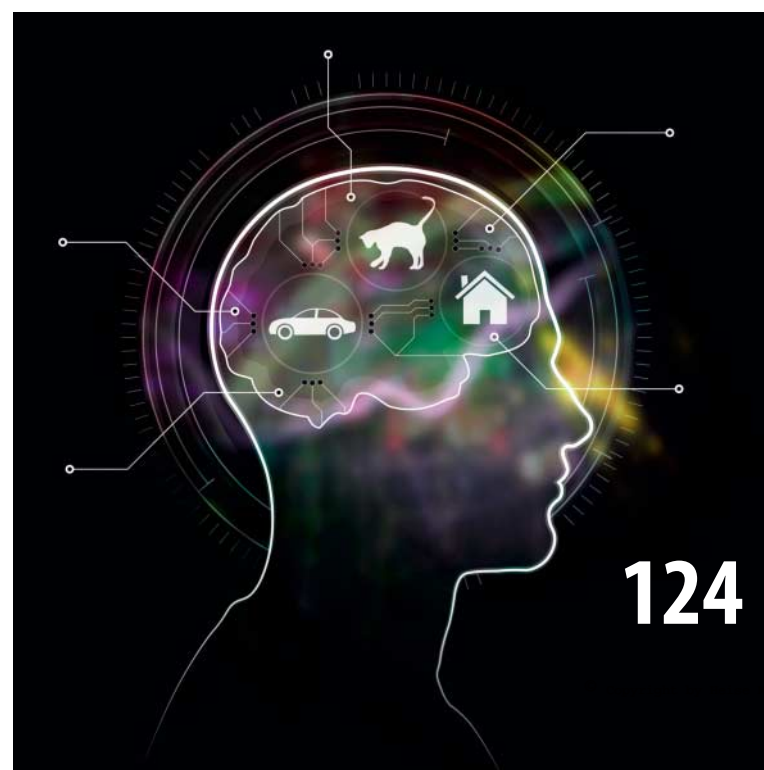


22

## Lassen Sie denken!

Siri, Google Photos, Skype Translator: Nach einem langen Dornröschenschlaf in der Forschung ist künstliche Intelligenz plötzlich im Alltag angekommen. Wir erklären die Gründe für den Boom und zeigen, wie Sie mit Microsofts Cloud-Baukasten oder Python ganz leicht selbst ins Maschinenlernen einsteigen können.

Vom Siegeszug der lernenden Software	124
Die Mathematik der neuronalen Netze	130
KI-Werkbank AzureML	136
Neuronales Netz selbst programmieren	142
Google-KI spielt Go	148



124

Kamera-Drohne: Parrot Bebop 2	72
Workstation: Dell Precision 3620 mit Skylake-Prozessor	74
Grafikkarte: FirePro W4300 für Mehrschirm-Workstations	75
Touchscreens für Arduino	76
Textverarbeitung: Papyrus Autor 8 für Vielschreiber	80
WLAN-Repeater: Funklöcher stopfen	92
Action-Cams: GoPro & Co. im Hätetetest	106
Laser-Multifunktionsdrucker für Arbeitsgruppen	114
Sparsame Mainboards für Skylake-Prozessoren	152
Bücher: JavaScript, Dinge-Erklärer, Visual Basic	186
Spiele: Obliteracers, Dub Dash	190
American Truck Simulator, Superhot	191
Street Fighter V, Unravel	192
Firewatch, Indie- und Freeware-Tipps	193

## Wissen

Vorsicht, Kunde: Abgeschaltet statt umgeschaltet	82
Smart City: Bürgerfreundlich überwacht	84
Künstliche Intelligenz startet durch	124
Die Mathematik der neuronalen Netze	130
Google-KI spielt Go	148
Energiesparfunktionen bei modernen Prozessoren	156
Recht: Steuereinspruch per E-Mail	162
Homomorphe Verschlüsselung: Rechnen in der Cloud	176
Android WebView: Sicherheitsrisiko selbst gemacht	180
Android: MIDI-Programmierung	182

## Praxis & Tipps

WLAN ohne Funkloch: die Grundlagen	86
Wege zur Reichweitensteigerung von WLANs	88
Ad-hoc-Dateiübertragung und Laptop als Repeater	100
Künstliche Intelligenz: KI-Werkbank AzureML	136
Neuronales Netz selbst programmieren	142
Flugsimulator mit Virtual-Reality-Brille spielen	158
Fotos retten mit Linux	160
Hotline: Tipps und Tricks	164
FAQ: Ultra HD Blu-ray	168
Kinder: Kunst mit Fraktalen	170

## Rubriken

Editorial	3
Leserforum	10
Schlagseite	15
Story: Der Schwur von Roman Schleifer	194
Stellenmarkt	205
Inserentenverzeichnis	208
Impressum	209
Vorschau	210

Anzeige

Anzeige

# LESERFORUM

## Mehr Spaß

Editorial „Harter Return“ von Urs Mansmann über unerwünschte Werbeanrufe, c't 5/16, S. 3

Vielen Dank für den Tipp zur Rufumleitung zurück zum Absender. Ich hätte da noch zwei Verbesserungsvorschläge: Zum einen möglichst an die Durchwahl eines sinnvollen Anschlusses, beispielsweise Abteilungsleiter, Störungsannahme, Kundenreklamationen weiterleiten und zum zweiten als Dreierkonferenz schalten, dann hat man selber auch noch was von dem Spaß.

Bernhard Holzmayer

## Rechtliche Grauzone?

Interessanter Ansatz mit der Weiterleitung von unerwünschten Werbemails auf andere Nummern, aber sind Sie sich sicher, dass Sie sich da nicht in eine rechtliche Grauzone begeben? Oder gegebenenfalls andere zu etwas Illegalem ermuntern? Eine rechtliche Bewertung würde mich interessieren. Was passiert zum Beispiel, wenn jemand auf den Gedanken kommt, eine Weiterleitung zu einer anderen Firma oder Institution einzurichten, weil die anrufende keine 0800er-Nummer besitzt?

Frank Mittelbach

*Wir sehen da kein rechtliches Problem, solange die Anrufe wieder bei der Firma landen, die illegale Werbeanrufe tätigen lässt. Da heute fast jeder Festnetzanschluss eine Telefonie-Flatrate hat, sind auch Umleitungen zu normalen Festnetznummern kostenlos.*

## Uhren und Komplikationen

Apple-Notizen, c't 5/16, S. 34

Ich hoffe, dass der Kandidat keine Komplikationen entwickelt, s. S. 34, Kasten unten rechts, 1. Absatz. [Apple sucht Software-Ingenieure zum Entwerfen von Zifferblättern und neuen digitalen Uhrenkomplikaationen. die Red.]

Manfred Fröhler

*Ja, es ist schon vertrackt mit den Uhrenkomplikaationen; wir schmunzeln mit Ihnen. Man kann sich aber auch leicht ausmalen, weshalb die Feinmechaniker den Begriff einst geprägt haben: [de.wikipedia.org/wiki/Komplikation\\_\(Uhrwerk\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Komplikation_(Uhrwerk)).*

## Reizendes Band

Dreikombination, Microsoft Band 2 im Kurztest, c't 5/16, S. 53

Ich habe das Band 2 seit Januar, bestellt über Amazon.uk. Schick ist es ja – zu Anfang. Re-

lativ schnell wird das Silikonband außen unansehnlich, die Schließung hinterlässt Schleifspuren und wird schnell wackelig.

Das aufgesetzte Plastikgehäuse für die Hautsensoren hat meine Haut gerötet und auf Dauer verändert. Das Band trage ich jetzt erst mal nicht mehr, bis ich eine Idee habe, wie ich das Sensorgehäuse unterhalb der Schließung hautverträglich machen kann. Schade um das gute Stück, ansonsten hab ich es trotzdem geliebt.

S. Ziganki

## Kulanz bei G2A

Steam-Spiele vom Grabbeltisch, c't 5/16 S. 72

Zu G2A und Ubisoft: Ich war damals einer der „Geschädigten“. Fand es von Ubisoft unmöglich, ohne Vorwarnung die Spiele zu löschen. Auf der Festplatte blieben sie aber, denn als sie wieder freigeschaltet wurden, konnte ich sofort spielen. Deinstallieren konnte man sie mangels Verknüpfung aber nicht. Habe natürlich G2A gleich angeschrieben. Man teilte mir mit, ich würde mein Geld wiederbekommen, müsse mich aber gedulden, denn erst kämen Shield-Kunden dran. Bevor mein Fall dann weiterbearbeitet wurde, ist Ubisoft zurückgerudert. Ich teilte dies dem Support mit, das alles okay ist. Der Support bedankte sich bei mir und entschädigte mich mit einem 5-Euro-Gutschein

Ich denke, G2A hätte das Geld zurück gezahlt. Ich muss auch sagen, dass der Support zwar nicht der schnellste ist, aber bei anderen Problemen immer eine gute Lösung offeriert wurde.

Große Publisher sind selbst schuld, wenn man 60 Euro für ein Spiel (teilweise gespickt mit Bugs) verlangt, ist es klar, dass sich die

Leute nach Alternativen umschauen. Wäre der Preis bei 20 bis 40 Euro (je nach Spiel), würde es weniger Key-Seiten geben und die Publisher im Endeffekt wahrscheinlich mehr verdienen.

Tobias Vogl

## Winkelabhängigkeit

4K-Riesen, c't 5/16 S. 94

In Ihrem Artikel schreiben Sie im Text, dass VA-Panels in Sachen Winkelabhängigkeit üblicherweise nicht so gut abschneiden wie IPS-Panels. Wenn ich die runden Diagramme in der Tabelle so anschau, verstehe ich das nicht. Die Diagramme der VA-Panels haben doch einen deutlich höheren Pinkanteil in der Mitte, sowohl im eingeschränkten als auch im erweiterten Sichtfeld.

Zudem liegt der 40-Grad-Kreis bei den VA-Panels noch komplett im pinken Bereich, während bei den IPS-Panels der 40-Grad-Kreis schon durch den gelben Bereich läuft. Wie passt das mit der obigen Aussage zusammen? Könnten Sie das vielleicht kurz erklären?

Sven Krauß

*Die Bilder in der Tabelle stellen ausschließlich die Winkelabhängigkeit des Kontrastes dar. Wenn es um den maximalen Kontrast geht, übertrumpfen VA-Panels die IPS-Schirme locker, weshalb der Pink-Anteil in den Bildern sehr hoch ist.*

*Doch bei vielen VA-Displays treten größere Änderungen der Farbsättigung auf als bei IPS-Geräten. Zudem ändert sich bei der Anzeige von Helligkeits- und Grauverläufen das Gamma beim Blick von der Seite stärker. In der Summe wiesen die IPS-Monitore deshalb eine geringere Winkelabhängigkeit auf.*

## Bitte einen Bauvorschlag!

Jetzt auch Server sparsam, c't 5/16, S. 100

Wäre es möglich einen Bauvorschlag für einen 9-Watt-Server mit ECC-RAM zu veröffentlichen? Ich möchte Openmediavault mit dem ZFS-Plug-in nutzen. Das Fujitsu D3417-B mit C236 scheint ideal. Aber der Teufel steckt bei den Komponenten im Detail. Boot und System von einer M.2-SSD und dann bis zu 6 NAS-Festplatten. Im Vollausbau sollte der Server dann um die 12 bis 13 Watt im Leerlauf liegen mit den Disks im Spindown. Das wäre sogar besser als mein jetziger Haswell-Server mit dem stromsparenden Intel DH87RL, der aber kein ZFS mit ECC kann.

Thomas Hötzel



**Sagen Sie uns  
IHRE MEINUNG!**

**LESERBRIEFE:**  
bitte an [redaktion@ct.de](mailto:redaktion@ct.de).

**IN DEN SOZIALEN MEDIEN:**



Sie finden uns  
bei Facebook,  
Google+ und Twitter  
als c't magazin.

Die Redaktion behält sich vor,  
Zuschriften gekürzt zu veröffentlichen.  
Antworten sind kursiv gesetzt.



Anzeige

*Wir tüfteln an einem sparsamen Server, brauchen aber noch einige Zeit. Ihre Schätzung von 13 Watt für ein System mit sechs geparkten 3,5-Zoll-Festplatten halte ich dabei für zu optimistisch. Viele Hinweise finden Sie in c't 2/14 ab Seite 116.*

## Docker unter Linux Mint

Warenverkehr, Container mit Docker bauen, umschlagen und betreiben, c't 5/16, S. 112

Ich habe gestern Abend die Befehle zur Docker-Einrichtung aus dem Artikel auf einem Linux Mint 17.2 „Rafaela“ ausprobiert. Dabei gab es bei der Installation von docker.io zwei Stolpersteine. Anscheinend werden bei Linux Mint nicht alle benötigten Pakete mit installiert. Abhilfe schuf bei mir:

```
sudo apt-get install cgroup-lite apparmor
```

Danach verlief alles, wie in dem Artikel beschrieben, ohne weitere Probleme.

E. W. auf ct.de

## c't vs. Rechenzentrum: 1:0

Herunterladehemmung, Windows 7: Windows Update Beine machen, c't 5/16, S. 148

1001 Mal danke für Ihren Artikel in der aktuellen Ausgabe der c't zum Thema Updates bei Windows 7. Updates waren für mich lange unmöglich. Ich habe hier zwar ein ganzes Rechenzentrum hinter mir, aber helfen konnte da keiner. Nun läuft die Kiste wieder, wie sie soll.

Prof. Dr. Jörg Lisson

## Just In Time

Vielen Dank für diesen sehr hilfreichen Beitrag, der absolut zur richtigen Zeit zur Verfügung stand. Die Probleme mit der Wartezeit auf die gefühlten 500 Updates nach einer Neuinstallation sind bei mir regelmäßig nachvollziehbar. Dank Ihres Artikels läuft dieses Prozedere nun wenigstens zügig hintereinander ab. Der ständige Neustart unter Windows ist ja schon nervig genug.

Bitte fügen Sie doch noch die 64-Bit-Variante des KB947821-Updates Ihrer Linksammlung hinzu. Im Moment findet man nur die 32-Bit-Variante, die dann naturgemäß vom 64-Bit-System abgelehnt wird.

Frank Born

*Die Links wurden bereits auf den neuesten Stand gebracht.*

## Balsam auf der Seele

Das Notebook des Grauens, Fallstudie: Laptop mit Hardware-Defekt – was tun?, c't 5/16, S. 146

Ihr Artikel Notebook des Grauens hat mir das Wochenende gerettet. Das Leid ist mir als 24/7-Familien-IT-Sofortservice-Admin wohl bekannt, insofern waren Ihre Worte Balsam auf meiner Seele und gaben mir das Gefühl, nicht allein zu sein – danke!

## In eigener Sache

### c't-Digital- und Plus-Abo jetzt auch immer mit PDF-Dateien

Alle Abonnenten, die c't im Digital- oder Plus-Abo lesen, können nun auch ohne weitere Kosten die jeweils aktuelle c't als PDF herunterladen und auf dem Gerät ihrer Wahl lesen. Das PDF ist zu finden im jeweiligen Kundenkonto unter <https://shop.heise.de/customer/account/login>.

Ganz neu ist das reine PDF-Abo ohne Print und App für 3,80 Euro pro Heft: [shop.heise.de/katalog/ct-pdf-abo](https://shop.heise.de/katalog/ct-pdf-abo)

(Anmerkung: Lustig finde ich auch, dass mir im Familienkreis immer wieder gesagt wird, ich solle nicht so viel für die anderen tun, sondern die lieber eine PC-Werkstatt bestellen lassen. Außer wenn sie selber Probleme haben, versteht sich.)

Christoph Jürgens

## Paypals Zwangskonten

Nach Schema P, Paypal-Kunde wider Willen, c't 4/16 S. 68

Seit Jahren habe ich meiner Meinung nach keine, nach Meinung von Paypal vier Konten. Allesamt sind durch Zahlungen bei eBay „eröffnet“ worden. Die E-Mails mit „nur noch zwei Schritte zu Ihrem Paypal Konto“ habe ich ebenso ignoriert wie die zahlreichen Mails mit den Betreff „Paypal AGB haben sich geändert“ und „Paypal vermisst Sie“ und Ähnlichem. Insgesamt 55 Mails. Mein Kontakt zum Kundenservice führte immer zum gleichen Ergebnis: Bitte vervollständigen Sie Ihre Daten, dann können Sie Ihr Konto löschen“. Mein Verweis, dass ich das nicht tun werde, weil ich kein Konto eröffnet habe und das auch zwecks Kündigung nicht tun werde, wird seitens Paypal ignoriert.

Matthias Hillebrand

## Milchmädchenrechnung

Zum Leserbrief „Blackouts im Grünen“, c't 4/16, S. 8

Ich kann die Darstellung des Lesers Dr. Schindler nicht unwidersprochen lassen. Er rechnet aus, dass das Laden von Elektroautos am heimischen Stromanschluss wegen Netzüberlastung zum Blackout führen muss.

Die Rechnung, die hier aufgemacht wird, ist vom Stamme der berühmten Milchmädchen. Zu den Fakten: Einfamilienhäuser sind üblicherweise mit  $3 \times 63$  A abgesichert (nicht  $3 \times 30$  A), das wären 43 kW.

Ein Elektroauto an der Ladesteckdose zieht im Standardladevorgang nicht mehr Strom als eine Kaffeemaschine, ein Staubsauger oder eine Herdplatte. Im Maximalfall sind

das 3,7 kW. Selbst bei einem häuslichen Schnellladeanschluss mit 22 kW (dann ist das Auto meist in einer Stunde voll) zieht das Laden nicht mehr Strom als ein elektrischer Durchlauferhitzer. Geht bei Ihnen das Licht aus, wenn Ihr Nachbar duscht, der vielleicht sein Warmwasser elektrisch erzeugt?

Natürlich bedeutet Elektromobilität eine Anforderung an die Stromnetze. Aber man muss ja nicht zu Hause laden, viele (gerade in Mehrfamilienhäusern) können das gar nicht ohne Weiteres. Das öffentlich zugängliche Ladenetz ist schon relativ gut ausgebaut. Schauen Sie doch einmal bei „going-electric.de/stromtankstellen/“ vorbei.

So, wie man Benzin tankt, kann man auch Strom tanken. Zugegeben, es dauert etwas länger – aber auch nur, wenn der Akku komplett leer an die Ladesäule geht. Vielfach ist das Stromtanken sogar umsonst. Vielleicht müssen auch die Arbeitgeber in Zukunft Lademöglichkeiten anbieten. Fragen Sie doch mal nach! Nur wenn viele danach fragen, passiert etwas. Ja, die Infrastruktur muss sich anpassen. Das tut sie aber nur, wenn Elektromobilität gelebt wird. Durch Abwarten und Jammern über die schwache letzte Meile wird sich nichts verbessern.

Dr. Volker Jentzen

## Ergänzungen & Berichtigungen

### Untertitel bei Amazon Video

Video total, Flatrate statt Fernsehen, c't 4/16, S. 102

Die Angabe in der Tabelle auf Seite 106, wonach Amazon Video keine Untertitel biete, ist falsch. Tatsächlich sind bei dem Dienst Untertitel regelmäßig verfügbar – allerdings nicht auf jeder Geräteart, zum Beispiel nicht auf einigen TV-Modellen.

### Pantry-Boxen müssen nicht voll sein

Amazon schnappt sich alles, c't 4/16, S. 86

Anders als im Artikel dargestellt, müssen Amazon-Pantry-Boxen nicht voll sein, bevor sie zugestellt werden. Für eine Versandkostenpauschale von 4,99 Euro pro Box können Prime-Mitglieder so wenig Produkte kaufen, wie sie möchten.

### Ableton Live: Spuranzahl, Version 9.6

In der Endlosschleife, Die Digital Audio Workstations Ableton Live 9.5 und Bitwig Studio 1.3, c't 4/16, S. 130

In der Tabelle auf Seite 133 wurden in der Zeile „Insert Effekte/Aux-Kanäle“ die Zuordnungen vertauscht: Ableton Live hat unbegrenzt viele Slots für Insert Effekte und 12 Aux-Kanäle. Inzwischen ist die Version 9.6 von Ableton Live erschienen, die das Link-Protokoll zur Synchronisation mit Musik-Apps nun offiziell einführt.

Anzeige

Anzeige





Achim Barczok

# Ausbaufähig

Samsung Galaxy S7, LG G5 und neue Smartphones von HP, Sony, Xiaomi und Co.

Das LG G5 lässt sich über Hardware-Module erweitern, das Samsung Galaxy S7 ist wasserdicht und das Sony Xperia X aus Metall. Während die etablierten Smartphone-Hersteller ihre Smartphones immer schicker und praktischer machen, locken neue Konkurrenten mit günstigen Preisen.

**L**G oder Samsung? Auf dem Mobile World Congress in Barcelona stritten sich in diesem Jahr zwei koreanische Unternehmen um den Titel „Bestes Android-Smartphone“. Das Samsung Galaxy S7 und das LG G5 sind High-End-Geräte mit Top-Hardware und interessanten Funktionen, könnten aber unterschiedlicher kaum sein. Beim Galaxy S7 hat Samsung eine gelungene Smartphone-Serie fürs jährliche Hardware-Update an vielen kleinen Stellen verbessert. Mit dem G5 erfindet LG seine Flaggschiff-Serie neu: Das ist innovativer, aber auch riskanter.

Das Samsung Galaxy S7 gibt es in zwei Versionen: Das „normale“ S7 hat ein AMOLED-Display mit 5,1 Zoll und sieht dem Vorgänger S6 extrem ähnlich – etwas dünner ist es geworden und die zu den Seiten hin abgerundete Rückseite liegt besser in der Hand. Das Phablet Galaxy S7 Edge hat eine ähnliche Design-Sprache, ist mit dem 5,5-Zoll-AMOLED-Display aber ein ganzes Stück größer und hat außerdem die leicht gebogenen Display-Kanten auf der Vorderseite, die man aus der Edge-Serie kennt. Beide lösen mit 2560 × 1440 Bildpunkten extrem hoch auf und blenden auch im Standby-

Modus unter anderem Uhrzeit und Benachrichtigungen ein. Einen Stift gibt es weiterhin nicht – er ist der Note-Serie von Samsung vorbehalten.

Hatte Samsung in den vergangenen Jahren noch versucht, der Konkurrenz mit technischen Spielereien und Innovationen voranzukommen, so geht das koreanische Unternehmen in diesem Jahr eher kleine Schritte und verbessert das Galaxy S6 behutsam. Zum einen kehrt im Galaxy S7 der MicroSD-Slot zurück, zum anderen ist das Gehäuse wasserdicht nach IP68. Weiterhin setzt Samsung auf einen üblichen Micro-USB-Anschluss und verzichtet anders als die meisten anderen Hersteller auf den Wechsel zu USB Typ C – so bleiben die neuen Modelle kompatibel mit der bereits erhältlichen VR-Brille Gear VR.

In den europäischen Modellen steckt ein von Samsung entwickelter Exynos-Prozessor der 8er-Serie mit acht Kernen, dessen CPU und GPU deutlich leistungsfähiger sein sollen als die im Vorgänger. Dazu kommen 4 GByte RAM und schnelles LTE (Cat 9, 100 MBit/s im Downlink) sowie eine optimierte 12-Megapixel-Kamera, die vor allem

flotter auslösen und bessere Fotos bei schlechten Lichtverhältnissen machen soll. Ab 11. März ist das Galaxy S7 für 700 Euro, das S7 Edge für 800 Euro erhältlich.

## LG G5: Module und Doppelkamera

Deutlich experimentierfreudiger gibt sich LG: Das LG G5 bietet außer den überarbeiteten Hardware-Innereien mit schnellerem Snapdragon 820 und 4 statt 3 GByte RAM vor allem ein neuartiges Erweiterungskonzept und eine Doppelkamera auf der Rückseite. Für das „Magic Slot“ genannte Modulsystem lässt sich die komplette Unterseiten-Leiste mit USB-Typ-C-Anschluss abnehmen und gemeinsam mit dem Akku herausziehen. Über diese Öffnung kann man verschiedene, mit dem Akku kombinierte Module anstecken. LG hat bisher zwei vorgestellt: Das eine vereint einen Zusatz-Akku und mechanische Tasten fürs Zoomen und Auslösen der Kamera in einem praktischen Kameragriff, das andere soll per eingebautem Verstärker für eine Verbesserung der Klangqualität über den Audioausgang sorgen. Das Modul-API will LG für andere Hardware-Hersteller öffnen. Als Zubehör für das G5 verkauft LG außerdem eine VR-Brille mit eigenem Display.

Auf der Rückseite wird die Hauptkamera mit 16 Megapixeln um eine Weitwinkelkamera (135 Grad) mit 8 Megapixeln ergänzt, die einen größeren Bildausschnitt erfasst und sich so für weitwinklige Panorama-Fotos eignet. Das hochauflösende 5,3-Zoll-IPS-Display (554 dpi, 2560 × 1440 Punkte) vom G5 zeigt wie das des Galaxy S7 Zusatz-Infos im Standby-Modus an. Das ist für ein IPS-Panel ungewöhnlich, da solche Einblendungen technisch bedingt bisher auf IPS-LCDs sehr stromhungrig sind; LG will den Stromverbrauch aber mit 0,3 bis 0,8 Prozent der Akkukapazität pro Stunde sehr niedrig gehalten haben.

Auch die übrige Ausstattung kann sich sehen lassen: Dem Qualcomm Snapdragon 820 stehen 4 GByte RAM und 32 GByte Flash-Speicher zur Seite – wie das S7 hat das G5 einen microSD-Slot. Das LG G5 soll im April in den Handel kommen; einen offiziellen Preis nannte das Unternehmen noch nicht, er dürfte aber wie beim S7 ungefähr bei 700 Euro liegen. Auch für die Erweiterungsmodule und die VR-Brille sind noch keine Preise bekannt.

## Smartphone für Büro oder Baustelle?

Microsoft hatte schon vor einigen Wochen ein neues Mittelklasse-Modell mit Windows



Das Samsung Galaxy S7 (oben) hat ein wasserdichtes Gehäuse, einen MicroSD-Slot und in der Edge-Variante ein gebogenes Display (unten).



10 Mobile präsentiert, jetzt ziehen viele Partner mit ihren Windows-Smartphones nach. Neue Maßstäbe könnte dabei das HP Elite x3 setzen, das in puncto Hardware selbst Microsofts Spitzenmodell Lumia 950 in den Schatten stellt. Es richtet sich vor allem an Businesskunden: Mittels „Mobile Extender“, einer Art Notebook-Gehäuse mit 12,5 Zoll Display, lässt es sich zur Arbeitsstation ausbauen. Der Clou: Auf dem angeschlossenen Notebook-Display können auch ganz normale x86-Anwendungen für den Desktop-Modus gestartet werden (Details siehe S. 18). Das geht mit dem für alle Windows-Smartphones verfügbaren Desktop-Modus Continuum nicht, der nur dedizierte Windows-10-Mobile-Apps anzeigt.

Auch Panasonic verkauft sein neues Smartphone mit Windows 10 Mobile, allerdings ist es eher für die Baustelle als fürs Büro gedacht. Das Toughpad FZ-F1 soll auch Stürze aus 1,8 Metern schadlos überstehen und ist wasser- und staubgeschützt nach IP67. Auf der Rückseite ist ein Barcode-Scanner eingebaut, drin steckt der Qualcomm-Quadcore Snapdragon 801 mit 2 GByte RAM und 15 GByte Speicher, der 3200-mAh-Akku soll für sehr lange Laufzeiten sorgen. Panasonic will das FZ-F1 für 2083 Euro ab September auf den Markt bringen, eine Android-Variante (Version 5.1.1) mit sonst baugleicher Hardware gibt es für 2041 Euro im Juni.

Das Ruggedized Smartphone Cat S60 von Caterpillar ist mit 650 Euro deutlich günstiger und kommt in den nächsten Monaten in den Handel. Es ist ebenfalls geschützt gegen Stürze und überlebt Tauchgänge bis zu 5 Metern. Seine Besonderheit: Unterhalb der normalen Smartphone-Kamera ist eine Wärmebildkamera eingebaut, mit der man beispielsweise Heizungsrohre, Klimaanlage

und andere Hitze- oder Kältequellen aufspürt. Auf den Fotos kann man mit einem Schieberegler zwischen dem richtigen Foto und dem Wärmebild hin- und wechseln. Das 4,7-Zoll-Smartphone ist sowohl in puncto Hardware als auch Software ordentlich ausgestattet, installiert ist das aktuelle Android 6.0.

### Modellpflege von Sony, Konkurrenz aus China

Kaum ist das Sony Xperia Z5 ein paar Monate auf dem Markt, schon stellt das japanische Unternehmen seine Top-Serie wieder komplett um. Das neue Spitzenmodell heißt jetzt Xperia X und ist nicht mehr ganz so Spitze: Das 600-Euro-Smartphone mit Metallrückseite hat nur einen Mittelklasse-Prozessor mit sechs Kernen eingebaut und das 5-Zoll-Display löst mit Full HD auf – da sind Samsung und LG weiter. Die Low-Budget-Variante Xperia XA kostet mit 300 Euro zwar nur halb so viel, hat aber auch weniger Ausstattung: Das 5-Zoll-Display hat nur 1280 × 720 Bildpunkte und im Smartphone stecken ein schwächerer Prozessor und eine schlechtere Kamera. Die Compact-Variante des Z5 mit kleinerem Display, aber satter Ausstattung fällt dagegen künftig weg. Richtig High-End bietet die Variante Xperia X Performance mit dem Snapdragon 820 – sie wird aber in Deutschland nicht erhältlich sein.

Wo Sony schwächelt, drängen andere in den Markt: Der chinesische Hersteller Xiaomi könnte sein neues Spitzenmodell erstmals auch direkt in Deutschland vermarkten. Zum Start ist es im März aber nur in China erhältlich. Es kostet je nach Modell mit 275 bis 375 Euro in etwa so viel wie das Xperia X, hat aber ein Full-HD-Display, den leistungs-



Das LG G5 lässt sich auseinanderbauen. So kann man zusätzliche Hardware-Module andocken.

fähigen Snapdragon 820 und auch sonst eine üppige Ausstattung. Noch günstiger ist das Obi MV1 mit Preisen ab 140 US-Dollar zu haben. Das von Ex-Apple-CEO John Sculley gegründete Obi Worldphone aus den USA hatte bisher vor allem neue Märkte wie Indien oder den nahen Osten im Blick: Das MV1 mit Snapdragon 212, Dual-SIM, 16 GByte erweiterbarem Speicher und wahlweise Android oder Cyanogen OS soll aber ab April auch in Europa verkauft werden.

(acb@ct.de)

ct Videos vom Samsung Galaxy S7, LG G5 und anderen Smartphones: [ct.de/y3ca](http://ct.de/y3ca)

## Smartphones 2016

Modell	Caterpillar Cat S60	HP Elite x3	LG G5	Obi MV1	Panasonic FZ-F1 / FZ-N1	Samsung Galaxy S7 / S7 Edge	Sony Xperia X	Xiaomi Mi5
								
Betriebssystem	Android 6.0	Windows 10 Mobile	Android 6.0	Android 5.1.1 od. Cyanogen OS 12.1	Android 5.1.1 (FZ-N1) od. Windows 10 Mobile (FZ-F1)	Android 6.0	Android 6.0	Android 6.0 mit MIUI
Display / CPU	4,7 Zoll, IPS-LCD, 1280 × 720 / Octa-Core Snapdragon 617	6 Zoll, IPS-LCD, 2560 × 1440 / Octa-Core Snapdragon 820	5,3 Zoll, IPS-LCD, 2560 × 1440 / Octa-Core Snapdragon 820	5 Zoll, IPS-LCD, 1280 × 720 / Quad-Core Snapdragon 212	4,7 Zoll, IPS-LCD, 1280 × 720 / Quad-Core Snapdragon	S7: 5,1 Zoll, S7 Edge: 5,5 Zoll, AMOLED, 2560 × 1440 / Octa-Core Exynos 8890	5 Zoll, IPS-LCD, 1920 × 1080 / Octa-Core Snapdragon 650	5,2 Zoll, IPS-LCD, 1920 × 1080 / Octa-Core Snapdragon 820
Besonderheiten	ruggedized, wasserdicht bis 5 m, Wärmebildkamera	Notebook-Gehäuse als Erweiterung, Dual-SIM	Modulsystem für Hardware-Erweiterungen, Dual-Kamera mit Weitwinkelobjektiv, Quick Charge, Wechselakku	–	ruggedized, geschützt nach IP67, Barcode-Scanner, Wechselakku	geschützt nach IP68, Quick Charge, S7 Edge: gebogenes Display	–	Quick Charge
Preis	ca. 650 €	k. A.	k. A.	ab 140 US-Dollar	FZ-F1: 2083 €, FZ-N1: 2041 €	700 € (S7), 800 € (S7 Edge)	600 €	ab 275 €
erhältlich ab	in den nächsten Monaten	Juni	April	April	FZ-F1: September, FZ-N1: Juni	11. März	Mai	unbekannt
✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe								

Alexander Spier

# PC-Smartphones

## Smartphones und Tablets wollen Notebook und PC ersetzen

Mehrere Hersteller versuchen sich daran, Funktionsumfang und Softwareangebot eines PCs mit der Einfachheit eines Smartphones zu kombinieren. Intel packt Debian Linux und Android auf ein 100-Dollar-Smartphone. HP lässt PC-Anwendungen in der Cloud laufen und macht das Handy zum Notebook.

Auf seinem High-End-Smartphone Elite x3 erweitert HP die Continuum-Features von Windows 10 Mobile deutlich: Zusätzlich zur bereits von anderen Windows-Geräten bekannten Docking-Station gibt es bei HP ein Notebook-Dock. In diesem „Mobile Extender“ stecken 12,5-Zoll-Display, Tastatur und ein Akku; die Rechenleistung kommt jedoch komplett aus dem Smartphone. Dank Continuum zeigt der große Schirm die Desktop-Ansicht von Windows 10 Mobile. Angepasste Universal-Apps wie das vorinstallierte Office laufen darauf im Fenster.

Über einen Trick führt das Elite x3 auch x86-Software und klassische Desktop-Apps aus, die nicht für Windows 10 Mobile entwickelt wurden: Über die App HP Workspace spricht das Smartphone virtuelle Maschinen auf entfernten Rechnern oder Cloud-Servern an, auf denen die Anwendung läuft.

Von der Leistung her liegt das Smartphone auf Augenhöhe mit den Android-Flaggschiffen: Qualcomm Snapdragon 820 mit vier Kernen, 4 GByte Arbeitsspeicher, 6-Zoll-Display mit QHD-Auflösung (2560 × 1440 Pixel), Schutz vor eindringendem Wasser (IP67), Fingerabdruckscanner und Iris-Erkennung machen das Elite x3 zu einem echten High-End-Gerät. Es soll sogar Stürze aus einem Meter schadlos überstehen.

Der Mobile Extender soll weniger als ein Kilogramm wiegen und einen 48-Wh-Akku haben. An das Smartphone wird der Notebook-Ersatz über USB-Typ-C angebunden (mit USB-3.0-Geschwindigkeit) oder drahtlos über 11ac-WLAN. Einen Einschub für das Smartphone sieht der Extender nicht vor: Im Idealfall bleibt das Smartphone einfach in der Jackentasche, während man mit dem Notebook-Ersatz arbeitet.

Das Elite x3 soll im Sommer auf den Markt kommen; Preise will HP bisher nicht nennen. Sie dürften aber ähnlich hoch liegen wie bei den anderen High-End-Smartphones, also deutlich über 600 Euro. Für Privatkunden ist das Gerät ausdrücklich nicht gedacht: Business-Kunden sollen das Gerät mit Mobile Extender als Komplettlösung kaufen.

### Intel Smartphone mit Linux und Android

Intel hat eine deutlich günstigere Variante desselben Konzepts entwickelt: ein Smartphone mit Atom-x3-Prozessor, auf dem Android und Debian Linux gleichzeitig laufen. Ohne externen Bildschirm verhält es sich wie ein normales Android-Gerät. Wird das Smartphone über HDMI an einen großen Monitor angeschlossen, erscheint dort ein vollwertiges

Desktop-System. Dem Hersteller zufolge ist das Smartphone produktionsreif und könnte von Partnerunternehmen für unter 100 Euro ausgeliefert werden. Allerdings gibt es bisher keinen Anbieter, der das Smartphone vermarktet.

Theoretisch startet auf dem Desktop jede Linux-Anwendung, die sich mit dem Intel Atom x3 und den 2 GByte RAM arrangiert. Debian führt Programme parallel und in verschiebbaren Fenstern aus. Android bleibt dabei aktiv: So kann man die Android-Oberfläche auch auf dem großen Monitor einblenden und mit Maus und Tastatur steuern. Android-Apps laufen wie gewohnt; der Anwender kann sowohl telefonieren als auch über WhatsApp Nachrichten austauschen. Der Übergang zum Linux ist nahtlos: Desktop-Fenster lassen sich über die Android-Fläche legen und Daten zwischen den Systemen verschieben.

Tatsächlich schirmt Intel die beiden Systeme nicht vollständig voneinander ab; so teilen sie sich etwa den Linux-Kernel. Auch greifen beide auf dasselbe Dateisystem zu, was den Datenaustausch erleichtert.

### Tablet mit Touch-Ubuntu

Canonical und Geräte-Hersteller BQ haben auf dem MWC zusammen das erste Tablet mit vorinstalliertem Ubuntu gezeigt. Das Linux auf dem 10-Zoll-Tablet BQ Aquaris M10 Ubuntu Edition läuft mit einer auf Touch-Steuerung optimierten Oberfläche. Der Tablet-Modus stellt große, leicht zu treffende Buttons bereit, ein reduziertes Design und Anwendungen, die alle im Vollbild laufen. Das entspricht der Ansicht auf dem bereits verfügbaren Ubuntu Smartphone.

Die Touch-Oberfläche wurde nicht an den größeren Tablet-Bildschirm angepasst: Alle Apps skalieren zwar auf die 10-Zoll-Diagonale hoch, doch dabei bleibt viel Raum ungenutzt. Außerdem funktionieren nur die wenigsten Apps im Hochformat.

Schließt man Maus und Tastatur an, wechselt das System in die Desktop-Ansicht von Ubuntu. Dann laufen sowohl Ubuntu-Programme als auch die Touch-Apps in verschiebbaren Fenstern. Prinzipiell läuft jede App auf dem Ubuntu-Tablet, die für ARM kompiliert wurde.

Im Tablet arbeitet eine Quad-Core-CPU MT8163A mit 1,5 GHz; als Arbeitsspeicher müssen 2 GByte genügen. Der 10,1 Zoll große Bildschirm bietet eine Auflösung von 1920 × 1200 Pixeln. Das Gerät soll im zweiten Quartal erscheinen; ein Preis steht bislang nicht fest. Er wird sich aber wohl an der Android-Version des Aquaris M10 orientieren, die rund 270 Euro kostet. (asp@ct.de)



Das Windows-Smartphone HP Elite x3 ist dank Continuum-Funktion und virtuellen Windows-Anwendungen vielseitig einsetzbar.

## Desktop-Android Remix OS: Betaversion und erste PC-Prototypen

Der Software-Hersteller Jide hat die erste Betaversion von Remix OS angekündigt, seinem Android-Abkömmling für PC-Systeme. Remix OS ergänzt Android um eine App-Leiste und eine Fenster-Oberfläche samt Maussteuerung. Die Beta soll kostenlos heruntergeladen werden können. Die neue Version kann sich automatisch „Over the Air“ aktualisieren – im Unterschied zur Alpha verliert man bei einem Update nicht mehr alle Daten.

Das System lässt sich nun auch auf älteren PCs mit x86-Prozessoren installieren. Die Dual-Boot-Funktion des neuen Installers ermöglicht es, Remix OS 2.0 neben dem vorhandenen Betriebssystem zu installieren und beim Hochfahren des PC zwischen beiden Systemen zu wählen. Dabei unterstützt Remix OS auch PCs mit UEFI-BIOS.

Allerdings fehlt auch der Beta-Version der Play Store; Anwender müssen Apps also per Sideload „von Hand“ installieren. Jide hat von Google noch keine Genehmigung erhalten, die Play Services und den Play Store in Remix OS zu integrieren. Wie bei Custom ROMs muss man sie derzeit in Form des GApps-Pakets nachinstallieren.

Google sorgt sich um eine konsistente „user experience“ auf allen Android-Geräten, erklärten Jide-Verantwortliche gegenüber c't

auf dem Mobile World Congress. Bei Remix OS-Devices ohne Touch-Bedienung sei sich Google nicht so sicher, dass diese Vorgabe eingehalten wird. Jide stehe aber in engem Dialog mit Google und ist zuversichtlich, die Probleme auszuräumen und sein System in drei bis sechs Monaten fertigstellen zu können.

In der Industrie stößt Remix OS jedenfalls auf Interesse. So haben neben Jide zwei weitere Unternehmen Prototypen mit dem PC-Android auf dem MWC vorgestellt. Der spanische Hersteller Wolder zeigte gleich zwei Tablets. Das Nubook 11 hat ein 11,6" großes Display, enthält einen Intel-Atom-Prozessor, 2 GByte RAM, 32 GByte Speicher und einen Akku mit 8000 mAh Kapazität. Das Nubook 10 bietet einen 10,1"-Monitor und 6000 mAh Akku-Kapazität. Die Geräte sollen im Sommer für etwa

250 beziehungsweise 200 Euro auf den Markt kommen.

Auch am ARM-Stand war ein Prototyp mit Remix OS zu sehen – wohl eher eine Machbarkeitsstudie, die zeigt, dass das PC-Android auch auf ARMs Prozessorkernen Cortex-A53 und -A57 funktioniert. Ein Detail fiel beim ARM mit Remix OS auf: Dort waren bereits alle Google-Apps installiert. (jo@ct.de)

**ct** Download von Remix OS: [ct.de/y1gh](http://ct.de/y1gh)

**Auf dem Prototyp am ARM-Stand waren die Google-Apps inklusive Play Store installiert.**



Anzeige



Alexander Spier

# Tablet-Dämmerung

**Tablets mit Windows 10 und Tastatur laufen Android den Rang ab**

**Der Trend geht zu Windows-Tablets und 2-in-1-Geräten. Zwar gab es auf dem MWC 2016 wie gehabt Tablets mit Android zu sehen, doch Aufmerksamkeit zogen vor allem die Geräte mit Windows 10 auf sich.**

Das Tablet ist tot, es lebe das Tablet. Einerseits flaut das Interesse an der Kategorie merklich ab: High-End-Modelle mit Android werden seltener, Nachfolger verzögern sich oder kommen gar nicht erst. Andererseits hat fast jeder Hersteller mittlerweile ein Windows-Gerät im Angebot. Huawei, Archos oder Alcatel bringen überhaupt zum ersten Mal Tablets mit Windows. Dabei steht vermehrt die Produktivität im Vordergrund: Fast alle Hersteller legen ihren Windows-10-Tablets eine Tastatur bei.

## Windows auf dem Vormarsch

Huawei zeigte mit dem MateBook auf dem MWC sein erstes Windows-Tablet und orientiert sich wie so viele andere am Microsoft Surface Pro. Es hat ebenfalls ein 3:2-Display und optional gibt es Tastatur, präzisen Stift und Docking-Station. Nur knapp 7 Millimeter ist das Tablet dünn, für ein 12-Zoll-Tablet sind 640 Gramm zudem sehr leicht. Der Bildschirm zeigt 2160 × 1440 Pixel und soll einen deutlich größeren Farbraum als sRGB abbilden – mehr als Surface oder iPad Pro.

Es gibt Varianten mit Core m3, m5 und m7 – anders als beim Surface Pro aber keine mit leistungstärkeren Core i5/i7. Mit dem Core m7 lief das Tablet durchaus flott. Trotz der sparsamen CPUs wird die Rückseite allerdings spürbar warm. Der Akku soll rund 10 Stunden bei normalem Gebrauch halten. Dem Design sind fast alle Anschlüsse zum Opfer gefallen, nur ein USB-Typ-C-Anschluss ist vorhanden. Für den bietet Huawei eine Docking-Station für 100 Euro an. Im Einschalter ist ein Fingerabdrucksensor integriert. Gehäuse und Tastatur sollen spritzwassergeschützt sein.

Die 150 Euro teure Zusatz Tastatur dockt mit Magneten ans Tablet an und stellt das Display in 67 oder 52 Grad auf. Das Keyboard liegt angedockt nicht plan auf dem Tisch und gab beim Probe-Tippen deutlich nach. Der 70 Euro teure Stift arbeitet mit einem Digitizer im Panel, hat zwei Funktionstasten und soll 2048 Druckstufen unterscheiden. In die Stift-rückseite ist ein Laserpointer integriert.

Zwei Versionen des MateBooks sollen nach Deutschland kommen: das Elite (Core m3, 4 GByte RAM, 128 GByte Flash) für 800 Euro und das Business (Core m5, 8/256 GByte) für 1150 Euro.

## Jedem sein Surface

Deutlich günstiger wird es mit Alcatel Plus 10 und Archos 101b Cesium: Beide Tablets sind mit einem 10-Zoll-Bildschirm mit 1280 × 800

Pixeln, Intel Atom x5, 2 GByte RAM und 32 GByte Flash-Speicher ausgestattet. Das reicht für einfache Office-Aufgaben und Leistung auf Netbook-Niveau. Beide haben vergleichsweise viele Anschlüsse: Eine normalgroße USB-3.0-Buchse, Micro-USB-Anschluss zum Laden und Micro-HDMI für einen externen Monitor.

Archos baut an die Rückseite seines Tablets eine in zwei Stufen verstellbare Aluminiumklappe, mit der das Gerät auf dem Tisch stehen kann. Alcatel punktet dagegen mit in das Keyboard-Dock integriertem LTE-Mobilfunk



**Auch Huawei hat mit dem MateBook nun ein Windows-Tablet mit Stift und Tastatur im Angebot. Es soll vor allem durch geringes Gewicht und ein dünnes Gehäuse überzeugen.**

und Zusatzakku. Das Dock kann als WLAN-Hotspot die Mobilfunkverbindung auch an andere Geräte weitergeben. Das Alcatel Plus 10 soll ab Juni verkauft werden, ein Preis steht noch nicht fest. Archos peilt einen Preis unter 300 Euro an, nennt aber kein Lieferdatum.

Auch Lenovo schlägt mit dem Miix 310 für 230 US-Dollar (vor Steuern) in die gleiche günstige Kerbe, hier gibt es ebenfalls eine abnehmbare Tastatur zum gleichermaßen mit Atom x5 ausgestatteten Windows-Tablet dazu. Der Bildschirm zeigt mit 1920 × 1080 aber deutlich mehr Pixel als die Konkurrenz von Archos und

Alcatel. Auf Wunsch kann das Gerät mit LTE, bis zu 4 GByte RAM und 128 GByte internem eMMC-Speicher geordert werden.

## Android, aber günstig

Viele günstige Android-Tablets, einige schon für unter 100 Euro, sind für den Sommer angekündigt. Archos zeigte auf dem MWC drei Tablets mit 7, 8 und 10 Zoll großem Full-HD-Display (1920 × 1200) sowie aktuellem Android 6.0. Das kleine Archos 70 Oxygen soll trotzdem nur 100 Euro kosten, auch 80 Oxygen und 101b Oxygen sind mit 150 und 180 Euro vergleichsweise günstig. Drin steckt jeweils ein MediaTek-Chip mit vier Kernen (1,3 GHz) und 2 GByte RAM. Über einen MicroSD-Slot können die 16 GByte interner Speicher erweitert werden. Alle drei Tablets stecken in einem Aluminiumgehäuse.

Ebenfalls am unteren Ende der Preisskala liegen Lenovo Tab3 7 (90 Euro) und Tab3 8 (150 Euro). Sie haben jedoch nur noch 1 GHz Quad-Core-CPU und 1 GByte RAM. Die Displays lösen mit mageren 1024 × 600 und 1280 × 800 Pixeln auf. Beim Klang sollen sie mit Unterstützung für Dolby Atmos punkten. Optional gibt es beide Geräte mit LTE.

Für mindestens 200 US-Dollar deutlich besser ausgestattet ist das Lenovo Tab3 10 Business mit Full-HD-Display. Das ist wie die anderen beiden Geräte spritzwassergeschützt, hat aber einen schnelleren Prozessor und je nach Variante 2 oder 3 GByte RAM. Der interne Speicher fasst 32 oder 64 GByte. Eine LTE-Version gibt es für 50 Dollar mehr.

Auch die Lenovo-Geräte laufen bereits mit Android 6.0.

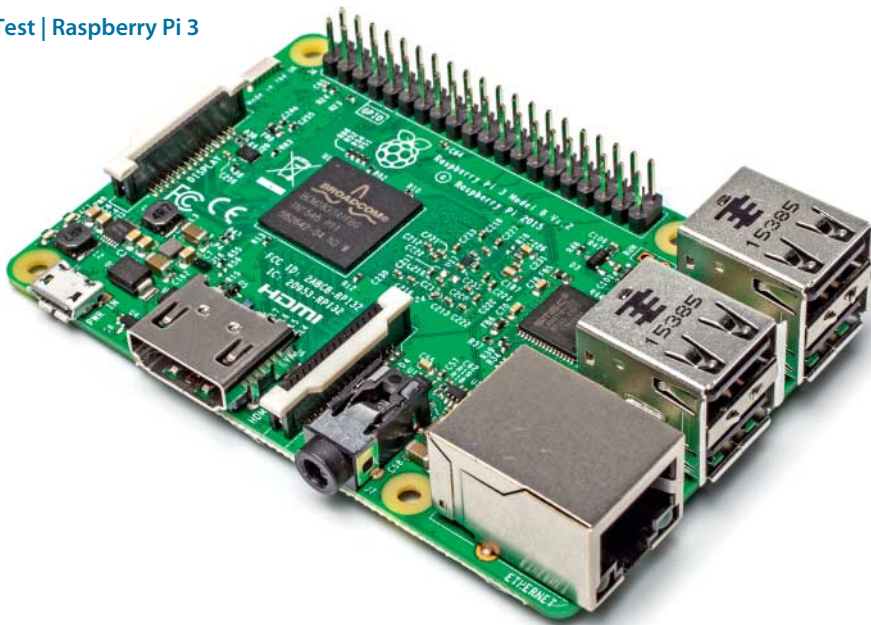
## Beamer-Tablet

Kurios mutet das ZTE Spro Plus an, eine Mischung aus Android-Tablet und kompaktem Beamer. In das 2,5 cm dicke Gehäuse baut ZTE ein schickes, 8,4 Zoll großes AMOLED-Display, den schnellen Qualcomm Snapdragon 801 und 3 GByte RAM ein. Dazu kommen ein 500 Lumen heller Laser-Projektor mit 1280 × 800 Pixeln und zwei 4-Watt-Lautsprecher. Zwei Lüfter an der Seite transportieren die Wärme des Beamers ab. Den Energiehunger stillt ein dicker 12 100-mAh-Akku. Ein Stativgewinde und ein Klappfuß helfen beim richtigen Aufstellen. Bei 2,4 Meter Wandabstand soll der Beamer ein 2 Meter großes Bild erzeugen. Auf den Markt soll das Tablet im Sommer kommen, ein Preis ist bislang nicht bekannt. (asp@ct.de)



**Das ZTE Spro Plus vereint ein schnelles Android-Tablet mit einem mobilen Beamer und wird durch Lüfter gekühlt. Ein großer Akku soll den Beamer für den Einsatz unterwegs fit machen.**

Anzeige



Ingo T. Storm

# Geburtstagsgeschenk

## Raspberry Pi 3 mit ARMv8, WLAN und Bluetooth

Am 29. Februar hatte die Raspberry Pi Foundation Grund zum Feiern: Der Raspi wurde 4 Jahre alt. Ein guter Anlass, den Raspi 3 herauszubringen.

Sämtliche Konkurrenzplattformen wie Banana Pi, Cubietruck, Odroid und Co. haben inzwischen mehr CPU-Power, mehr Speicher, mehr Anschlüsse und meistens auch eine kräftigere Grafikeinheit zu bieten als der Raspberry Pi. Sie sind aber auch teurer.

Und keiner der Konkurrenten hat eine so gut funktionierende Community und eine so gute Software-Versorgung wie der Raspberry Pi. Die Fangemeinde möchte also nicht wechseln, sondern lieber den Raspi aufgeböhrt wissen. Der Wunschzettel war dementsprechend lang: mehr RAM, höherer Takt, USB 3.0, GBit-Ethernet, SATA, HDMI mit 4K, HEVC-Dekodierung in Hardware und so weiter und so fort.

Dem stehen zwei wichtige Ziele der Raspberry Pi Foundation im Wege: Kompatibilität zum Vorgänger und ein niedriger Preis. Heraus kam ein Kompromiss, der insbesondere Video- und Server-Freunde enttäuscht. Bescheidene Naturen freuen sich, dass sie jetzt mehr fürs Geld bekommen und kein neues Zubehör brauchen: Die Platine hat die gleichen Maße. Alle Anschlüsse liegen an denselben Stellen, sodass sowohl Gehäuse als auch Erweiterungsboards (HATs) für den Raspi 2 auch zum Raspi 3 passen. Bereits existierende Software braucht ein Kernel-Update, ansonsten sieht der Neue für sie aus wie der Alte. Ein Raspbian-Release mit Kernel 4.1.18-v7+, das die Neuerungen nutzt und vorkonfiguriert, gibt es auch schon. Auch die Mediacenter-Distribution OpenELEC hat eine passende Version 6.0.2 fertig.

Mehr RAM hätte der Raspi nur bekommen können, wenn man auch die Grafikeinheit getauscht hätte. Das wäre nicht nur teuer geworden, sondern es gibt schlicht keine Grafikeinheit für ARM-CPU's, die komplett offen dokumentiert ist wie der altbackene, jetzt ein paar MHz schnellere VideoCore IV. Einen günstigen Hardware-Decoder für den Video-codec HEVC alias H.265 hat Chip-Lieferant Broadcom nicht im Angebot.

Fast Ethernet und vier USB-2.0-Ports sind auch immer noch über einen gemeinsamen USB-Bus am neuen System-on-Chip (SoC) angebunden, das nun BCM2837 statt BCM2836 heißt. In diesem SoC wurden nur die ARMv7-Kerne durch ARMv8-Kerne ausgetauscht, der Rest blieb gleich. Der Raspi 3

ist daher auch nur wenige Euro teurer als sein Vorgänger.

Auf der Unterseite der Platine sitzt nun ein Chip für WLAN 802.11b/g/n und Bluetooth 4.1 (Classic und Low Energy). Er kommt aus dem gut mit Treibern versorgten Broadcom-Sortiment und ist per SDIO am SoC angebunden, was den USB entlastet. Die Antenne sitzt auf der Oberseite, und zwar dort, wo vorher die Status-LEDs blinkten. Nur eine Antenne und nur 2,4 GHz: Das WLAN kommt also über 150 MBit/s brutto nicht hinaus. Das gilt jedoch auch für die günstigen USB-WLAN-Adapter, die gängigerweise am Raspi 1 und 2 benutzt wurden.

Mit ARMv8 statt ARMv7 ist eine neue Chip-Architektur eingezogen – theoretisch eine 64-bittige. Der Takt stieg um ein Drittel von 900 MHz auf 1,2 GHz, was moderate Geschwindigkeitsgewinne für schon existierende Software verspricht. Von den 64-Bit-Fähigkeiten profitiert nur neue Software, und die könnte auf sich warten lassen: Ein ARMv8-Kernel ist für das Raspi-Linux Raspbian noch nicht in Sicht. Die neuen Cortex-A53-Kerne sind schon bei gleichem Takt schneller als die alten Cortex-A7-Kerne im Raspi 2: Im EEMBC CoreMark schafft der Raspi 3 gut 50 Prozent mehr weg als der Raspi 2. Das Tool raspi-config lässt keine Übertaktung mehr zu, aber manuell kann man noch etwas herauskitzeln.

Ohne Anstieg der Leistungsaufnahme war dieser Geschwindigkeitsgewinn nicht drin. Ist ein Kern schwer beschäftigt, sind es 2,6 statt bisher 2,2 Watt. Bei Volllast wird der Raspi 3 mit 4,7 statt 3 Watt ganz schön gierig. Der Raspi 3 darf jetzt insgesamt bis zu 2,5 Ampere aus seinem Netzteil ziehen. Im Betrieb als einfache Experimentierkiste, als Netzwerkmonitor oder Webserverchen tut es ein altes 1,5-Ampere-Netz aber weiterhin.

Der Tempo-Gewinn fällt beim Wechsel von Raspi 2 auf 3 wesentlich bescheidener aus als beim Sprung vom Einkerner im Raspi 1 auf den ersten Quadcore im Raspi 2. Odroid und Co., die mit SATA, HEVC und 4K protzen, müssen sich also nicht fürchten. So willkommen die Neuerungen sind – Raspi 2.5 hätte als Versionssprung auch gereicht. Klar ist außerdem, dass im Broadcom-Portfolio nicht mehr viel Luft nach oben ist. Wenn die Raspi-Macher auch in Zukunft sukzessive mehr Leistung in den Raspi packen wollen, müssen sie sich bald woanders umschauen. Nur wäre es dann vorbei mit der Abwärtskompatibilität. Bis dahin werden aber sicher noch ein, zwei, drei Millionen Raspis verkauft. (it@ct.de)

### Raspberry Pi 3 Benchmarks

Raspi-Version	Coremark 1 Thread / 8 Threads besser ▶
Raspberry Pi 3 B (Punkte)	3504/13717
Raspberry Pi 2 B (Punkte)	2278/8910

### Raspberry Pi 3 Leistungsaufnahme

Raspi-Version	Soft-off [Watt] ◀ besser	Leerlauf [Watt] ◀ besser	Coremark 1 / 8 Threads [Watt] ◀ besser
Raspberry Pi 3 B	0,7	2	2,6/4,7
Raspberry Pi 2 B	0,6	2	2,2/3,0

netzseitig gemessen mit 15-Watt-Netzteil (5 V/3 A)

### Raspberry Pi 3 Model B

Hersteller	Raspberry Pi Trading Ltd., <a href="http://raspberrypi.org/">http://raspberrypi.org/</a>
SoC	BCM2837
Kerne, Takt	4 × Cortex-A53 (ARMv8), max. 1,2 GHz
Takt	600 bis 1200 MHz
RAM	1 GByte
Grafikeinheit	VideoCore IV
Preis	40 €



Anzeige



Lutz Labs

# Die digitale Wirtschaft

## CeBIT 2016: Business, Business, Business

Die Wandlung der CeBIT zu einer reinen Business-Veranstaltung scheint zu funktionieren: Einige Aussteller kehren zurück, andere vergrößern ihre Stände. Die CeBIT 2016 findet vom 14. bis 18. März statt.

Eigentlich will die CeBIT gar keine Computer-Messe mehr sein. CeBIT-Chef Oliver Frese sieht die Messe eher als die weltweit führende Veranstaltung für die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft. Dennoch sehen die meisten Besucher vor allem geschäftige Menschen, die durch die Messehallen von einem Stand zum anderen laufen.

Die Anzahl der Aussteller und die der Besucher sind der CeBIT nicht mehr so wichtig wie früher. Die Qualität der Besucher sei entscheidend, findet Frese. Dennoch freut sich die Messegesellschaft, dass einige Hersteller zur CeBIT zurückkommen und andere ihre Stände vergrößern. Aber auch einige Absagen sind zu verzeichnen: Fujitsu verzichtet auf einen Stand, und auch Samsung

ist nicht mehr dabei – die Koreaner wollen ihre Kunden in diesem Jahr im Rahmen einer Roadshow erreichen.

Das CeBIT-Motto des vergangenen Jahres, *d!conomy*, hat die Messegesellschaft in diesem Jahr recycelt, allerdings mit dem Zusatz „join – create – succeed“. Damit wollen die Veranstalter verdeutlichen, dass der Mensch als Entscheider und Gestalter im Mittelpunkt der digitalen Transformation steht.

### CeBIT Global Conferences

Die CeBIT setzt auch in diesem Jahr vermehrt auf Konferenzbesucher. Zu den CeBIT Global Conferences werden einige gewichtige Sprecher erwartet; die gesamte Halle 8 wird zum Treffpunkt der Vordenker und Anreger. Dazu gehören in diesem Jahr etwa EU-Kommissar Günther H. Oettinger und Ericsson-Chef Hans Vestberg. Die digitale Transformation ist auch hier das Hauptthema, dazu gibt es die Bereiche „The Internet of Everything“, „Security and Privacy“ und „Disruptive Technologies“.

Im Lauf der Woche sprechen unter anderem PGP-Erfinder Phil Zimmermann und Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung. Interessant wird sicher auch der Vortrag von Amal Graafstra, dem CEO von Dangerous Things: Er hat sich einen NFC-Chip unter die Haut transplantieren lassen. Damit öffnet er etwa Türen, schaltet das Licht ein oder meldet sich an seinem PC an. Steht dem Bio-Hacking eine große Zukunft bevor? Vielleicht hat Graafstra passende Antworten.

### Partnerland Schweiz

Das Partnerland der CeBIT 2016 ist die Schweiz. Rund 70 Aussteller kommen aus dem Nachbarland, darunter einige Start-ups. Die meisten Unternehmen treten im Partner-Pavillon in Halle 6

an. Bislang ist die Schweiz vor allem für Uhren, Käse und Schokolade bekannt, beim Export-Volumen aber hat die ICT-Branche schon jetzt Käse und Schokolade überholt. Mit dem Auftritt will ICTSwitzerland, der Dachverband der schweizerischen Informations- und Kommunikationstechnikbranche, den Begriff „Swissness“ in der IT verankern.

### Eintrittspreise

Eine Überraschung für langjährige CeBIT-Besucher ist sicherlich, dass die Eintrittspreise sinken: Für den Preis, den im Vorjahr noch eine Tageskarte kostete, erhält man in diesem Jahr die Dauerkarte für alle fünf Messetage: 60 Euro beziehungsweise 55 im Vorverkauf. Das bisherige Tagesticket entfällt, an den Kassen ist lediglich das ermäßigte Tagesticket für 25 Euro erhältlich. Der Zugang zu den Global Conferences kostet extra. Hier liegt die Tageskarte bei 600 Euro, das Dauerticket kostet 1000 Euro.

Die kostenlose Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist auch in diesem Jahr nicht im Ticketpreis enthalten. Für Dauerbesucher und Standmitarbeiter lohnt sich eventuell die CeBIT-Card der hannoverschen Verkehrsbetriebe üstra für 23,80 Euro; Tagesbesucher kommen mit einer Tageskarte für 5 Euro günstiger weg. (ll@ct.de)

### Heise auf der CeBIT

Den Stand von Heise Medien finden Sie in Halle 6, Stand H16. Hier können Sie eine virtuelle Achterbahnfahrt mit einer 3D-Brille unternehmen und wie in den Vorjahren Ihren PGP-Schlüssel zur Zertifizierung durch die c't-Kryptokampagne abgeben. Wenn Sie noch keinen PGP-Schlüssel zur sicheren E-Mail-Kommunikation besitzen, können Sie ihn dort auch erzeugen. Bitte vergessen Sie Ihren Personalausweis nicht.

In diesem Jahr bauen wir die Live-Berichterstattung von der CeBIT stark aus: Wir streamen täglich zwischen 10 und 18 Uhr ein buntes Programm ins Netz. Unterstützung bekommen wir von den Kollegen der iX, von Heise Security, Technology Review und Make. Täglich ab 16 Uhr kommt das Tagesfazit in der Heise-Show; am Freitag um 14 Uhr tritt das Team des c't uplink an. Das tagesaktuelle Programm steht auf [www.heise.de](http://www.heise.de) zum Abruf bereit; Aufzeichnungen sind später auf YouTube abrufbar.

Heise Medien organisiert zudem zusammen mit der Messe AG erneut die Security Plaza, die wenige Meter neben unserem Stand stattfindet. Die Ausstellung auf 800 Quadratmetern wird durch ein Vortragsprogramm ergänzt. Auch die Developer World, ein Treffpunkt für Software-Entwickler, findet erneut in Zusammenarbeit mit der Messe in Halle 11 statt.

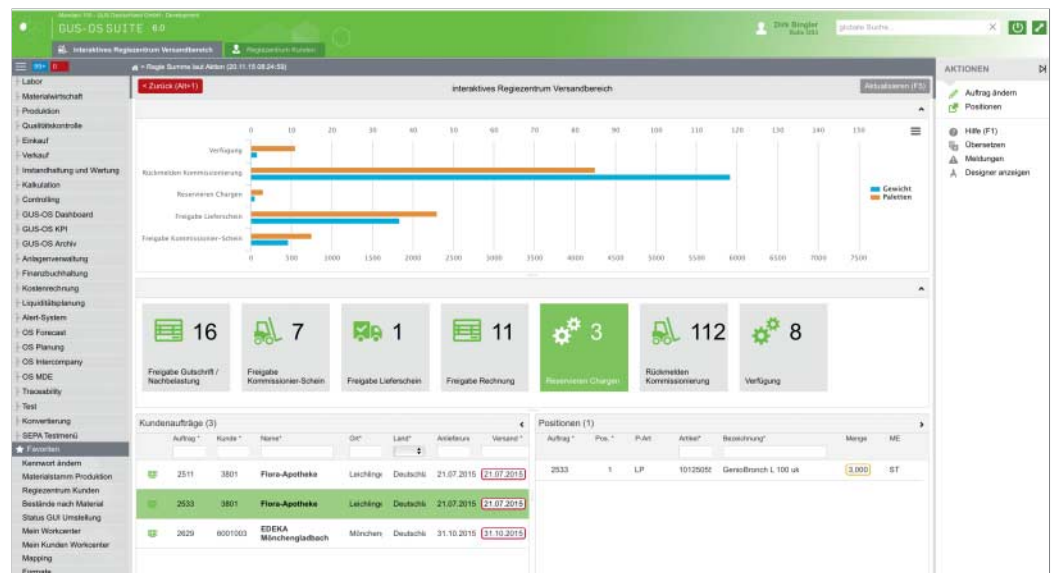
### Messe-Überblick

Software	Seite 25
Internet	Seite 32
Forschung	Seite 33
Server & Storage	Seite 34
Hardware	Seite 35

## ERP der GUS-Group selektiv aktualisierbar

Die GUS Group hat Version 6.0 ihrer Anwendungssuite GUS-OS fertiggestellt. Das Programmpaket mit Modulen für CRM, Auftragsbearbeitung, Warenwirtschaft, Finanzbuchhaltung, Dokumenten-Management und Business Intelligence ist für Logistikbetriebe und Anwender aus der Prozessindustrie gedacht. Zu dieser Branche gehören Unternehmen, deren Erzeugnisse besondere Sicherheitsanforderungen erfüllen müssen, zum Beispiel Chemie- und Nahrungsmittelhersteller.

Mit dem grafischen Workflow-Designer sollen sich neue Geschäftsprozesse leichter modellieren lassen als bisher. Über rollenspezifische sogenannte Regiezentren kann man die entscheidungsrelevanten Informationen auf den Anzeigeseiten des Programms jetzt farbig hervorheben. Laut Hersteller wurde



**Interaktive Regiezentren in GUS-OS heben für jede Benutzerrolle die wichtigsten Informationen farbig hervor.**

die Suite zwar komplett überarbeitet, das Datenmodell dabei aber nicht angetastet. Weil viele Unternehmen der Zielgruppe durch ein pauschales Software-

Update wertvolle Zertifizierungen ihrer Prozesse gefährden könnten, lässt sich GUS-OS selektiv in einzelnen Bereichen aktualisieren: Der Betrieb kann für

jede Anzeigesite einzeln entscheiden, ob die neue Version für ihn akzeptabel ist, und sich für oder gegen ein Update entscheiden. (hps@ct.de)

Anzeige

## ERP an Steuerberater

Die Steuerberatergenossenschaft DATEV hat zusammen mit den Softwarehäusern Exact Software, Lexware und Scopevisio die Schnittstelle DATEVconnect online entwickelt. Über dieses Interface können Buchhalter ihre Datensätze direkt digital statt in einer monatlichen Pendelmappe an ihren Steuerberater übermitteln. Wie sich diese Funktionen in die Unternehmenssoftware eingliedern, kann man auf den Mes-

ständen von Exact und Scopevisio begutachten. Bei Scopevisio schlagen sich die Finanzauskünfte des Steuerberaters dann auch in der grafischen Zusammenstellung der Geschäftsdaten nieder.

(hps@ct.de)

**Scopevisio fasst die Geschäftslage in facettenreichen Cockpit-Ansichten zusammen.**



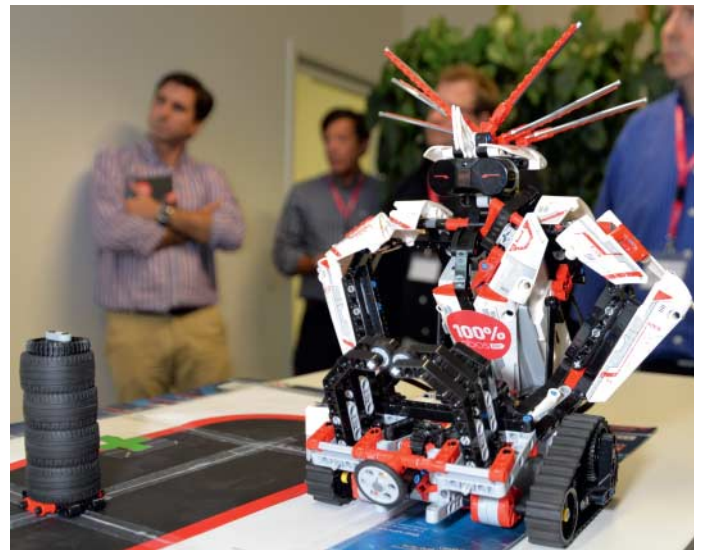
## Abas ERP-Suite bewegt Roboter und Geschäftsgrafiken

Abas hat seine Unternehmens-Anwendungssuite in Version 2016 um eine Middleware für mittelständische Fertigungsbetriebe erweitert. Deren Web-Schnittstelle soll den Datenaustausch zwischen der ERP-Software, den Fertigungsanlagen und Robotern sowie den Daten-Cockpits zur Prozessüberwachung erleichtern. Ein weiterer neuer Bestandteil der Suite ist das Modul Abas BI, welches für die Business Intelligence auch große Datenbestände auswerten und visualisieren soll – nach Angaben des Herstellers sogar

mit fotorealistischen Filmen. Außerdem kann die Software Rechnungen neuerdings im ZUGFeRD-Format verschicken. So kann sie der Empfänger sowohl als PDFs anzeigen als auch direkt – ohne zusätzliche Formularerkennung – maschinell verarbeiten.

(hps@ct.de)

**Roboter wechselt Reifen – und demonstriert, wie sich Fertigungsanlagen über die Datenschnittstelle der Abas-Unternehmenssuite ansteuern lassen.**



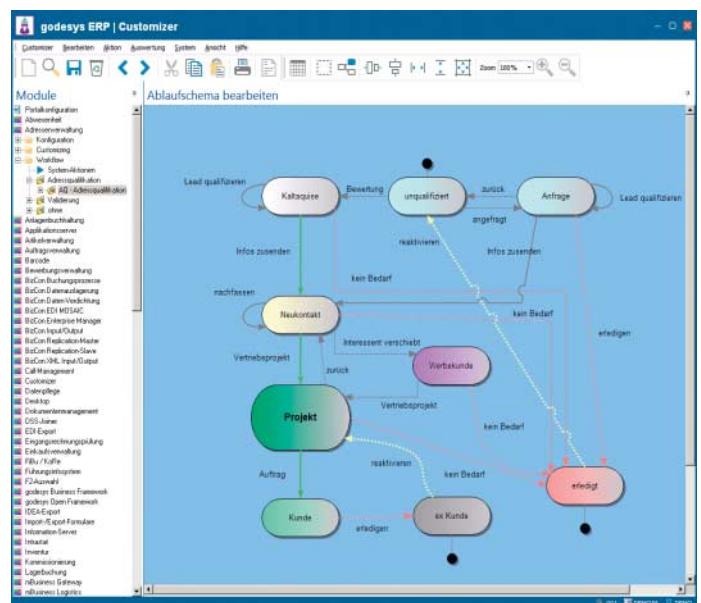
## Cobra-Software mit Webschnittstelle

Cobra hat seinen Programmen CRM BI, CRM pro und plus ein Web-Interface spendiert. Mit der Mobile CRM Web Edition lassen sich Daten wie Kontaktinformationen, Telefonhistorie und Besuchsprotokolle per Web-Browser bearbeiten. Die optionale Web Extension zu Cobras Event Manager ermöglicht Web-Abfragen über Details und Besucheranmeldungen zu geplanten Veranstaltungen. Außerdem dient sie dazu, diese Events online zu publizieren, Anmeldungen übers Web entgegenzunehmen und Rechnungen darüber auszustellen. Die Programme CRM pro und plus kann man nicht nur mit Kauflizenzen betreiben, sondern auch mieten und gegen Zusatzgebühr von Cobra in einem deutschen Rechenzentrum hosten lassen.

(hps@ct.de)

## Godesys ERP mit Portalanschluss

Die Anwendungssuite Godesys ERP ist pünktlich zur CeBIT in Version 5.6 mit einem grafischen Workflow-Designer erschienen. Dieser dient nicht nur dazu, Arbeitsabläufe zu beschreiben und zu automatisieren, sondern soll auch Prozessdaten in Echtzeit auswerten und dem Anwender helfen, Durchlaufzeiten für einzelne Aufträge zu messen. Wie Anwender das ERP-System nutzen können, zeigt sich im Open Enterprise Portal des Herstellers. Dort lässt sich konfigurieren, welche Funktionen per Web-Browser, Mobil-App und Windows-Programm verfügbar sind. Außerdem kann man dort die bloßen ERP-Daten zusammen mit weiteren Informationen anbieten, etwa mit Webseiten von Vertriebspartnern oder Auszügen aus Web-Foren. (hps@ct.de)



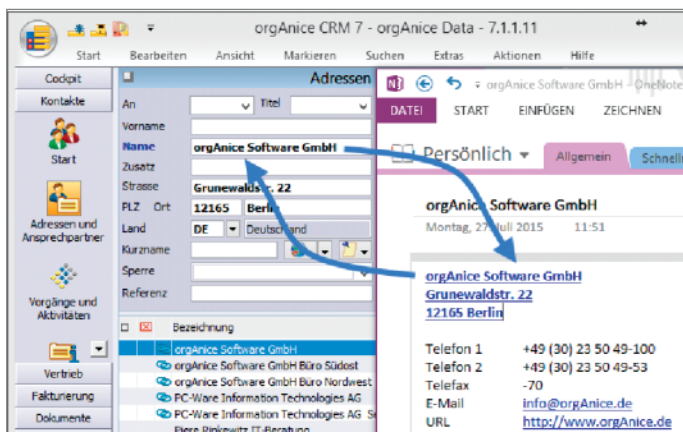
**Mit dem Workflow-Designer in Godesys ERP 5.6 beschreibt man die Stationen eines Arbeitsablaufs. Teilprozesse kann man ausgliedern und gesondert automatisieren.**



## Content- und Kontaktverwaltung

Auf dem Stand von OrgAnice kann man zusätzlich zu den Modulen für CRM, E-Mail-Versand sowie Dokumenten- und Content-Management eine Reihe von Neuheiten in Version 7 der gleichnamigen Datenbank begutachten. Dazu gehören Schnittstellen zum Notizenprogramm Microsoft OneNote und zum Telefonie-Modul Romico 1A-Client. Mit Letzterem lassen sich direkt aus dem Adressbuch heraus Geschäftspartner anrufen. Eingehende Telefonate können auch automatisch an den zuständigen Mitarbeiter vermittelt werden.

Anmerkungen, die sich etwa aus einem Telefonat ergeben, kann man als OrgAnice-Karteikarten speichern und bei der Gelegenheit auch gleich als OneNote-Notizen anlegen. Diese werden auf OneDrive gespeichert und lassen sich damit auch aus der Cloud heraus abrufen. Aktivitäten und Adressen von der Karteikarte verlinkt das Programm über sogenannte OrgAnice-Hyperlinks mit den OneNote-Notizen. Über diese Links springt man aus einer Notiz heraus direkt in den zugehörigen Datensatz bei OrgAnice. (hps@ct.de)



Die OrgAnice-Hyperlinks schaffen wechselseitige Verknüpfungen zwischen OrgAnice-Datensätzen und OneNote-Notizen.

## CRM-System für Einsteiger

CAS Software kommt mit einem webgestützten CRM-System für Kleinbetriebe zur Messe. Smart-We wird auf Servern in Deutschland gehostet, soll monatlich 10 Euro je Anwender kosten und ist für Unternehmen mit maximal zehn Vertriebsmitarbeitern gedacht. Dem Flaggschiff-Produkt genesisWorld hat das Softwarehaus eine überarbeitete Suchroutine spendiert: Smart-Search 3.0 durchsucht gleichzeitig die Einträge der Kontaktdatenbank und die damit verknüpften Dokumente. Für all seine CRM-Programme demonstriert CAS außerdem, wie sie mit dem Produktkonfigurator Merlin und dem Auskunftsdienst Unternehmensverzeichnis.org kooperieren. (hps@ct.de)



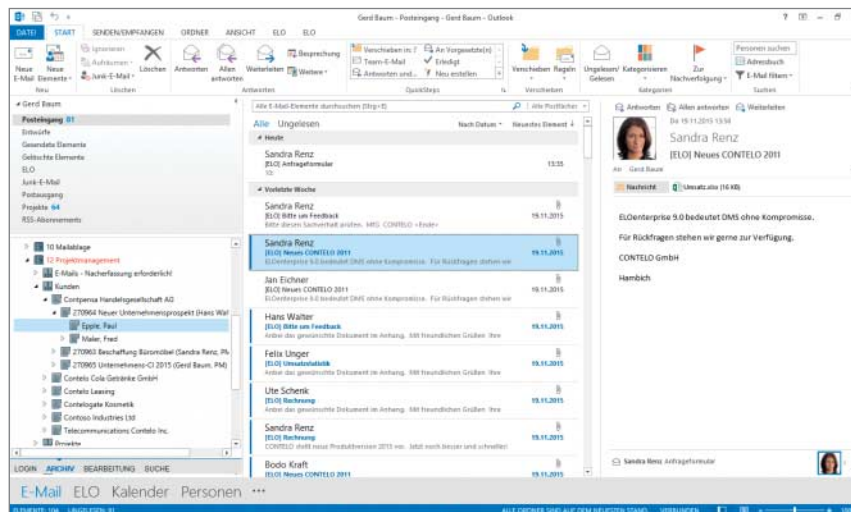
Das CAS-typische Radialmenü nutzt das Display eines Smartphones besonders gut aus.

Anzeige

## Plattformübergreifendes Content-Management

ELO hat seine Client-Server-Systeme fürs Enterprise Content Management (ECM) in mittelständischen Betrieben aktualisiert. ELOprofessional und ELOenterprise zeigen sich auf der CeBIT erstmals in Version 10 mit überarbeiteter Bedienoberfläche und erweiterten Workflow- und Team-Funktionen. Der native Client für OS X soll sich nahtlos in die Umgebung des Apple-Betriebssystems eingliedern. Neu erdings lässt sich zur Texterkennung der Abbyy FineReader in die ELO-Software integrieren, auch unter Linux. Die Mobil-App zum ELO-System trägt zwar nach wie vor die Versionsnummer 9, wurde aber ebenfalls erneuert.

Der Outlook-Client zu ELOxc spiegelt die Kategorien des ELO-Archivs in den Outlook-Verzeichnisbaum.



Sie kann jetzt auch mit den Workflow-Formularen umgehen und lässt sich durch MDM-Systeme in einem geschützten Container des Mobilgeräts kapseln.

Auch für kleinere Betriebe und Privatanwender lohnt sich ein Blick auf die Ende 2015 erschienenen Anwendungen ELOoffice 10.5 fürs Dokumen-

ten-Management auf dem PC und ELOxc für die E-Mail-Archivierung im Zusammenspiel mit Exchange Web Services.

(hps@ct.de)

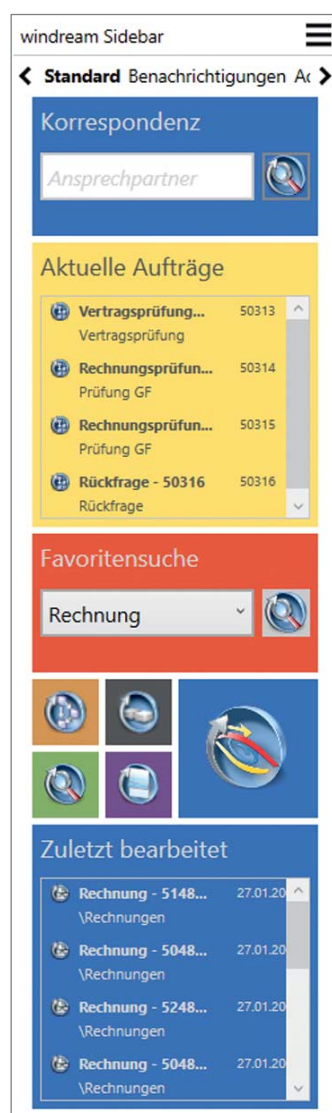
## DMS mit gekachelter Sidebar

Beim Dokumenten-Management-System Windream 6.5 finden sich die Verwaltungsfunktionen für Dokumente, Aufgaben und Arbeitsabläufe in der komplett überarbeiteten Sidebar. Diese anpassbare Desktop-Anwendung reserviert jeder Funktion eine Kachel, die als Schaltfläche und gleichzeitig als Drag-Zone fungieren kann. Letzteres bedeutet, dass man ein Dokument nur auf die Kachel für einen bestimmten Arbeitsablauf ziehen muss, um es zu bearbeiten. Windream zeigt den Dokumentenbestand typischerweise im Windows-Explorer als Verzeichnisbaum einer virtuellen Festplatte an. Diese Ansicht steht neuerdings auch in der serienmäßigen Rechercheansicht zur Wahl, sodass man gefundene Unterlagen direkt per Drag & Drop umsortieren oder verknüpfen kann, ohne den Windows-Explorer zu bemühen.

Außerdem haben die Entwickler die Windream-Webservices erneuert. Jetzt bauen die Dienste auf Representational State Transfer (REST) und das JavaScript-Object-Notation-Format (JSON), um Ressourcen und Inhalte zu beschreiben.

(hps@ct.de)

Die Sidebar in Windream 6.5 ist zwar eine Desktop-Anwendung, enthält aber Kacheln für anwenderdefinierte Windream-Funktionen.

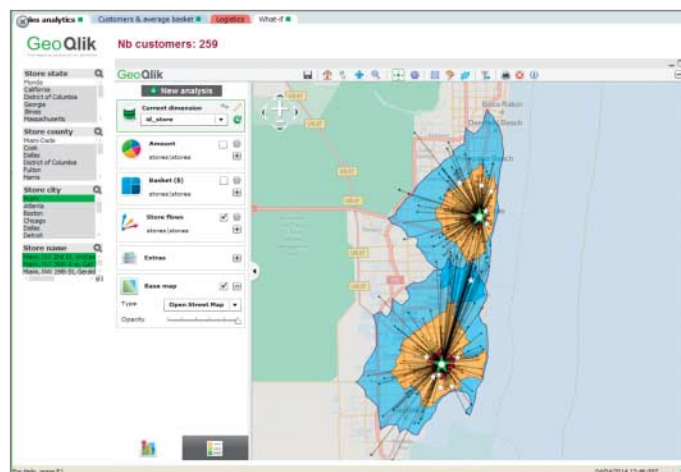


## Qlik mit Business-Intelligence-Marktplatz

Zu den Business-Intelligence-Paketen QlikView und QlikSense hat Qlik ein ganzes Ökosystem aufgebaut. Dazu gehören das Webportal Qlik Market mit Anwendungen und Erweiterungen sowie Datenpaketen aus dem Qlik Data Market mit öffentlich zugänglichen oder lizenzierbaren Geo-

und Wirtschaftsdaten. Für Entwickler gibt es Werkzeuge rund um die Qlik Indexing Engine QIX und deren APIs sowie ein Netzwerk aus Entwicklungs- und Schulungspartnern. Wie das alles ineinandergreift, demonstriert der Hersteller zusammen mit Ausstellungspartnern.

(hps@ct.de)



Im Qlik Market finden sich Erweiterungen wie GeoQlik, um etwa Warenströme auf der Landkarte darzustellen.

## Quelloffenes Helpdesk-Paket

Cape IT zeigt Version 8 des quelloffenen und prozessorientierten Helpdesk-Systems KIX4OTRS 5. Mit der Software auf Basis des Open Ticket Request System (OTRS) kann man Wartung und Reparaturen von Anlagen planen und dokumentieren, Sup-

port-Anfragen verfolgen und Administratoren bei der Verwaltung von Geräten helfen. Laut Hersteller ist sie kompatibel zum Verwaltungsstandard ITIL und beschreibt festgelegte Arbeitsabläufe aus den betreuten Aufgabenbereichen.

(hps@ct.de)

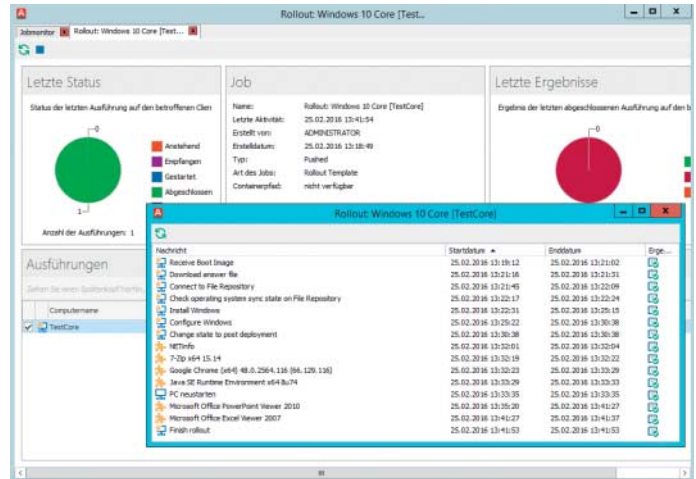


Anzeige

## Automatisierbare Installations-Verwaltung

Aagon zeigt die brandneue Version 5.1 seiner Asset-Management-Suite ACMP. Mit „Assets“ sind alle Anlagegüter gemeint, die zu einem Arbeitsplatz gehören, in der Lesart von Aagon nicht nur PCs, Monitore und Büromöbel, sondern auch Software-Installationen und -Lizenzen. ACMP besteht aus Modulen für Inventarisierung, Lizenz-Management, Software- und Betriebssystemverteilung sowie Mobile Device Management. Mit der Suite lassen sich Programme, die man in einen zentralen Res-

ourcen-Pool heruntergeladen hat, mit maßgeschneiderten Installationskripten ergänzen. Danach können Benutzer diese Anwendungen vom Arbeitsplatz aus mit einem Mausklick einrichten. Im Hintergrund hält die Aagon-Software dabei ein Auge auf insgesamt verfügbare und noch nicht ausgeschöpfte Lizenzen. Auf dem Messestand demonstriert der Hersteller insbesondere, wie sich Wartungsaufgaben, etwa das Aufspielen von Patches, mit ACMP automatisieren lassen. (hps@ct.de)



Die Asset-Management-Suite ACMP installiert Betriebssysteme auf Mitarbeiter-PCs und berichtet über den Erfolg.

## BI aus der Cloud oder vor Ort

Die Firma bi Excellence Software präsentiert sich im Start-up-Bereich Scale11 mit neu gegliedertem Produktangebot. Die Messeneuheit biAnalytics tritt für Aufgaben der Business Intelligence die Nachfolge des inzwischen viel

breiter einsetzbaren Open BI Servers an. Die vor Ort installierbare oder als Cloud-Lösung abonnierbare Server-Anwendung kann Geschäftsdaten aus SQL-Datenbanken, SAP-Systemen und Excel-Arbeitsmappen überneh-

men, korrelieren und visualisieren. Mit den Ergänzungsmodulen biAnalytics Web und biAnalytics CMS lässt sie sich aus dem Web-Browser heraus nutzen und für die Gestaltung von Webseiten heranziehen. Die Option biAnaly-

tics Office umfasst Add-ins für Microsoft Excel und PowerPoint, um Visualisierungen direkt aus den Office-Programmen heraus abzurufen und in Excel-Mappen und PowerPoint-Präsentationen einzubauen. (hps@ct.de)

## Dicke Fische

**Microsoft** zeigt auf der CeBIT ein breites Produktspektrum. Besucher können sich unter anderem über Windows 10, Office 365 samt Servern wie SharePoint, Lync und Exchange sowie über Surface- und Lumia-Mobilgeräte informieren. Zusammen mit zahlreichen Partnern stellt Microsoft Beispiele für digitalisierte Geschäftsprozesse vor, vielfach als Musteranwendungen für seine Server-Pakete. Eine Service-Plattform soll über Azure vernetzte Elektromobile und Schnellladestationen von ABB möglichst ohne Wartezeiten zusammenbringen. Die Software soll auch Wartungsarbeiten an den Ladestationen mit Hilfe von Machine Learning und vorhersagender Statistik optimieren.

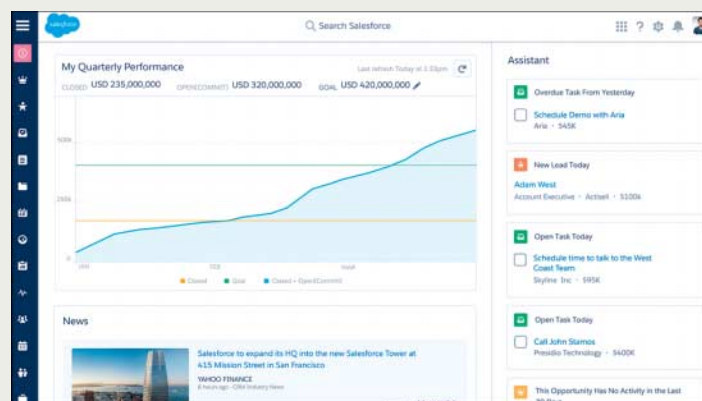
**IBM** baut aufs Internet of Things und auf maschinelles Lernen, um die Flut der Maschinendaten in verwertbare Erkenntnisse zu verwandeln. Besonderes Gewicht legt der Konzern dabei auf das KI-System Watson (siehe dazu auch den Beitrag ab Seite 124). An zahlreichen Info-Punkten zeigt er Beispiel-Anwendungen aus den Bereichen Telekommunikation, Einzelhandel und Finanzwesen. Prominent rangieren darunter auch Demo-Bildschirme zur Industrie 4.0. Dort ist zu sehen, wie unterschiedliche Sensordaten in Echtzeit erfasst werden und automatische Reaktionen in der Fabrikhalle auslösen. Außerdem sollen IBMs Errungen-

schaften irgendwann das Autofahren absichern. Ein Fahrsimulator demonstriert, wie vernetzte Autos ihre Fahrer vor drohenden Defekten und vor Gefahren durch Verkehrshindernisse warnen können.

**Salesforce** hat nicht weniger als drei Messehallen für Live-Demos und zur Vorstellung von Branchenlösungen gemietet. In Hands-on-Workshops kann man das Entwickeln von Webdiensten üben. Voraussichtlich können Interessenten auch erste Blicke auf die neue Bedienoberfläche Lightning erhaschen. Sie soll spätestens zum August das Outfit der jüngst eingekauften Vertriebsanwendung Steelbrick CPQ und der Telefon-Anbindung Light-

ning Voice bilden. Außerdem dient das Areal als Zwischenstation für die Salesforce World Tour mit umfangreichem Vortragsprogramm.

**SAP** stellt konkrete Live-Szenarien für seine Anwendungssuite S/4HANA in den Vordergrund. Deren Back-End, die In-Memory-Datenbank HANA, macht es möglich, dass man auf demselben Datenbestand gleichzeitig Geschäftsvorfälle transaktionssicher buchen und komplexe Auswertungen für die Business Intelligence vornehmen kann. In einem Demo-Lastzug vor Halle 18 gibt es haptische Schnittstellen und Virtual-Reality-Anwendungen für den Industrie-einsatz zu sehen.



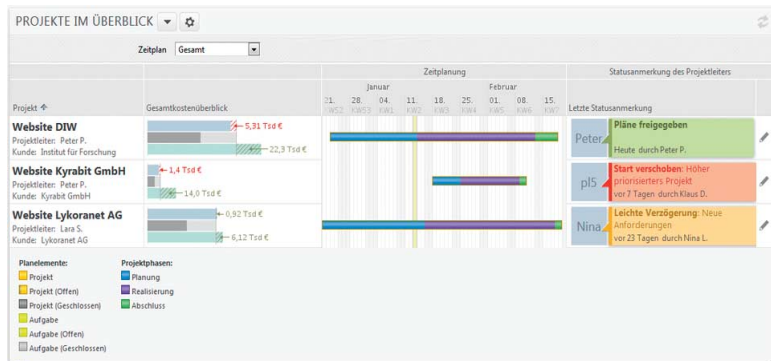
Umsatzzahlen, Aufgabenliste und Nachrichten aus dem Web lassen sich übersichtlich in einem Salesforce-Cockpit zusammenstellen.

## Kontinuierlich erneuerte Projektsoftware

Das Softwarehaus Projektron bringt etwa alle sechs Wochen ein Update für sein Projektmanagement-System BCS heraus und zeigt die taufrische Version 7.30. Zu den Neuerungen seit Jahresbeginn gehören Kommentarfunktionen für Scrum-

Entwicklungsteams, anpassbare Servicezeiten und Ticket-Attribute für Kundendienstaufgaben, zusätzliche Ansichtsmodi für Projektpläne sowie Zusammenfassungen für die Phasen eines ganzen Projektportfolios.

(hps@ct.de)



Falls mehrere Projekte gleichzeitig stattfinden, fasst Projektron BCS zeitlich überlappende Projektverläufe synoptisch zusammen.

## Product Lifecycle Services fürs Internet of Things

Auf dem Microsoft-Messestand präsentiert Alnamic seine Product Lifecycle Services for Dynamics AX. Der auf Internet-of-Things-(IoT)-Szenarien spezialisierte Hersteller zeigt, wie seine Software ein Produkt über alle Stadien von der ersten Idee über die Fertigungskontrolle bis zum Kundendienst nach dem Verkauf

begleitet, optional ergänzt durch Module wie Bluestar PLM zur Integration von CAD-Anwendungen und ERP-System sowie durch Microsofts Azure-IoT-Services. Letztere helfen, Maschinendaten in Echtzeit für die komplette Softwarelandschaft im Unternehmen zugänglich zu machen.

(hps@ct.de)

## Stationäre und mobile Geräte verwalten

Matrix42 zeigt die erschienene Unified Endpoint Management (UEM) Suite. Sie soll es Administratoren ersparen, Mitarbeiter gleichzeitig mit zwei Asset-Datenbanken für die Ausstattung des stationären Arbeitsplatzes und für Mobilgeräte zu betreuen. Die neue Software soll die Aufgaben beider Asset-Management-Kategorien übernehmen. Bei den festen Arbeitsplätzen muss sie zum Beispiel Standorte, Inventarnummern und angeschlossenes Zubehör festhalten. Bei den womöglich privaten

Mobilgeräten der Mitarbeiter kommt es dagegen darauf an, Netzwerkverbindungen und Malware-Schutz zu kontrollieren und vertrauliche Daten bei einem Geräteverlust aus der Ferne löschen zu können. Nebenbei bringt die UEM-Suite ein neues Gebührenmodell: Damit fallen nicht wie bisher Gebühren je verwaltetes Gerät für zwei Anwendungspakete an, sondern nur noch ein Beitrag pro Mitarbeiter, unabhängig davon, wie viele Geräte dieser benutzt.

(hps@ct.de)

## Aussteller

Aagon: Halle 3, E17  
 Abas: Halle 5, C18  
 Alnamic: Halle 4, C31 (bei Microsoft)  
 bi Excellence Software: Halle 11, D33 (Scale11)  
 Cape IT: Halle 3, D35 (110) (Open Source Park)  
 CAS: Halle 4, A28  
 Cobra: Halle 4, A34  
 ELO: Halle 3, F30  
 Exact: Software: Halle 2, B52  
 Godesys: Halle 5, E04 (ERP Park)  
 GUS Group: Halle 5, E04 (ERP Park)  
 IBM: Halle 2, A10  
 Matrix42: Halle 3, E18  
 Microsoft: Halle 4, C31  
 OrgAnice: Halle 3, H14 (bei Confidence Center)  
 Projektron: Halle 3, A17  
 Qlik: Halle 5, B36 (BI Forum)  
 Salesforce: Hallen 19, 20, 23  
 SAP: Halle 4, C04  
 Scopevisio: Halle 4, C57  
 Windream: Halle 3, J20

Anzeige

## Startup-Plattform

Die Messegesellschaft erwartet in diesem Jahr etwa 350 Startups, die sich auf der CeBIT präsentieren sollen. In den Jahren zuvor gab es dafür die Sonderveranstaltung Code\_n, die in diesem Jahr nicht mehr fortgeführt wird. Als zentraler Anlaufpunkt und Präsentationsplatz für junge Unternehmen dient stattdessen die Plattform SCALE11, die nach der Messehalle 11 benannt ist, in der sie stattfindet.

Verteilt auf 15 Themeninseln, etwa „Finanz-IT“, „E-Commerce“, „Big Data“ oder „Internet der Dinge“, zeigen dort etliche junge Unternehmen ihre Ideen. Dazu zählt Rapidfacture: Die Firma aus Pfaffenhofen betreibt einen Dienst, bei dem Kunden in einem Online-Editor CNC-Drehteile entwerfen und die Zeichnungen exportieren oder gleich fertigen lassen können.

Das Ledger Wallet der Pariser Firma Ledger ist eine Hardware-Geldbörse für Bitcoins. Sie besteht aus einem USB-Stick oder einer NFC-Karte, auf dem die Bitcoins verschlüsselt



**Auch ohne ausgedruckte Listen sieht der Arbeiter mit der Picavi-Datenbrille immer, wo er hin muss.**

gespeichert werden. Dazu gehört eine Software, die für Google Chrome, Android oder iOS erhältlich ist. Sie verwaltet die Bitcoins auf dem Stick oder der Karte und übernimmt die Kommunikation mit dem Bitcoin-Netzwerk.

Logcom aus Herzogenrath stellt sein Pick-by-Vision-System Picavi vor. Dabei trägt der Kommissionierer eine Datenbrille und hat beide Hände frei. Um einen Artikel zu scannen, ist kein zusätzlicher Handgriff notwendig: Die Brille enthält einen Scanner. Das Handling des Systems soll für neue Mitarbeiter leicht erlernbar sein.

Viele weitere Startups decken eine riesige Bandbreite ab. Das Berliner Unternehmen TouchingCode etwa stellt sein App-CMS

Touchingcode vor, das Freiburger Startup Geospin zeigt, wie es Big Data mit Raumbezug visualisiert, das Kölner Unternehmen pixolus präsentiert seine Lösungen zur mobilen Datenerfassung per Smartphone und manualONE, ebenfalls aus Köln, seine smarte Bedienungsanleitungs-App. (jo@ct.de)

SCALE11: Halle 11

Geospin: Halle 11, Stand D59(3)

Ledger: Halle 11, Stand D47

Logcom: Halle 11, Stand D48(1)

manualONE: Halle 11, Stand D48(4)

pixolus: Halle 11, Stand B38(8)

RapidFacture: Halle 11, Stand B38(4)

Touchingcode: Halle 11, Stand D33(3)

## Blog-Profis

Seit 2015 gehören auch Blogger zur professionellen Zielgruppe der CeBIT. Am 18. März findet die Sonderveranstaltung „Rock the Blog“ statt. Sie soll Marketing- und PR-Experten aus Unternehmen mit Bloggern zusammenbringen. Das Programm findet auf drei Bühnen parallel statt. Als Redner sind unter anderem angekündigt: Rohit Dhawan, bei Google in Europa für DoubleClick und AdSense zuständig, Anna Neumann, Community Marketing Managerin bei Pinterest und Dr. Jan Wergin,

der bei Opel arbeitet und die Mobilitätsstrategie von GM in Europa verantwortet. Auch Blogger wie Ji Kim (The Classy Cloud) oder Louisa Dellert (Fit Trio) sollen kommen.

Die Messe AG verspricht einen bunten und lauten Tag und nennt als Highlights „Live-Hacking“, „Speed-Dating“ und „Germanys Next Topblogger“. Ein Ticket für die Veranstaltung kostet 70 Euro. (ad@ct.de)

Rock The Blog: Konferenzhalle 8, 18. März

## Programmier-Wettbewerb

Volkswagen richtet gemeinsam mit SAP auf der CeBIT den Programmierwettbewerb „InnoJam ++“ aus. Rund 100 Studenten aus Europa, Afrika und dem Nahen Osten entwickeln dafür vom 14. bis 17. März Software zu den Themen „Mobilität der Zukunft“ und „Internet der Dinge“. Sie sollen unter anderem neue Anwendungen für vernetzte Fahrzeuge entwerfen, Software zum digitalen Arbeitsplatz der Zukunft erstellen und sich mit neuen

Tools zur Kundenbindung beschäftigen. Der Wettbewerb startet mit einer Design-Thinking-Phase, in der sich die Studenten erste Gedanken zu ihren Software-Prototypen machen. Anschließend haben die Teams 30 Stunden Zeit zum Programmieren. Beim großen Finale kämpfen die Teams dann um den Sieg. (ad@ct.de)

InnoJam++-Finale: Halle 11,

Hauptbühne: 17. März, 13 bis 15 Uhr

**VW veranstaltete bereits auf der CeBIT 2015 einen Programmierwettbewerb, der viel Anklang fand.**



## Cloud mit Windkraft

Windcloud plant in Braderup-Tinnigstedt, Nordfriesland, ein Rechenzentrum, das auf 1000 Quadratmetern Platz für Server bietet. 2017 soll es seinen gesamten Energiebedarf aus einem eigenen Windpark und einer Biogasanlage decken. Ein Hybridspeicher mit 3,4 MWh Kapazität stelle die Energieversorgung auch bei Windstille sicher, so der Betreiber.

Durch die autarke Versorgung will Windcloud seine Dienste kostengünstig anbieten können. Die gespeicherten Daten sollen mit OmniCloud, einem Projekt vom Fraunhofer SIT, so verschlüsselt werden, dass nur der Besitzer sie entschlüsseln kann. Außerdem wirbt das Unternehmen mit dem Serverstandort in Deutschland. (ad@ct.de)

Windcloud: Halle 11, Stand 33(5)

## Vertraulicher Browser

Die Open Source Business Alliance präsentiert unter dem Motto o!conomy im Open Source Park auf der CeBIT Lösungen für das kommerzielle Umfeld. Dabei wird unter anderem der Iridium Browser vorgestellt. Er setzt auf Googles Chromium auf. Der Browser sei sorgfältig verifiziert und mit einer verbesserten Verschlüsselung ausgestattet. Außerdem soll er keine Komponenten und Dienste enthalten, die Informationen über den Anwender sowie die von ihm besuchten Webseiten sammeln, auswerten und übermitteln. (ad@ct.de)

Open Source Business Alliance: Halle 3, D36(620)



## Forschung und Entwicklung auf der CeBIT 2016

Die Themen Forschung und Entwicklung findet man auf der CeBIT 2016 vor allem in Halle 6, wo auf rund 6000 Quadratmetern der Bereich „Research & Innovation“ untergebracht ist. Zu den mehr als 200 Ausstellern gehören die wichtigsten deutschen Forschungseinrichtungen und IT-Institute, darunter die Fraunhofer-Gesellschaft, das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und das Potsdamer Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik (HPI).

Insgesamt werden über 500 Neuheiten gezeigt, darunter zahlreiche Exponate aus dem Bereich Robotik. Die ETH Zürich beispielsweise stellt am Schweizer Gemeinschaftsstand den „In situ Fabricator“ vor. Ziel des bis 2018 laufenden Forschungsprojekts ist die Entwicklung einer Entwurfs- und Simulationsumgebung, damit autonom arbeitende Robotersysteme künftig auch auf Baustellen eingesetzt werden können – etwa um Hauswände zu mauern.

Am Stand des Bundesforschungsministeriums können Messebesucher die für den „CeBIT Innovation Award 2016“ nominierten Projekte in Augenschein nehmen. Qualifiziert haben sich dafür drei Start-ups: ActiWait aus Hildesheim (interaktiver Taster für Fuß-

gängerampeln), climbtrack aus Bremen (Augmented-Reality-Anwendung für Indoor-Kletterhallen) sowie Cryptomator aus Bonn (Open-Source-Client zum Verschlüsseln und Speichern von Daten in Cloud-Diensten).

Flankiert wird das „Research & Innovation“-Programm vom traditionellen Konferenzforum „future talk“. Jeden Tag stehen dort andere Forschungsbereiche im Mittelpunkt. Den Auftakt am 14. März machen die Themen „Artificial Intelligence, Smart Services & Networked Worlds“. Am Dienstag (15. März) geht es um das „Web of Everything, Human-Machine Interaction & Urban Visions“. Der Mittwoch ist „Cyber-Physical Systems, Wearable Computing & Virtual/Augmented Reality“ vorbehalten. Am 17. März kommen Spiele-Interessierte bei der „Serious Games Konferenz“ auf ihre Kosten. Der Freitag ist für „Digitale Diplomatie“ reserviert. Insgesamt sind 60 Vorträge geplant.

In der Mitte von Halle 6 befindet sich zudem der sogenannte „Science Square“, eine bereits von der Hannover Messe bekannte

„Speaker's Corner“, die in diesem Jahr ihre Premiere auf der CeBIT feiert. Aussteller mehrerer Bundesländer-Gemeinschaftsstände präsentieren dort im Halbstundentakt Highlights aus Forschung und Technologie. (pmz@ct.de)

ETH Zürich: Halle 6, Stand D30

Bundesforschungsministerium: Halle 6, Stand A34

Konferenzforum „future talk: Halle 6, Stand B54

Science Square: Halle 6, Stand C26

**Die ETH Zürich zeigt auf der CeBIT den „In situ Fabricator“, ein autonom arbeitendes Robotersystem für den Einsatz auf Baustellen.**



Bild: ETH Zürich

Anzeige

## Großes Server-Gerät in Halle 2 Xeon D mit 16 Kernen

In der CeBIT-Halle 2 findet ein Flächenkampf zwischen USA und China statt: IBM und Huawei bauen riesige Stände auf, um ihre jeweils riesigen Produktpaletten zu präsentieren.

Bei IBM spielen Dienstleistungen und Künstliche Intelligenz alias Cognitive Computing (siehe S.124) die Hauptrollen. Doch es gibt auch Storage- und Server-Hardware zu sehen, außerdem will man junge Firmen und Maker anlocken, etwa mit Cloud-Angeboten.

Zu den Hardware-Neuheiten zählt der Linux-Mainframe LinuxONE mit Hardware aus der z13-Baureihe und Red Hat, Suse oder Ubuntu als Betriebssystem. In der LinuxONE Rockhopper stecken bis zu 20 z-Prozessorkerne und 4 TByte RAM. Bei der größeren „Emperor“-Maschine können es bis zu 141 Kerne und 10 TByte RAM für maximal 8000 virtuelle Maschinen werden. Besonders bei der LinuxONE ist auch das Preissystem, bei dem vor allem nach Nutzung abgerechnet wird.

Bei Huawei stehen komplette Rechenzentren und Telekom-Infrastruktur im Vordergrund, aber es gibt außerdem Storage-Systeme sowie x86-Server. Über Systemhäuser wie ICO verkauft Huawei auch Server an kleinere Kunden. (ciw@ct.de)

IBM: Halle 2, Stand A10  
Huawei: Halle 2, Stand B54



IBMs Mainframe LinuxONE Rockhopper

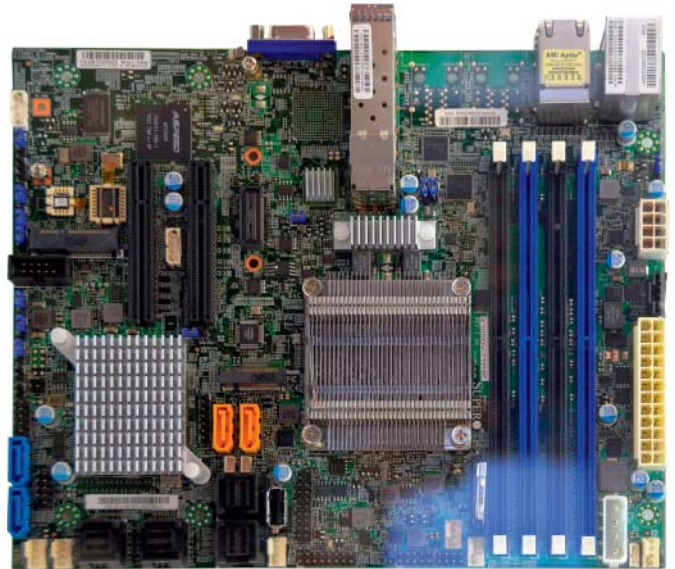
Supermicro zeigt das Mainboard X10SDV-7TP8F mit dem System-on-Chip Xeon D-1587. Der 65-Watt-Chip enthält 16 Broadwell-Rechenkerne mit 32 Threads und steuert bis zu 128 GByte DDR4-ECC-Speicher an.

Auf dem aufgelöteten, also nicht wechselbaren Prozessor sitzt ein Kühlkörper, der auf einen Lüfter oder eine Lufthutze mit redundanten Ventilatoren angewiesen ist. Supermicro bringt acht Netzwerkports auf das Board: zwei SFP+-Fassungen für die beiden

integrierten 10-Gbit/s-Ethernet-Ports des Xeon D-1587, zusätzlich die vier 1-Gbit/s-Ports eines Intel I350-AM4 und zwei I210-AT. Auch Fernwartung ist eingebaut (Aspeed AST2400).

Bis zu 20 Festplatten lassen sich direkt anschließen: Vier an den SATA-Ports des Xeon D, 16 weitere über vier Mini-SAS-HD-Buchsen am Avago-Chip LSI 2116. Das Board lässt sich mit zwei PCIe-x8-Karten erweitern. (ciw@ct.de)

Supermicro: Halle 12, Stand A68/B67



Das X10SDV-7TP8F ist mit dem Octo-Core Xeon D-1537 bestückt, bald kommt eine Version mit 65-Watt-Sechzehnder Xeon D-1587.

## Open Stack, OpenPOWER und OwnCloud

In Halle 12 veranstaltet die britische Firma Datacenter Dynamics (DCD) zum zweiten Mal die DCD Converged Conference, die Trends bei Server, Storage und Rechenzentren vorstellt. In diesem Jahr ist der Eintritt zu den Vorträgen auf den zwei Bühnen frei; man findet sie im Westen und Osten der Halle. Im Osten geht es unter dem Motto Stacking IT um Open-Source-Lösungen wie OpenStack, die CPU-Architektur OpenPOWER und OwnCloud. Zu den Sprechern gehören Monty Taylor von der OpenStack Foundation (Montag, 12.30 Uhr), Calista Redmond und David Turek von IBM/OpenPOWER (Dienstag, 12 und 13.30 Uhr) und Holger Dyroff von OwnCloud (Donnerstag, 13.45 Uhr).

Zwischen den DCD-Bühnen verteilen sich Aussteller mit Produkten aus dem erwähnten Themenkreis, etwa Rittal, proRZ Rechenzentrumsbau oder der USA-Gemeinschaftsstand mit Firmen wie Supermicro, Eurostor oder Open-e. Auch die NAS-Hersteller QNAP und Synology haben sich in Halle 12 angesiedelt. (ciw@ct.de)

DCD Stacking IT-Stage: Halle 12, Stand B81

Rittal: Halle 12, Stand B33

proRZ: Halle 12, Stand B15

USA Gemeinschaftsstand: Halle 12, Stand A68

QNAP: Halle 12, Stand B75

Synology: Halle 12, Stand B59

## Verteiltes Storage-System Amplidata Himalaya

Die Firma DTS Systeme vertreibt das verteilte Speichersystem Himalaya Enterprise der heutigen HGST-Sparte Amplidata. Die Daten liegen dabei auf mehreren physischen Systemen, die sich auf viele Racks verteilen können und sogar auf geografisch weit voneinander entfernte Rechenzentren.

Das im belgischen Gent entwickelte Object-Storage-System skaliert in den Multi-Peta-byte-Bereich und schützt Daten per Erasure

Coding vor dem gleichzeitigen Ausfall von bis zu 19 Festplatten oder SSDs (BitSpread). Durch den parallelen Zugriff auf viele Objekte gleichzeitig sind Datenraten von mehreren 100 MByte/s pro Stream möglich. Die Gateway-Server stellen die Daten nach Bedarf via CIFS (Samba/SMB), iSCSI, NFS und Amazon-S3-kompatibel bereit. (ciw@ct.de)

DTS Systeme: Halle 6, Stand E16



## Minirechner und PC-Komponenten

Dem veränderten Profil der CeBIT folgend gibt es auf der Messe vorrangig Business-Hardware zu sehen. Der PC-Hersteller Shuttle zeigt vor allem kompakte Rechner mit Skylake-Prozessoren, die sich fürs Büro oder für Digital-Signage-Anwendungen eignen. Dazu zählen das PC-Barebone SZ170R8, welches Platz für vier 3,5"-Laufwerke bietet. Zudem erhalten die Mini-PCs der Serie XPC Slim mit 1- und 3-Liter Volumen und XPC Nano ein Update auf die sechste Generation der Core-i-Prozessoren.

Die übrigen Hardware-Hersteller sind über die Hallen 14 bis 17 verstreut. Die meisten davon stellen im Planet-Reseller-Bereich in Halle 15 aus, dessen Zutritt auf Fachbesucher, Aussteller und Journalisten beschränkt ist. Am Stand des Distributors Api zeigen unter anderem Asus, MSI und Gigabyte ihre Mainboards, Grafikkarten sowie All-in-One- und Mini-PCs. Mit Business-Rechnern sind

**In den PC-Barebone Shuttle SZ170R8 passen leistungsfähige Dual-Slot-Grafikkarten sowie vier 3,5"-Laufwerke hinein.**

dort Acer und Lenovo vertreten. Antec präsentiert am Api-Stand unter anderem die Wasserkühlungen H2O H600Pro und H1200Pro sowie die Gaming-PC-Gehäuse GX200, GX330 und GX1000. (chh@ct.de)

*Lian Li: Halle 17, H24/1*

*Shuttle: Halle 2, B35*

*Silverstone: Halle 17, H18*

*Api: Halle 15, D20 (Planet-Reseller-Bereich)*



## Ausblick auf Core i7-6900X

Bald will Intel die im Herbst 2014 vorgestellte X99-Plattform aufwerten. Auf X99-Mainboards mit der Fassung LGA2011-v3 laufen bisher nur die drei Haswell-E-Prozessoren Core i7-5960X, -5930K und -5820K mit je acht beziehungsweise sechs physischen CPU-Kernen. Demnächst wird der Broadwell-E mit bis zu zehn Kernen erwartet, dessen Flaggschiff vermutlich Core i7-6950X heißen wird.

Bislang verrät Intel über den Broadwell-E keine Details, aber der Mainboard-Hersteller Gigabyte hat für einige X99-Boards bereits BIOS-Updates bereitgestellt, um „zukünftige

neue Prozessoren“ zu unterstützen. Außerdem sind glaubwürdige Präsentationsfolien zu den Broadwell-E-Typen Core i7-6950X, -6900K, -6850K und -6800K mit 10, 8 und 6 Kernen aufgetaucht.

Die Mainboard-Hersteller Asus und Gigabyte sind im Planet-Reseller-Bereich für Fachbesucher in Halle 15 am Stand D20 des Distributors Api vertreten. Auch der Server-Spezialist Supermicro hat X99-Mainboards im Programm und ist in Halle 12 am USA-Gemeinschaftsstand A68 unter B67 zu finden. (ciw@ct.de)

**Für Mainboards wie dieses Gigabyte GA-X99-SLI kommt wohl bald der Core i7-6950X mit zehn Rechenkernen.**



Anzeige



Andreas Stiller

# Prozessorgeflüster

## Von ARMv8 und IoT

**ARMv8 und Internet of Things: Wo man hinschaut, sind die beiden schon da oder im Anmarsch, wie beim neuen Raspberry Pi 3. Intel will aber auch mitspielen.**

Die traditionell Anfang Februar stattfindende International Solid-State Circuit Conference ISSCC wurde im letzten Prozessorgeflüster von Gravitationswellen in den Hintergrund gedrängt. Mit dem Schwerpunkt Internet of Things (IoT) war die ISSCC aber auch aus Prozessorsicht nicht ganz so spannend wie in früheren Jahren. Der größte neu vorgestellte Prozessor war ein Neunkerner von Renesas zur Erkennung und Vorhersage von Fehlern in Automotive-Hardware, auch natürlich in Hinblick auf selbstfahrende Autos. Herausheben kann man einen kleinen KI-Prozessor für Mikroroboter aus Korea, der bei 0,55 V nur 1,1 mW verbraucht.

Habe ich im letzten Geflüster noch über den deutschen Computer-Pionier Heinz Billing berichtet, der kurz vor seinem 102. Geburtstag steht, so ist einer der bedeutendsten amerikanischen Pioniere jetzt 88-jährig verstorben. Wesley A. Clark gilt als einer der Väter des ersten transistorisierten Computers, des TX-0, dessen Kernspeicher immerhin schon 64 Kilo-Worte von je 18 Bit Länge fasste. Dessen Konzept hat Projektleiter Kenneth Olsen dann für die PDP-1 seiner später gegründeten Firma Digital Equipment Corporation übernommen. Clark hingegen blieb beim MIT und entwickelte zusammen mit seinem Kollegen Charles Molnar den LINC, den viele als ersten Minicomputer der Welt betrachten.

Der LINC war ein Vorläufer des ersten Personal Computer, doch der kam dann ausnahmsweise nicht aus den USA – sondern 1965 aus Italien: die Olivetti Programma 101. Okay, sie war zwar eher ein programmier-

barer Tischrechner als ein PC, aber mit interessanter Laufzeit-Speichertechnik: seriell über Magnetdrähte. Eine Art Tonkopf speiste dabei für jedes der 10 Register die 22-stelligen Zahlen seriell ein und las sie nach kurzer Verzögerungszeit am Ende wieder aus. Als Permanent-Speichermedium kamen Magnetkarten zum Einsatz.

Über die Programma 101 wollte ich eigentlich schon im letzten Prozessorgeflüster berichten, weil sie – der Fachhochschule Hannover sei Dank – der erste Rechner war, auf dem ich vor fast 50 Jahren als Schüler Programmversuche machen durfte. Ich habe heute noch einige, leicht grün angelaufene Programma-Magnetkarten mit solchen aufwendigen Programmen wie der Suche nach pythagoräischen Zahlentripeln oder der Sinusberechnung ...

Den Sinus ermittelt inzwischen üblicherweise Microcode in den FPU's der Prozessoren, selbst in den kleinsten IoT-Chips. Für die IoT-Edition von Windows 10 jedoch sind Intels Quark-Prozessoren im Galileo-System doch etwas zu schlapp; Microsoft hatte schon Ende November 2015 angekündigt, von einer Unterstützung doch lieber Abstand zu nehmen und sich auf Raspberry Pis zu konzentrieren.

Daneben will Microsoft bei IoT kräftig mitmischen, etwa in der zusammen mit Intel, Samsung, Cisco, Qualcomm und weiteren neu formierten Open Connectivity Foundation (OCF). Die soll Spezifikationen und Protokolle für das Internet der Dinge erstellen und vereinheitlichen, denn bei der IoT-Standardisierung

herrscht bislang ziemliches Chaos. Mehr dazu wird man vielleicht auf den bevorstehenden Messen in Hannover erfahren können, auf der CeBIT ist Halle 13 für IoT reserviert. Und noch mehr IoT oder Industrie 4.0 kann man einen Monat später auf der weltgrößten Industriemesse sehen, bei der Obama als Präsident des Partnerlands USA zur Eröffnung kommt.

## Raspi 3 mit ARMv8

Während sich Intel mit den Quarks schwertut und die Smartphone-Firmen Atoms weiter verschmähen, ist nun die 64-Bit-ARM-Technik auch im 40-Euro-Computer angekommen, nämlich im Raspberry Pi 3 Model B. Weiterhin liefert Broadcom den Chip zu, jetzt heißt er BCM2837 und enthält vier Cortex-A53-Kerne mit 1,2 GHz Taktfrequenz. Dank Takt-Schub und ARMv8-A-Architektur, die auch manche 32-Bit-Software auf Trab bringt, rechnet der Raspi 3 deutlich schneller als seine Vorgänger (siehe S. 22). Das Betriebssystem Raspbian bleibt übrigens zunächst 32-bittig, erst allmählich will man sich in die 64-Bit-Welt vorwagen.

Der Raspi 3 funkt auch von Haus aus per WLAN und Bluetooth Low Energy, dafür sitzt ein BCM43438 auf der Platine. Den im Vergleich zu heutigen Smartphones schlappen Grafikprozessor VideoCore IV behalten die Raspi-Designer aber bei, weil es dafür die umfangreichste öffentliche Dokumentation gibt – schließlich will man den Raspi immer mehr „open“ machen statt weniger.

Von dem schon 2013 angekündigten Server-SoC „Vulcan“ hört man bei Broadcom aber nichts Neues. Und aus dem ruinösen Preiskampf für Smartphone-Prozessoren hat man sich bereits verabschiedet, genau wie Marvell, Nvidia, TI, NXP/Freescale und andere. Doch für WLAN-Router hat Broadcom den stromsparenden kleinen BCM4908 mit ebenfalls vier Cortex-A53-Kernen angekündigt. Der Name Broadcom bleibt dabei trotz der 37 Milliarden US-Dollar teuren Übernahme durch Avago erhalten, weil die Mutter ins Namenskleid der neuen Tochter schlüpft.

Mit zu den Firmen, die ARMv8-Prozessoren für Embedded und IoT im Angebot haben, gehört auch Marvell. Doch die für Festplatten- und SSD-Controller bekannte Marke stand jahrelang vor einer ungewissen Zukunft wegen eines zähen Patentstreits mit der Carnegie Mellon University (CMU). Die ersten Urteile sahen Schadenersatz in Milliardenhöhe vor. Nun einigten sich die beiden außergerichtlich auf 750 Millionen Dollar: den größten Betrag, den jemals eine Uni wegen Patentgeschichten einstreichen konnte. Dabei ging es doch bloß um Techniken zur Lärmreduzierung bei Festplatten – mit SSDs hätte man dieses Problem gar nicht gehabt. (as@ct.de)

**Den ersten programmierbaren Desktop-Rechner, die Olivetti Programma 101, kann man unter anderem im Deutschen Museum bewundern.**



Bild: Wikimedia, GNU Free Documentation Licence



Christof Windeck

# Das Weben am Dinge-Netz

Embedded World 2016: IoT, Software, Sicherheit

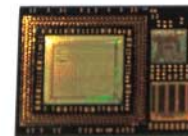
Es geht mehr um Software und Integration, weniger um einzelne Chips auf der gut besuchten Embedded-Systems-Messe in Nürnberg. Hier zeigt sich das Internet der Dinge im Entstehen – in vielen, oft überraschenden Details.

**M**ancher mag den Begriff schon nicht mehr hören: Das Internet of Things (IoT) ist nun schon seit Jahren im Kommen begriffen. Wie ein Chamäleon seine Farbe wechselt es je nach Blickwinkel und Interessenlage seine Namen: Machine-to-Machine (M2M), Industrie 4.0, Industrial IoT (IIoT), Internet of Everything. Alles meint letztlich dasselbe, nämlich dass immer mehr Systeme untereinander und mit Cloud-Rechenzentren kommunizieren. Das macht einerseits neue Geschäftsmodelle möglich, erzwingt sie andererseits aber auch. IoT verästelnd sich immer weiter und treibt in der wachsenden Industriesparte der eingebetteten (IT-)Systeme immer neue Blüten.

Immer weniger geht es um den einzelnen Chip oder auch das einzelne System, wichtiger wird die Integration unterschiedlicher Produkte unter einer gemeinsamen Software-Decke. Das gilt auch für die Kommunikation der einzelnen IoT-Systeme untereinander und mit den jeweiligen Steuersystemen.



In das Single Chip System Module (SCM, vorne) packt NXP ein i.MX6-SoC mit bis zu vier Cortex-A9-Kernen, Flash-Speicher und vieles mehr.

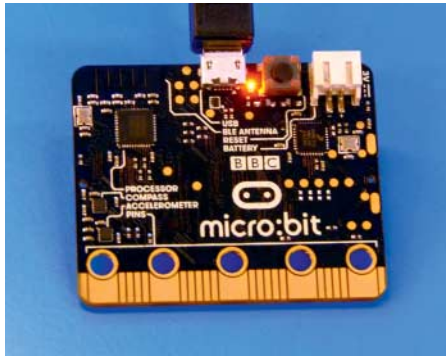


Dafür stehen etablierte Verfahren wie Ethernet, WLAN und Mobilfunk zur Wahl, für den Nahbereich gibt es etwa Bluetooth Low Energy (LE) und Zigbee. Für die Zukunft kommen besonders sparsame, billige und schmalbandige Mobilfunksysteme wie LoRaWAN: Long-Range Wide-Area Networks. Sie bringen ein

IoT-Device direkt in die Cloud, ohne Umweg über Gateways, und sollen so sparsam arbeiten, dass Batterien jahrelang durchhalten.

Doch außer der Funktechnik müssen auch etwa Protokoll und Authentifizierung stimmen. Auf dem gleichzeitig stattfindenden Mobile World Congress (MWC, siehe S. 16)

Anzeige



Der BBC Micro-Bit soll Schulkinder zum Programmieren verleiten.

wurden einige Allianzen für einheitliche Kommunikationsstandards für IoT-Systeme vorgestellt, etwa die Open Connectivity Foundation (OCF) mit den Gründungsmitgliedern Intel, Samsung, Cisco, Microsoft und Qualcomm. Die Ziele verdeutlicht ein Beispiel aus dem Bereich Smart Home: In Zukunft soll ein Funk-Thermostat der Firma A am Heizkörper über das zentrale Gateway der Firma B mit der Gasheizung der Firma C sprechen können. Andere Allianzen schreiben sich die IoT-Sicherheit auf die Fahne, etwa eine Kooperation zwischen Infineon, GlobalSign und dem UNH InterOperability Lab. Ziel ist hier eine Public-Key-Infrastruktur (PKI) zur Sicherung der IoT-Kommunikation.

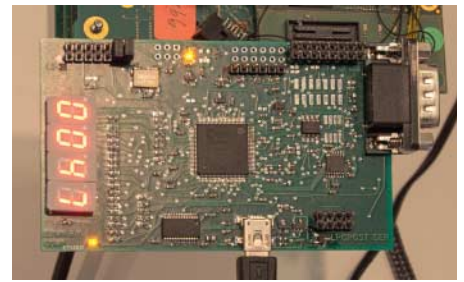
## Pakete statt Chips

Die vielen verwirrenden Details überfordern kleine und junge Unternehmen, die neue IoT-Ideen umsetzen wollen. Immer mehr

Hardware-Hersteller bieten deshalb Komplettpakete an, oft an Vorbilder wie Raspberry Pi oder Arduino angelehnt: Bezahlbare und erweiterbare Developer-Kits mit Steckbuchsen für die wichtigsten Schnittstellen und die Stromversorgung. Dazu kommen ordentliche Dokumentation, eine zumindest für Prototypen kostenlose Entwicklungsumgebung, Code-Beispiele aus der Praxis und oft auch eine Online-Community. Nach diesem Rezept hat Texas Instruments (TI) nach eigenen Angaben schon mehr als eine Million der hauseigenen LaunchPads verkauft.

Für die jüngsten Entwickler gibt es bald den BBC Micro-Bit, der am Stand von Nordic Semiconductor zu sehen war, dem Zulieferer des nRF51822: Darin stecken ein ARM Cortex-M0 (16 MHz) mit 16 KByte SRAM sowie 256 KByte Flash für die Firmware – und vor allem ein Bluetooth-LE-Controller. Chips von Freescale steuern den USB-Anschluss und Sensoren bei. Programmieren lässt sich der Micro-Bit unter anderem mit Microsoft Touch Develop direkt aus der Cloud.

Nagelneu ist das Single Chip System Module (SCM) von NXP, in dem als Herzstück ein i.MX6-SoC der 2015 zugekauften Sparte Freescale steckt. Die Besonderheit beim SCM ist die enorme Integrationsdichte: NXP packt das ARM-SoC zusammen mit dem passenden Power Management IC (PMIC) und Flash-Speicher auf ein gemeinsames Modul, das auch noch mehr als hundert weitere Bauelemente enthält. Obenauf thront als Package-on-Package (PoP) noch ein DDR2-SDRAM. Unter der sperrigen Bezeichnung QWKS-SCMIMX6DQ können Entwickler ein Quick-Start-Board kaufen, das sich unter anderem mit Arduino-Shields erweitern lässt.



Port-80-Diagnose per LPC mit dem PCPost-Adapter von Eltan.

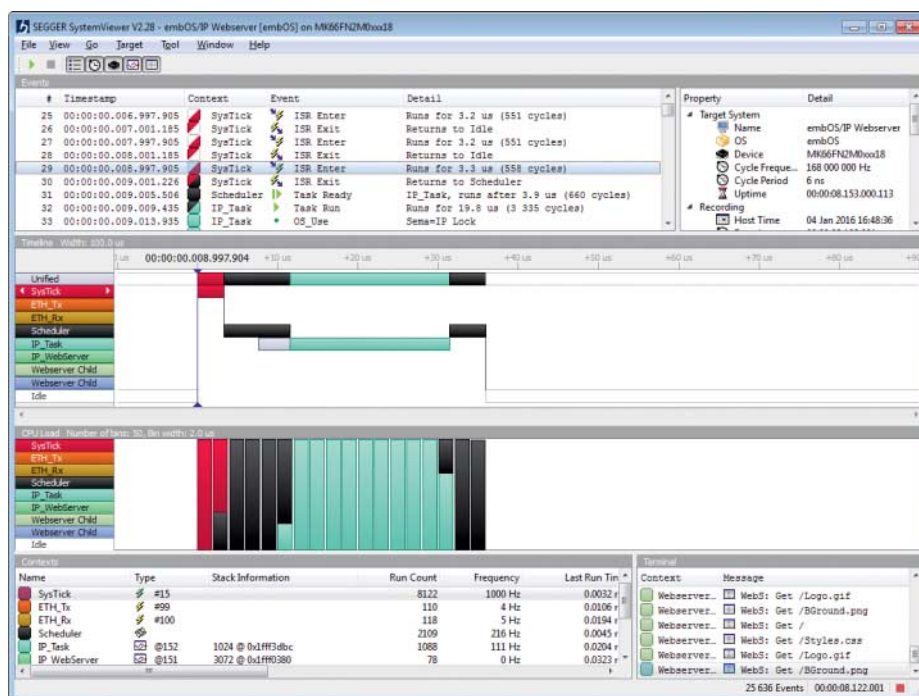
## Software braucht Tools

Zahlreiche Aussteller auf der Embedded World greifen Entwicklern mit Werkzeugen für Software-Tests und zur Fehlersuche unter die Arme. Fürs Debugging braucht man bei vielen Embedded Systems zusätzliche Hardware wie JTAG-Adapter, weil sie selbst nicht über Display, Standard-Schnittstellen oder Logging-Funktionen verfügen. Segger SystemView wertet Daten aus, die das Testsystem beispielsweise per JTAG-Schnittstelle liefert. Der Programmierer bindet dazu Code ein, der nur sehr wenig anteilige Laufzeit benötigt, aber bei vielen Systemen eine Analyse bis hin zum Echtzeit-Verhalten ermöglicht. So lassen sich etwa genau die Ausführungszeiten für Interrupt-Routinen ausstopfen.

Auch in manchen x86-SoCs steckt ein JTAG-Port, Fehlermeldungen während des Power-On Self Test (POST) liefert das (UEFI-) BIOS aber auch über den I/O-Port 80. Das klappt bei modernen BIOS-Typen und Coreboot zwar immer noch, mangels ISA- oder PCI-Bus kommt man aber nicht mehr so leicht an die Port-80-Signale heran. Doch es gibt noch das Low-Pincount-(LPC)-Interface, das viele Mainboards bereitstellen, um ein Trusted Platform Module (TPM) anzuschließen. Dort fischt der PCPost-Adapter der niederländischen Firma Eltan Port-80-Meldungen ab und zeigt die Fehlercodes nicht bloß an, sondern versteht sie auf Wunsch auch mit Zeitstempeln.



AMDs neue Embedded-APU-Familien G I und G J sind pinkompatibel zum „Merlin Falcon“ auf diesem COM-Express-Board von Congatec.



SystemView von Segger belauscht Embedded Systems via JTAG auf den Takt genau.

## Systems-on-Chip

Klassische Chip-Vorstellungen gab es auf der Embedded World auch. ARM kündigte zwei neue Cortex-Typen an, nämlich Cortex-A32 und Cortex-R8. Letzterer ist für Echtzeit-Anwendungen gedacht oder zur Integration in extrem leistungsfähige Modems, wie sie für 5G-Mobilfunk nötig sind. Mit maximal rund 26 000 CoreMark-Punkten bewegt er sich in Leistungsregionen, die einst ein Pentium 4 erreichte.

Der Cortex-A32 wiederum gehört zur Architekturfamilie ARMv8-A, die bisher nur 64-bittige Mitglieder hat. Der Cortex-A32 ist aber ein 32-Bitter. Was zunächst kurios wirkt, hat laut ARM gute Gründe: Der In-Order-Kern ist besonders klein und verarbeitet über 100 neue 32-Bit-Befehle. Ein Cortex-A32 soll bei gleicher Fertigungstechnik und gleichem Takt deutlich leistungsfähiger und effizienter sein als ein Cortex-A7.

Während ARM-Cores nur Blaupausen für Prozessorkerne sind, die andere Firmen in ihre physischen Systems-on-Chip (SoCs) integrieren, hat AMD drei „echte“ SoCs neu vorgestellt, die alle zur „G“-Familie für Embedded Systems gehören. Bei Brown Falcon (G I) und Prairie Falcon (G J) handelt es sich um abgewandelte Carrizo-APUs, die pinkompatibel sind zum 2015 eingeführten „R“-Typ Merlin Falcon. Diese Plattform nennt AMD FP4, sie ist für DDR4- oder auch noch DDR3-RAM und PCI Express 3.0 ausgelegt. Die G-I/J-Typen sind schwächer, aber auch sparsamer und billiger als der Merlin Falcon, der etwa in Geldspielautomaten mit üppiger 3D-Grafik steckt. Boardhersteller wie Congatec, DFI oder Sapphire können also recht einfach ihre Merlin-Falcon-Designs für andere Einsatzbereiche anpassen, indem sie einen G I oder G J auflöten. Die TDP dieser Chips liegt bei maximal 15 Watt. Sie dekodieren HEVC-Videos bis zur 4K-Auflösung und steuern Dis-



Das Toradex-Modellauto fährt auf einem Förderband. Die Kamera seines Assistenzsystems erfasst simulierte Verkehrssituationen, die auf dem Monitor erscheinen.

plays per DisplayPort 1.2, Embedded DisplayPort 1.4 und HDMI 2.0 an.

Den ebenfalls neuen G LX will AMD zu Preisen verkaufen, die man bisher angeblich nur von 32-Bit-ARM-SoCs kennt. Er passt zur 2013 mit eKabini ins Leben gerufenen Plattform FT3 mit einem einzigen DDR3-SDRAM-Kanal und PCIe 2.0. Beim sparsamsten GX-208JL takteten die beiden Puma-Prozessorkerne mit 800 MHz, die einzige Compute Unit (CU) bringt es auf 267 MHz. So bleibt der GX-208JL unter 6 Watt.

Intel hatte keine neuen Chips dabei, aber bereits auf dem IDF im Herbst 2015 die Innovation Engine (IE) angekündigt: Das ist ein zusätzlicher Mikrocontroller, der im Chipsatz eingebaut ist beziehungsweise in SoCs steckt. Die IE erinnert an die Management Engine (ME), die Intel nicht mehr bloß für Fernwartungsfunktionen wie die Active Management Technology (AMT) verwendet, sondern auch für die Initialisierung des Systems vor dem Booten. Genau wie die ME-Firmware wird auch die IE-Firmware kryptografisch gesichert, aber der IE-Code stammt nicht von Intel: Hersteller von Mainboards, Servern und

Embedded Systems sollen die IE für eigene Ideen nutzen. Der BIOS-Spezialist American Megatrends (AMI) verkauft dafür die Fernwartungs-Firmware MegaRAC PM-X, die unter anderem IPMI 2.0 nachrüstet: Diese Schnittstelle für Sensordaten – Lüfterdrehzahlen, Temperaturen, Betriebsspannungen – unterstützt Intels AMT selbst nicht. Die IE soll mit der Server-Plattform Purley (Skylake-EP) 2017 starten und in Embedded-Chips einziehen.

## Vielfalt

Zu den wichtigsten Themen einer Embedded-Systems-Messe am Standort Deutschland gehört die Automobilelektronik (Automotive). Hier stehen zurzeit Assistenzsysteme (ADAS) und (teil-)autonomes Fahren im Fokus. Dafür sind viel Rechenleistung und hohe Transferaten für Sensordaten nötig, während die Leistungsaufnahme nicht aus dem Ruder laufen darf und höchste Zuverlässigkeit zu gewährleisten ist. Für solche Anwendungen stellte Xilinx das Zynq UltraScale+ MPSoC aus der 16-nm-Fertigung vor, welches ARM-Kerne und FPGA vereint. (ciw@ct.de)

Anzeige



## Modulares PC-Gehäuse

Wem übliche PC-Gehäuse zu unspektakulär sind, der kann seiner Fantasie mit der Dreambox von Aerocool freien Lauf lassen. Der Hersteller liefert einen Bausatz aus 118 Einzelteilen. Aus den Aluminiumrohren und verschiedenen Steckverbindern baut man sich einen Rahmen zusammen, an dem die einzelnen PC-Komponenten mit Metallträgern befestigt werden. Zum Lieferumfang zählen eine Halterung für

ein ATX-Netzteil sowie ein Modul für die Frontanschlüsse. Seitenelemente, um das Gehäuse zu schließen, gibt es nicht.

Möglich ist unter anderem ein PC-Gehäuse in Form eines Hub-schraubers. Alternativ lassen sich auch zahlreiche andere Dinge basteln wie ein Kleiderständer, Tassenhalter oder eine Kopfhörerablage. Die Aerocool Dream Box ist ab sofort für 110 Euro im Handel erhältlich. (chh@ct.de)



Egal ob Tower oder Test Bench, die Dreambox von Aerocool lässt sich an eigene Wünsche anpassen.

## Android 6.0 und Vulkan für Shield

Nvidia hat seine Streaming-Box Shield Android TV auf Android 6.0 aktualisiert und ihr neue Funktionen spendiert. Nach dem 811 MByte großen Update unterstützt Shield die neue 3D-Schnittstelle Vulkan, die Hardware effizienter auslastet und dadurch speziell dafür entwickelte Spiele schneller darstellen soll (siehe Seite 50). Bis dato gibt es allerdings noch keine Vulkan-Spiele für die Nvidia-Konsole.

Neuerdings lässt sich der interne Speicher durch einen USB-Stick oder eine SD-Karte vergrößern. Dazu muss man den externen Speicher zunächst im Shield-Menü formatieren, wodurch er verschlüsselt wird und den bisherigen internen Speicher komplett ersetzt. Daher ist diese Funktion nur für Besitzer der normalen (16 GByte) und nicht der Pro-Version des Shield Android TV (500 GByte) interessant.



Nvidia bringt Android 6.0 auf seine Streaming-Box Shield – und unterstützt die 3D-Schnittstelle Vulkan.

## Mini-Rechner: Lüfterlos und aufrüstbar

MSI hat seine Serie kompakter Desktop-PCs um zwei Modelle erweitert: Der Cubi N kommt ohne Lüfter aus und eignet sich beispielsweise zur Medienwiedergabe an 4K-Fernsehern oder für Digital-Signage-Anwendungen (Werbe-Displays). Im Cubi 2 Plus mit Mini-STX-Mainboard steckt leistungsfähigere Desktop-PC-Hardware. Er eignet sich zum Beispiel als kleiner Büro-Rechner.

Der passiv gekühlte Cubi N mit 0,7 Litern Volumen kostet in der Basisvariante mit Celeron N3150 (4 Kerne, 1,6 GHz), 2 GByte DDR3L-RAM, 32 GByte mSATA-SSD und Windows 10 Home 250 Euro. Per HDMI 1.4 kann er 4K-Displays mit 30 Hz ansteuern. Das reicht für Filme, aber nicht fürs ruckelfreie Arbeiten auf dem Windows-Desktop. Dank einer zusätzlich mitgelieferten, hervorgewölbten Bodenplatte passen auch 2,5"-Laufwerke in den Mini-PC hinein. Für die Variante mit 4 GByte Arbeitsspeicher, 1-TByte-Festplatte und Pentium N3700 (4 Kerne, 1,6 GHz, Turbo: 2,4 GHz) verlangt der Hersteller rund 400 Euro.

Der Cubi 2 Plus ist mit 1,3 Litern Volumen etwas größer und mit einem LGA1151-Prozessor Core i3-6100T (2 Kerne mit Hyper-

Threading, 3,2 GHz), 4 GByte DDR4-Speicher und einer M.2-SSD mit 128 GByte Kapazität ausgestattet. Die Komponenten sitzen auf einem Mainboard im neuen Mini-STX-Format (14,7 cm × 14 cm) und lassen sich leicht aufrüsten. Über den DisplayPort steuert der Cubi 2 Plus Ultra-HD-Monitore mit 60 Hz an, per HDMI 1.4 klappt das in dieser Auflösung mit 30 Hz. Einen der USB-3.0-Ports führt MSI als Typ-C-Buchse nach außen, was den Anschluss moderner Smartphones erleichtert. Ohne Betriebssystem kostet der Cubi 2 Plus 520 Euro. (chh@ct.de)



Dank sparsamer Mobiltechnik kommt MSI beim Cubi N mit Passivkühlung aus und macht so auch bei der Wiedergabe von Filmen in 4K-Auflösung keine Geräusche.



## Hardware-Notizen

Für leistungsfähige Prozessoren eignet sich der **CPU-Kühler** Alpenföhn Olymp. Mit zwei Lamellentürmen und zwei 14-cm-Lüftern soll er laut Hersteller bis zu 340 Watt Abwärme abführen. Inklusive der beiden PWM-Lüfter kostet der 1,2 kg schwere Olymp 80 Euro.

Der **Crimson-Treiber 16.2** von AMD behebt zahlreiche Fehler bei Fallout 4 und verbessert die Performance von Radeon-Grafikkarten bei Rise of the Tomb Raider sowie beim DirectX-12-Benchmark des Spiels Ashes of Singularity.

**ct** Crimson 16.2 zum Download: [ct.de/yuu2](http://ct.de/yuu2)

Filme mit einer Bildrate von 59,94 oder 23,97 fps lassen sich nun mit ihrer genauen Wiederholfrequenz wiedergeben; überdies wurde laut Nvidia die Farbwiedergabe bei YUV-4:2:0-Videos verbessert. In der Netflix-App lässt sich unterbrechungsfrei zwischen 5.1-Surround-Sound und einem Kopfhörermodus wechseln. Außerdem kann man Elemente der Leisten für Empfehlungen, Apps und Spiele händisch arrangieren. Der Google Play Store ist ein wenig aufgeräumter, auf das Leistungsmenü lässt sich mit einem Knopfdruck zugreifen und die CEC-Lautstärkesteuerung soll mit mehr Audio-Receivern funktionieren.

Die bisherigen Einstellungen der Apps und Login-Infos, etwa für die Netflix-App, bleiben nach der Installation erhalten, allerdings nicht manuell hinterlegte DNS-Adressen. (mfi@ct.de)



## Update-Pakete für Surface Book und Surface Pro 4 beheben Standby-Probleme

Microsoft hat Mitte Februar umfangreiche Update-Pakete für seine beiden Flaggschiffe veröffentlicht, das Notebook Surface Book und das Tablet Surface Pro 4. Sie widmen sich dem nervigsten Problem, das die Geräte bislang plagte: Im Standby war ihr Stromverbrauch zu hoch.

Wir haben die per Windows Update verteilten Patches auf beiden Geräten eingespielt und nachgemessen: Ein Surface Pro 4 (Core m3 / 128 GByte / 4 GByte) gab sich nun im Standby-Modus mit 1,1 Watt zufrieden statt vormals über 3 Watt, ein Surface Book (Core i5 / 256 GByte / 8 GByte / Nvidia-GPU) mit 1,7 Watt statt vormals über 6 Watt. Gelegentliche Peaks, die beim Surface Book auch mal jenseits von 20 Watt lagen, gehören zum erwarteten Verhalten: Beide Geräte nutzen Connected Standby und wachen deshalb von Zeit zu Zeit auf, damit sich alle offenen Anwendungen per WLAN aktualisieren können.

Um die Standby-Probleme zu lösen, musste Microsoft etliche Komponenten anfassen. Das Change-Log für das Surface Pro 4 umfasst sechzehn Einträge, die von Firmware-Updates bis hin zu neuen Grafik-, Audio- und Touch-Treibern reichen. Das Change-Log für das Surface Book listet ein siebzehntes Update, nämlich neue Firmware für das Tastatur-Unterteil mit der Nvidia-Grafik.



**Microsofts Surface Book und Surface Pro 4 geben sich im Standby deutlich genügsamer, wenn man die Mitte Februar veröffentlichten Update-Pakete einspielt.**

Dass Microsoft das Standby-Problem pünktlich zum Deutschlandstart des Surface Book gelöst hat, dürfte für US-Kunden kein Trost sein: Dort ist Microsofts erstes Notebook bereits seit dem Spätherbst verfügbar. Auch die Käufer des Tablets Surface Pro 4 sind von diesem Leid geplagt, denn das technisch eng verwandte Gerät ist dies-

jenseits des Atlantiks bereits mehrere Monate im Handel.

Trotz Updates sind weiterhin nicht alle Probleme gelöst, manche treten sogar stärker in Erscheinung als zuvor. Beispielsweise schalteten sich bei einem Surface Book im Redaktionsbestand die Hello-Kamera und die automatische Helligkeitsregelung nicht mehr ein, wenn das

Gerät mehrere Stunden heruntergefahren wurde.

Beide Probleme gab es auch vorher schon, doch traten sie bisher nur auf, wenn die Geräte in den Standby geschickt wurden, nicht aber beim Herunterfahren. Nach einem Neustart funktionieren Hello-Kamera und Helligkeitssensor wieder – bis zum nächsten Herunterfahren. (mue@ct.de)

Anzeige

## Staunen, jubeln, Flaggen schwingen

„Wir wollen Nummer Eins in Europa werden“, lautete eine gewagte Aussage von David Kou. Der General Manager von TP Vision Europe – der Firma, die die Marke Philips vor rund zwei Jahren komplett übernommen hat – weiß auch, wie: Man müsse das Vertrauen der Kunden gewinnen, beispielsweise mit Aktionen wie der 30-Tage-Rückgabe-Garantie. Dank der von Zalando & Co. abgeschauten Zusicherung können Käufer eines Philips-TVs ihr neues Fernsehgerät bei Nichtgefallen bis zu einem Monat nach dem Kauf ohne Angabe von Gründen zurückgeben.

Punkten will der taiwanische Hersteller auch mit dem Alleinstellungsmerkmal Ambilight respektive Ambilux. Die Erweiterung des Bildbereichs per Beamer über den TV-Rahmen hinaus wurde erstmals zur IFA 2015 präsentiert, nun kommt sie in Gestalt der 8901er-Serie auf den Markt – zunächst ausschließlich als 65-Zöller mit 1,65 Metern Bildhöhe. Ambilight-Geräte beleuchten die Wand hinter sich mit im Rücken angeordneten LEDs farbig passend zum jeweiligen Bildinhalt. Ambilux-TVs nutzen dafür neun kleine DLP-Beamerchen, die von schnell schaltenden RGB-LEDs bestrahlt werden. So entfällt zwar das sirrende Farbrad, die superhellen LEDs müssen allerdings gekühlt werden – der Lüfter ist bei leisen Szenen zu hören. Die Lebensdauer der Ambilux-Beamer liegt laut Philips bei mindestens 20 000 Stunden. Das reicht also für mehr als fünf Jahre bei täglich 10 Stunden TV-Konsum mit aktiviertem Ambilux.

Die Beamer-Anordnung kann im Takt der Musik blinken, die Bildkonturen auf die dahinter liegende Wand erweitern oder im



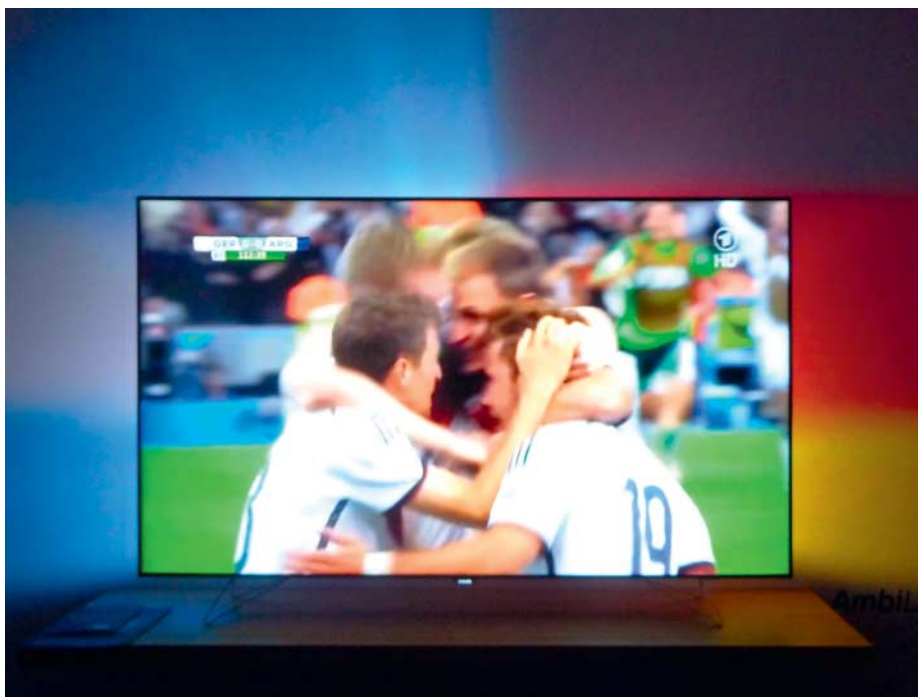
**Action:** Was das Ambilux-TV von Philips anzeigt, wird durch die Projektion hinter dem Display effektiv erweitert.

Gaming-Modus die Spieler stärker ins Geschehen hineinziehen, indem die Action schon außerhalb des Bildschirms beginnt. Die Wave-your-Flag-App soll Sportbegeisterte ansprechen: Zuschauer können die LEDs respektive Beamer farblich passend blinken lassen, wenn die Spannung beim Sprint zum Tor des Gegners steigt, ein Tor fällt oder der Schiri die rote Karte zückt. Die Wave-your-Flag-App ist für Android und iOS erhältlich und soll mit allen Ambilight-TVs ab 2012 funktionieren.

TVs mit dem neuen Logo Ultra HD Premium hat Philips derzeit nicht im Angebot. Bei den aktuellen Geräten aus der 7601er-Serie sitzen zwar viele kleine LEDs im Displayrücken – das sogenannte Direct-LED-Backlight –, die sich einzeln passend zum Bildinhalt ansteuern lassen und darüber satte Schwarzwerte erzeugen. Allerdings erreichen die TVs nicht die in den Vorgaben für Ultra HD Premium für die HDR-Wiedergabe geforderte maximale Helligkeit (Peak-Luminance) von 1000 cd/m². Auch ihr Farbraum deckt nicht das geforderte Minimum von 90 Prozent des P3-Farbraums ab. Die von Philips „HDR Premium“ genannten Geräte der 7600er- und der 8601er-Serie erreichen „nur“ eine Spitzenhelligkeit von 700 cd/m² und 72 Prozent des P3.

Die Vorgaben des UHD-Premium-Logos wird erst die kommende Generation der Philips-TVs erfüllen; das dürfte dann die 9000er-Serie zur IFA 2016 sein. Ob darunter auch ein OLED-TV sein wird, wollte der Hersteller Ende Februar auf einem Technik-Workshop nicht verraten. Immerhin so viel: Man feile weiter an der Technik und verwende OLED-Panels von LG Display. Derzeit passen die teuren OLEDs allerdings nicht in die Produktstrategie von Philips, erklärte David Kou.

Satte Farben im LCD-TV will Philips mit speziellen Phosphorbeschichtungen auf den Backlight-LEDs erzielen; Quantenpunkte wie Samsung verwende man nicht. In den Datenblättern findet Kunden die besonders farbstarken TVs unter der Bezeichnung „Premium Color“ – dazu gehören die TVs ab der 7101er-Serie. Alle neuen Ultra-HD-TVs beherrschen an ihren HDMI-2.0-Eingängen den Kopierschutz gemäß HDCP 2.2 und können HEVC-kodierte 4K-Inhalte wiedergeben. (uk@ct.de)



**Schauen, jubeln, Flagge zeigen:** Die Philips-App „Wave-your-Flag“ hebt die Stimmung durch passende Hintergrund-Bemalung.



## Mehr LEDs für mehr Kontrast

Die größte Herausforderung des Jahres sei es, den Kunden die Vorzüge von Ultra HD und HDR-Kontrast (High Dynamic Range) nahe zu bringen, erklärte Sonys europäischer Produktgruppenchef Motoi Kawamura im Gespräch mit c't. Deshalb habe sich Sony für eine eigene Bezeichnung an Stelle des von der Ultra HD Alliance entwickelten Logos „Ultra HD Premium“ entschieden. Das UHD-Premium-Logo sei nur für Fernsehgeräte gedacht, Sony wolle aber die gesamte Kette von der Aufnahme-Kamera über den Player bis zur Ausgabe am TV-Schirm abdecken. Das erreiche man mit dem eigenen Logo namens „4K-HDR“.

Obwohl kein Sony-TV das Logo der Ultra HD Alliance trage, seien dennoch einige Geräte konform dazu. Sollte der Markt es fordern, könne man das Logo deshalb nachreichen, erklärte Kawamura. So erfüllten die aktuellen Geräte aus den Serien XD93 und XD94 und der X94C aus 2015 die Kriterien. Knackpunkt für UHD-Premium sei wie bei Philips die geforderte Maximalhelligkeit von 1000 cd/m<sup>2</sup>. Die Geräte mit Direct-LED-Backlight und Local Dimming (XD94 und X94C) erreichen diese Peak Luminance und bestehen durch ihre sattes Schwarz – wobei der 75XD94 darüber hinaus auffallend dünn ist, trotz der flächig im Rücken verteilten LEDs. Hier haben die Sony-Ingenieure eigens entwickelte Linsen eingebaut, die das Licht auf kürzester Distanz gleichmäßig verteilen.

Die Geräte aus der XD93er-Serie sollen Sonys Bestseller werden: Die in 55 und 65 Zoll erhältlichen TVs nutzen die von Sony „Slim Backlight Drive“ genannte Hintergrundbeleuchtung. Sie besteht aus jeweils zwei LED-Leisten rechts und links am Panel und zwei Lichtleitplatten, die unabhängig voneinander ansteuerbar sind. Mit ihnen hat Sony die mögliche Anzahl einzeln dimm-



**Super dünn trotz flächig verteilter LEDs im Displayrücken: Sonys 75XD94 zeigt dank Direct-LED-Backlight ein beeindruckend sattes Schwarz.**

barer Zonen im Bild verdoppelt. Dass auch diese TVs schön schlank sind, versteht sich von selbst: Gerade bei wachsenden Diagonalen sei es wichtig, dass die Geräte leichter und dünner werden, denn so senke man die Hürde für die Installation und fördere damit den Verkauf, ist sich Motoi Kawamura sicher.

Dass auch ältere Sony-TVs kontraststarke Bilder liefern, will der Hersteller über Firmware-Updates sicherstellen. So sollen die 2015er-Modelle X93C, X90C, S85C und X85C ein HDR-Update bekommen. Im hauseigenen 4K-HDR-Logo legt Sony übrigens fest, dass die Geräte mindestens HDR10 unterstützen; die gleiche Voraussetzung gilt für das UHD-Premium-Logo. Sonys Geräte-Nomenklatur liest sich folgendermaßen: „D“ steht für 2016,

„C“ für 2015; „X“ bedeutet Ultra-HD-Auflösung, „W“ meint Full HD, „R“ ist HD ready und „S“ steht für Curved, also gebogener Schirm; letztere hat Sony kaum im Programm.

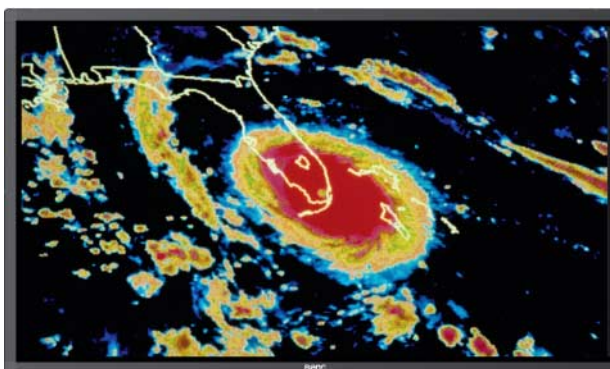
Herstellerübergreifende Logos scheinen derzeit nicht Sonys Sache: Zwar können alle 2016er-Modelle DVB-T2 empfangen, also HEVC-kodierte HD-Signale anzeigen. Das entsprechende Logo fehlt den Geräten aber dennoch. Einige der aktuellen Sony-TVs aus 2016 erfüllen nicht alle im Standard spezifizierten Vorgaben, erklärte der europäische Produktgruppenchef. Man könne das Logo aber ähnlich wie bei UHD-Premium nachliefern, wenn es die Kunden wünschten. Angesichts des aktuellen Logo-Wildwuchses scheint das nicht unwahrscheinlich. (uk@ct.de)

## Schreiben und wischen auf Zwei-Meter-Display

Mit dem RP840G hat BenQ ein riesiges Touch-Display mit 2,13 Metern Diagonale und Ultra-HD-Auflösung vorgestellt. Über ein Infrarot-Raster soll man auf dem 84-Zöller 10 Punkte gleichzeitig aktivieren können – eine Voraussetzung von Microsoft für Windows-Touch-Kompatibilität. Zugleich kann man mit mehreren Personen parallel am Touch-Display arbeiten und bei Projekten Ideen austauschen oder digitale Inhalte bearbeiten. Hierfür liefert BenQ zusätzlich Stifte mit, die aber dank des Infrarot-Touch nicht leiten müssen – man kann also beliebige Stifte nutzen.

Gedacht ist der große 4K-Bildschirm auch für interaktive Präsentationen, bei denen man Schrift aus größerer Entfernung ablesen können muss. Käufer bekommen eine Lizenz für DisplayNote; mit der für Windows, OS X, iOS und Android erhältlichen Software lassen sich die Inhalte des Touchscreen auf Mobilgeräten mit Notizen versehen und speichern. Dank der eingebauten EZWrite-Software verwand-

delt sich das Touch-Display in ein eigenständiges Whiteboard, auf das man ohne Zusatzgeräte schreiben kann. Mit dem optionalen QCast-Dongle kann man Inhalte von Mobilgeräten drahtlos an den Riesenschirm übertragen. Im Gerät läuft ein Android Version 4.2.1; der interne Speicher umfasst 4 GByte.



Das Touch-Display RP840G von BenQ ist mit Windows, Mac OS, Linux und ChromeOS kompatibel und besitzt vier HDMI-Eingänge. Per VGA kann man sogar analoge Signale einspielen – mit HD-Auflösung. Über zwei USB-Ports (2.0 und 3.0) gelangen Präsentationen vom Speicherstick auf dem Schirm.

Audiountermalung liefern die beiden eingebauten 10-Watt-Lautsprecher. Der große Multitouch-Monitor soll 9600 Euro kosten, BenQ gewährt drei Jahre Vor-Ort-Austausch-Service.

(uk@ct.de)

**Interaktive Präsentationen am Riesenschirm: BenQs Touch-Display RP840G machts möglich.**

## Krypto-Trojaner wüten in Deutschland

Mit neuen Erpressungs-Trojanern und Verbreitungsmaschinen verschlüsseln Ganoven im großen Stil das digitale Hab und Gut ihrer Opfer, um Lösegeld zu erpressen. So hat etwa die Ransomware Locky zeitweise über 5000 Systeme pro Stunde befallen – allein in Deutschland. Der Schädling wird unter anderem über gefälschte Rechnungsmails verbreitet. Im Anhang befinden sich zumeist Office-Dokumente mit Makro-Code oder Skripte (.js, .bat); oftmals verpackt in Zip-Archive. Manchmal sind die Archive auch verschlüsselt, um den Virenschutz auszutricksen. Der Empfänger wird aufgefordert, das Archiv mit dem in der Mail angegebenen Passwort zu entschlüsseln. Aber auch beim Surfen kann man sich die Trojaner einfangen; etwa über Exploit-Kits, die den Rechner infizieren und die Schädlinge nachladen. Das geschieht zum Beispiel auf kompromittierten Wordpress- und Joomla-Seiten.

Locky kursiert seit Mitte Februar und hat Windows-Nutzer und deren Virenschutzprogramme eiskalt erwischt. Der Schädling wurde zunächst eine Weile gestreut und schlummerte dann auf den Systemen der Opfer. Am 15. Februar um 15:06 Uhr wurde er von den Tätern koordiniert

geweckt und begann auf den infizierten Rechnern mit dem Verschlüsseln. Seitdem Locky sein wahres Gesicht gezeigt hat, macht er sich nach der Infektion sofort an die Arbeit.

Nach derzeitigem Kenntnisstand verschlüsselt Locky mit RSA und AES. Wer die chiffrierten Dateien entschlüsseln will, muss ein halbes Bitcoin an die Täter zahlen – rund 190 Euro. Bei Redaktionsschluss war kein Weg bekannt, die Locky-Verschlüsselung zu knacken. Auch andere Trojaner versuchen aktuell Bitcoins zu erpressen: Etwa der kürzlich entdeckte Windows-Trojaner Trun, der für die Verschlüsselung das etablierte und als sicher geltende Krypto-Tool GnuPG missbraucht. Er hinterlässt seinen Opfern verschlüsselte .trun-Dateien. Ferner treibt TeslaCrypt 3 weiter sein Unwesen. Seine Dateien tragen aktuell die Endung .mp3.

Da die Schädlinge andauernd modifiziert werden, kann man sich nicht darauf verlassen, dass der Virens Scanner anspringt. Die wichtigste Schutzmaßnahme sind Backups. Als Backup-Speicher ist zum Beispiel eine externe Festplatte geeignet, die man nur dann mit dem Rechner verbindet, wenn man Dateien sichert. Ist sie dauerhaft mit dem System



**Der Verschlüsselungs-Trojaner Locky hat in Deutschland zeitweise über 5000 Rechner pro Stunde befallen.**

verbunden, verschlüsselt sie der Schädling einfach mit. Das Gleiche gilt für Netzwerkfreigaben: Kann der Krypto-Trojaner darauf zugreifen, verschlüsselt er sie.

Damit es erst gar nicht zur Ausführung des Schadcodes kommt, sollte man skeptisch sein, wenn man Mails mit Dateianhängen empfängt. Erhält man Dateien, die man nicht erwartet hat, sollte man im Zweifel beim Absender nachfragen, ob er die Mail tatsächlich verschickt hat. Zudem sollte man Betriebssystem und Programme auf dem aktuellen Stand halten, damit Schädlinge nicht durch Sicherheitslücken in alter Software auf den Rechner gelangen können.

Der Krypto-Trojaner CTB-Locker hat es unterdessen auf Websites abgesehen: Er schlüpft offenbar durch Sicherheitslücken auf Server und verschlüsselt so ziemlich alles, was er dort findet. Er ersetzt die Index-Seite durch eine an den Admin gerichtete Erpresser-Botschaft, von der ursprünglichen Website bleibt nach dem Befall nichts mehr übrig. Laut c't-Recherchen hat CTB-Locker bereits hunderte Server befallen, darunter etliche WordPress-Installationen. Welches Betriebssystem auf dem Server läuft, spielt keine Rolle; es handelt sich um ein plattformunabhängiges PHP-Skript.

(rei@ct.de)

## Kabellose Mäuse und Tastaturen angreifbar

Viele Funk-Mäuse und -Tastaturen, die nicht mit Bluetooth operieren, sind verwundbar gegenüber dem MouseJack-Angriff. Dabei funkt ein Angreifer das Dongle an, mit dem normalerweise die Geräte sprechen, und tut so, als ob er eine Tastatur verbindet. Da viele Dongles auch unverschlüsselte Verbindungen anerkennen und nicht prüfen, ob es sich um eine Maus oder Tastatur handelt, erlaubt der Angriff

dem Hacker Zugriff, als wenn er selbst vor dem Rechner säße.

Betroffen sind fast alle namenhaften Hersteller von Peripherie-Geräten. Viele der Produkte lassen sich nicht gegen den Angriff absichern. Bei welchen Geräten der Nutzer Abhilfe schaffen kann, verrät der folgende c't-Link.

(fab@ct.de)

**ct** Abhilfe gegen MouseJack: [ct.de/yn9w](http://ct.de/yn9w)

## Sicherheitslücke in Linux Netzwerkfunktion

In der Standard-C-Bibliothek glibc, die auf den meisten Linux-Systemen zum Einsatz kommt, wurde eine schwere Sicherheitslücke entdeckt. Ein Angreifer kann das System damit übers Netz übernehmen. Es genügen zwei speziell präparierte DNS-Pakete, um Server, Desktops oder andere Geräte zu kapern. Entdeckt wurde der Fehler in der System-Funktion getaddrinfo() offenbar unabhängig von mehreren Sicherheitsforschern bei Google und Red Hat. Die Funktion ist für das Auflösen von Netzwerknamen via DNS zuständig.

Ein Google-Techniker hatte seltsame Abstürze seines SSH-Clients registriert, wenn er versuchte, sich mit einem bestimmten Host zu verbinden. Wie sich herausstellte, lag der Fehler nicht im SSH-Programm; prinzipiell kommt jedes Programm in

Frage, das DNS-Namen auflöst. Hier können die DNS-Antworten einen Pufferüberlauf auf dem Stack erzeugen, der sich ausnutzen lässt, um fremden Code auszuführen. Dazu müssen allerdings systemeigene Schutzmechanismen wie ASLR umgangen werden.

Zwar gibt es Maßnahmen, die man vorbeugend ergreifen kann, doch diese laufen letztlich auf spezielle Filter für DNS-Pakete hinaus, was nur schwer konsequent umzusetzen ist. Besser ist es deshalb, möglichst schnell die Updates einzuspielen, die bei Linux-Distributionen und den Herstellern von Netzwerk-Appliances zum Download bereit stehen. Da Android auf die Bibliothek Bionic setzt, ist dieses Betriebssystem nicht betroffen und auch viele Router sind immun, da sie die betroffene Funktion nicht verwenden.

(ju@ct.de)



### Sicherheits-Notizen

Die App zur Bedienung des Elektroautos **Nissan Leaf** wurde deaktiviert, da eine gravierende Sicherheitslücke jeder Person Zugriff auf das Fahrzeug gab, die die Fahrgestellnummer kannte.

Ein Update für das Content Management System **Drupal** schließt eine Reihe von Sicherheitslücken; eine davon wurde als kritisch eingestuft.



## WLAN-Basen für Firmen vom Powerline-Spezialisten

Devolo erweitert sein Produktangebot um WLAN-Basen für den Firmeneinsatz: Zur CeBIT will der Aachener Hersteller mit sechs Access Points für schnelles WLAN starten. Die Geräte arbeiten in beiden Bändern gleichzeitig (Simultan-Dualband). Das kleinste Modell WiFi Pro 1200e funkt mit zwei MIMO-Streams und schafft so 300 und 867 MBit/s brutto. Die fünf anderen Geräte kommen mit drei Streams auf 450 und 1300 MBit/s.

Alle Access Points lassen sich per Power-over-Ethernet mit Energie übers LAN-Kabel versorgen. Das Top-Modell 1750e kann sogar etwas Leistung an ein nachgeschaltetes Gerät wie eine LAN-Kamera weitergeben. Dazu

**Die Devolo-Access-Points WiFi Pro arbeiten alle mit schnellem WLAN nach IEEE 802.11n und 11ac, erreichen dabei aber unterschiedliche Summendatenraten von 1200 und 1750 MBit/s.**



kommen übliche Standards für Firmennetze: Multi-SSID mit VLAN-Tagging und dynamischer VLAN-Zuordnung zum Trennen von Arbeitsgruppen, Nutzer-Authentifizierung per IEEE 802.1x/RADIUS sowie Steuerung über SNMP und TR-069. Die APs sollen autonom arbeiten, sich aber auch über einen Soft-Controller steuern lassen, der wahlweise bei einem deutschen Cloud-Provider läuft oder auf einem firmeneigenen Server. (ea@ct.de)

## Fritzboxen mit Multi-User-MIMO und für schnelle Kabelanschlüsse

Als Vorschau zur CeBIT hat der Berliner Hersteller AVM auf dem Mobile World Congress mehrere neue Router-Modelle gezeigt: Die Fritzbox 7580 mit Multi-User-MIMO (MU-MIMO, siehe c't 23/15, S. 114) wurde ursprünglich als Fritzbox 4080 angekündigt, aber um ein VDSL2-Modem erweitert, das Vectoring beherrscht. Ein fünfter Gigabit-Ethernet-Port kann eine alternative Internetverbindung über ein externes Modem herstellen. Zwei

Varianten für Provider unterstützen spezielle VDSL-Modi (7581: Supervectoring und Bonding, 7582: G.fast). Die Fritzbox 7580 soll im zweiten Quartal herauskommen; ihr Preis ist noch offen.

Die Fritzbox 4040 wird gegenüber dem modemlosen Einstiegsmodell 4020 um Gigabit-Ethernet und simultanes Dualband-WLAN aufgewertet. Letzteres funkt mit zwei MIMO-Streams (IEEE 802.11n-300/11ac-867). Die dritte Neuerscheinung heißt

Fritzbox 6590 und ist eine Variante der 7580 für Kabel-Internet-Provider. Das Modem der 6590 arbeitet nach DOCSIS 3.0 mit Bündelung von bis zu 32 Kanälen im Downstream (max. 1,7 GBit/s) und 8 im Upstream (240 MBit/s). (ea@ct.de)

**Der Router AVM Fritz!Box 7580 soll Multi-User-MIMO beherrschen und in drei Varianten mit unterschiedlichen VDSL-Modems erscheinen.**



## Gigabit-Ethernet-Adapter für USB 3.1

Viele Kompakt-Notebooks und Ultrabooks besitzen wegen ihrer geringen Bauhöhe keinen LAN-Port mit RJ45-Buchse. Wer dennoch einen Ethernet-Anschluss braucht, weil Backups darüber wesentlich schneller fließen als übers WLAN, findet bei vielen Anbietern günstige USB-3.0-zu-Gigabit-Ethernet-Adapter. Aktuell gibt es zwar nur sehr wenige Notebooks, die ausschließlich mit

**Der Silverstone SST-EP05W rüstet bei Notebooks mit freiem USB-3.1-Anschluss eine Gigabit-Ethernet-Schnittstelle nach.**

USB-3.1-Ports bestückt sind. Doch künftig dürften weitere Modelle erscheinen. Dafür hat Silverstone nun seinen SST-EP05W im



Programm, der PC-seitig einen Typ-C-Stecker für USB 3.1 besitzt.

Als LAN-Chip fungiert gemäß Datenblatt ein Realtek RTL8153,

Treiber soll es für alle Windows-Versionen ab XP geben sowie OS X ab 10.5. Der RTL8153 spricht zwar nur USB 3.0, aber dessen Bruttodatenrate von 5 GBit/s genügt, um Gigabit-Ethernet verlustlos zu transportieren. Laut Hersteller kann der Adapter einen schlafenden Rechner per Wake-on-LAN wecken. Der SST-EP05W soll 20 Euro kosten und ab sofort erhältlich sein. (ea@ct.de)

Anzeige

## App zwingt zum Schreiben

Eine ziemlich radikale Methode zur Motivation von Autoren hat das Start-up Overman vorgestellt: Flowstate ist eine App für iPhones, iPads und Macs, die zum Schreiben zwingt. Denn sie löscht den gesamten bisher geschriebenen Text, wenn man mehr als fünf Sekunden nichts eintippt. Will man seine Arbeit nicht verlieren, muss man immer weiterschreiben.

Die Idee hinter Flowstate ist die Trennung zwischen den beiden Aufgaben Schreiben und Bearbeiten. Viele Autoren schwören, dass sie schneller vorankommen, wenn sie ihre Geschichte komplett aufschreiben und danach erst redigieren.

Die App funktioniert unter iOS und OS X weitgehend gleich: Zunächst wählt man eine Sitzungslänge, die dann unbedingt eingehalten werden muss. Nach Ablauf der Zeit speichert Flowstate das Dokument und synchronisiert es via iCloud. Außer-



**Flowstate für iOS: Immer weiter-tippen, sonst verblasst der Text und verschwindet nach ein paar Sekunden endgültig.**

dem verschickt die App Texte via E-Mail und iMessage. Sie kostet für iOS 10 Euro und für OS X 15 Euro. Voraussetzung sind iOS 9.2 beziehungsweise OS X 10.11.

(Ben Schwan/cwo@ct.de)

## Hörtest mit dem iPhone

Eine App, die das Gehör schützt: Mit dieser Idee hat das Berliner Start-up Mimi Hearing Technologies auf dem Mobile World Congress in Barcelona den „Big Impact Award“ für gesellschaftlichen Einfluss gewonnen. Die App „Mimi Hörtest“ spielt einen zweiminütigen Hörtest ab und verrät dem Nutzer danach, wie „alt“ seine Ohren sind, also welche Altersgruppe für sein Hörvermögen typisch ist. Nach dem zehnminütigen Volltest weiß man auch, wie gut man bestimmte Frequenzen wahrnimmt und wie leise die geringste Lautstärke ist, die man noch hören kann.

Die zweite App des Start-ups, Mimi Music, ist eine Art Equalizer. Er soll „Klarheit, Definition und Kontrast“ erhöhen, damit man die Lautstärke nicht mehr so weit aufdreht wie normalerweise. Die App verändert den Klang von iTunes-Musik. Beide Mimi-Apps laufen nur auf iPhones und iPads und sind für



**Laut Mimi Hörtest sind die Ohren des Autors fast doppelt so alt wie er selbst.**

Apples In-Ear-Kopfhörer optimiert. Android-Versionen sind in Arbeit. (cwo@ct.de)

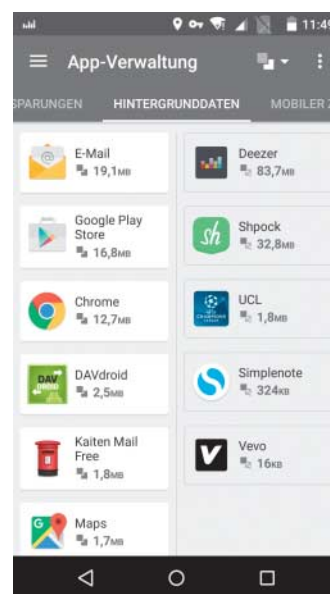
## Datensauger identifizieren

Die neue Version der Android-App Opera Max überwacht den Datenverkehr anderer Apps und warnt, sobald eine App mehr als 10 MByte Hintergrunddaten pro Woche anfordert. Auch wenn der Datenverbrauch sprunghaft ansteigt, erscheint eine Warnung. Auf Wunsch verbietet Max datenhungrigen Apps die Kommunikation im Hintergrund, um das Mobilfunk-Datenvolumen und den Akku zu schonen.

Das geht, weil die App den unverschlüsselten Datenverkehr aller Apps über einen Opera-Server leitet. Dort werden außerdem Bilder, Texte und Videos komprimiert. HTTPS-Verbindungen, zum Beispiel von Online-Banking-Apps, tastet Max nicht an. Trotzdem muss man Opera vertrauen: Schließlich kommunizieren nicht alle Apps verschlüsselt, die persönliche Daten übertragen. Auf einem der beiden Testgeräte funktionierte Max nicht richtig: Bei aktivierter App konnten wir nicht mehr telefonieren.

Auch mit Android-Bordmitteln kann man einzelnen Apps den Hintergrund-Datenverkehr übers Mobilfunknetz verbieten. Das

Betriebssystem zeigt ebenfalls, welche App wie viele Megabyte gezogen hat, aber nur, wenn man in den Tiefen der Einstellungen sucht. Android alarmiert den Nutzer nicht. (cwo@ct.de)



**Opera Max warnt, wenn andere Apps im Hintergrund viele Daten laden.**



**ct** Alle Apps dieser Seite unter [ct.de/yqmq](http://ct.de/yqmq)

## App-Notizen

Die iOS-App **Vizmato** legt während des Filmens diverse Filter über das Video, zum Beispiel die verwaschenen Farben der 70er oder einen verwackelten Schwarzweiß-Look. Nach der Aufnahme kann man Clips zusammenschneiden, Kommentare einsprechen und Texte einblenden.

**WhatsApp** verabschiedet sich von BlackBerry, Nokia S40, Symbian S60, Android 2.1 und Android 2.2: Die WhatsApp-Clients für diese Plattformen sollen nur noch bis Ende 2016 unterstützt werden.

Der E-Mail-Client **Spark** für iOS ist jetzt eine Universal-App und läuft in voller Auflösung auf dem iPad und iPad Pro. Außerdem gibt es die App nun auch auf Deutsch.

Die **Fußball-Champions-League** und **Europa League** gehen in die heiße Phase. Die gleichnamigen Apps der UEFA für iOS und Android liefern zu jedem Spiel Live-Ticker und Audio-Kommentare. Ab Mitternacht kann man die Highlights im Video sehen, wenn man ein Nutzerkonto anlegt, was im Test nur via Facebook funktionierte.

Die Entwickler der iOS- und Android-App **Mobile Retter** haben in einem Google-Wettbewerb eine halbe Million Euro gewonnen. Über die Apps können Notrufzentralen qualifizierte Ersthelfer alarmieren, die zufällig in der Nähe von Unfallorten unterwegs sind. Das System ist derzeit nur in Gütersloh und Gernersheim aktiv, soll aber bald in weiteren Regionen starten.

## Lightroom Mobile für Android mächtiger denn je

Lightroom Mobile 2.0 für Android bringt die Raw-Verarbeitung von Lightroom CC nahezu vollständig auf das Smartphone oder Tablet. Die neue Android-Version enthält eine Kamera, die Raw-Fotos aufnimmt, und erbt etliche Funktionen von der Desktop-Ausgabe. Apples Mobilgeräte unterstützen noch kein Raw – ihnen bleibt das Update vorerst verwehrt.

Bisher enthielt Lightroom Mobile kaum mehr als die Grundeinstellungen des bekannten Raw-Entwicklers: Weißabgleich, Belichtung, Kontrast, Lichter und Schatten, Sättigung, Dynamik und Klarheit sowie Beschnitt. In Version 2 kommt fast alles hinzu, was die Desktop-Version zu bieten hat: Teiltoning, Gradationskurven, der HSL-Dialog für Farbe und Schwarzweiß sowie der 2015 hinzugekommene Filter zum Entfernen von Dunst – nun fehlen noch Details, Filmkorn, Objektivkorrekturen und Kamerakalibrierung.

Die App selbst nimmt Raw-Fotos auf. Seit Android 6 können ausgewählte Geräte wie das Google Nexus ab Version 5, das LG ab Modell G4 und das Samsung Galaxy ab Modell S6 Raw-Dateien im DNG-Format speichern. Auf anderen Android-Smartphones nimmt die In-App-Kamera nur JPGs auf. Zusätzlich steuert sie Blitz, Weißabgleich und ein eingblendetes Raster. Über ein Filter-Icon lassen sich Live-Presets mit verschiedenen Farbeinstellungen, hohem Kontrast und dergleichen wählen.

Diese nichtdestruktiven Presets setzen die Grafikschnittstelle OpenGL ES 3.0 voraus, die etwa vom Samsung Galaxy Note 5, S6 und S6 Edge, LG G4 und LG V10 sowie HTC One M9 unterstützt wird.

Die HSL-Palette zur Farbkorrektur und Schwarzweißumsetzung justiert Tonwerte mit Hilfe von acht Farbbändern. Alternativ tippt man direkt auf eine Bildregion und bearbeitet die so aufgenommene Farbe, indem man den Finger nach oben oder unten zieht, um den betreffenden Wert zu erhöhen oder zu verringern.

Die Gradationskurven arbeiten nicht parametrisch mit Reglern, sondern lassen sich frei einstellen – freier als die auf dem PC oder Mac. Die Teiltonung arbeitet exakt wie die im Desktop-Lightroom und erzeugt feine Farbeffekte. Vignettierung lässt sich Lightroom-typisch hell oder dunkel anlegen. Alle Einstellungen lassen sich kopieren und auf andere Bilder übertragen.

Lightroom Mobile steht im Google Play Store ab sofort in Version 2.0 kostenlos zum Download zur Verfügung. Um die App zu nutzen, muss man sich mit einer ebenfalls kostenlos verfügbaren Adobe-ID anmelden. Ein Creative-Cloud-Abo ist nur nötig, um Fotos und Einstellungen mit dem Desktop-Lightroom zu synchronisieren. Das Foto-Abo mit Photoshop und Lightroom kostet 12 Euro im Monat. (akr@ct.de)

Anzeige



**Lightroom Mobile 2.0 bringt nahezu alle Entwicklungseinstellungen vom Desktop aufs Mobilgerät.**



Martin Fischer

# Vulkanausbruch

## 3D-Schnittstelle Vulkan: Erste Benchmarks

Der Direct3D-12-Konkurrent Vulkan ist endlich fertig und soll Spiele auf beliebigen Betriebssystemen rasend schnell darstellen. Für Spieler ist das gut, für die Entwickler zusätzlicher Aufwand.

Rund 25 Jahre hat die 3D-Schnittstelle OpenGL bereits auf dem Buckel. Mitte Februar hat die Khronos Group endlich den „Nachfolger“ Vulkan fertiggestellt, der hardware-näher arbeitet, einen geringeren Overhead erzeugt und dadurch moderne CPUs und GPUs effizienter auslastet. Das klare Ziel: 3D-Anwendungen sollen mit Vulkan auf gleicher Hardware schneller laufen als mit OpenGL.

Im Unterschied zu Microsofts Direct3D 12 und Apples Metal ist Vulkan nicht auf bestimmte Betriebssysteme festgenagelt. Außerdem funktioniert Vulkan mit Grafikkarten unterschiedlicher Hersteller (anders als AMDs Mantle), sofern deren Funktionsumfang gewisse Mindestanforderungen erfüllt. Es soll dann auf schwacher Smartphone-Hardware ebenso laufen wie auf High-End-PCs. AMD und Nvidia haben für ihre aktuellen Grafikkarten Vulkan-Treiber für Windows herausgegeben, selbst Nvidias Streaming-Box Shield mit Tegra-X1-SoC ist seit dem Februar-Update kompatibel. Für Linux gibt's Intel- und Nvidia-Treiber, AMD hinkte bis Redaktionsschluss noch hinterher.

Khronos-Chef Neil Trevett, übrigens auch Vice President bei Nvidia, wies stolz darauf

hin, dass man mit Vulkan den ersten „Hard Launch“ einer Schnittstelle vollzogen habe – von Anfang an stünden nicht nur die Spezifikation, sondern auch Treiber, SDKs, Referenzmaterialien, Compiler-Frontends und Beispielprogramme bereit. Das LunarG-SDK gibt's schon für Windows und Linux, die Android-Version soll „bald“ erscheinen.

### Tanz auf dem Vulkan

Der 3D-Rätsel-Hit „The Talos Principle“ ist das erste Spiel, das Vulkan unterstützt – zunächst in einer Beta-Version, die auch Direct3D-11- und OpenGL-Renderpfade anbietet. Grund für uns, erste Tests mit einer Nvidia GeForce GTX 960 und einer AMD Radeon R9 380X durchzuführen. Die AMD-GPU rechnet mit Vulkan einen Tick schneller als mit Direct3D, sofern die Szenen prozessor- und nicht grafiklimitiert sind – also beim Spielen in niedriger Auflösung und Detailstufe. Die Nvidia-GPU bleibt unter Direct3D durch ihren effizienteren Treiber ein wenig flinker. Dreht man die Grafikdetailstufe voll auf, entscheidet nahezu allein die Performance der Grafikkarte über die Bildrate und nicht unser Skylake-Prozessor Core i7-6770K.



Talos Principle ist eines der ersten Spiele, das die neue 3D-Schnittstelle Vulkan unterstützt.

Dann verliert Vulkan auf beiden Karten haushoch gegen den DirectX-Pfad.

Allerdings sind die Ergebnisse mit Vorsicht zu genießen, denn die Vulkan-Implementierung in Talos Principle soll nicht viel mehr als die Lauffähigkeit beweisen. In der Steam-Community erklärte einer der Talos-Entwickler, dass Vulkan „ziemlich schwer“ zu programmieren sei und man viele Dinge händisch erledigen müsse, statt sich auf den Treiber verlassen zu können. Investiert ein Entwickler viel Zeit in den Vulkan-Pfad, kann das zu mehr Performance führen – aber nicht zu schöneren Effekten. Croteam-Mitarbeiter Dean Sekulic erklärte, dass die gesamte GPU-Abteilung des Entwicklerstudios drei Monate für den Vulkan-Pfad gebraucht habe.

Laut Khronos-Chef Trevett hat es 18 Monate gedauert, die finale Vulkan-Spezifikation zu erarbeiten – mehr Energie sei in der Khronos-Geschichte in kein anderes API geflossen. Die weit über 20 Firmen umfassende Teilnehmerliste der Working Group umfasst Big Player wie beispielsweise AMD, Nvidia, Valve, Oculus VR, Blizzard, Nintendo, Sony, Samsung, Unity und Epic.

OpenGL wird durch Vulkan allerdings nicht obsolet, sondern bietet sich weiterhin für weniger anspruchsvolle Spiele an; schließlich ist es vor allem einfacher und schneller zu programmieren und läuft zusammen mit OpenGL ES ebenfalls auf allen möglichen Plattformen vom Smartphone bis zum High-End-Rechner – halt nur nicht ganz so schnell. Vulkan eignet sich daher vor allem für extrem anspruchsvolle Spiele.

Bis die neue Schnittstelle in Fahrt kommt, wird es jedoch noch dauern: Die Grafikkartenhersteller stehen hinsichtlich der Vulkan-Treiber noch am Anfang und werden sie erst im Laufe der Zeit richtig optimieren können. Spiele-Entwickler müssen sich noch stärker mit der Hardware auseinandersetzen, um das Vulkan-API wirklich auszunutzen. Denn Gamer finden die neue Schnittstelle vielleicht interessant, werden sich letztendlich aber für das API mit der größten Performance entscheiden – und da steht Direct3D 12 ziemlich gut da. Publisher und Studios werden sich künftig genau überlegen, ob sich der zeitliche (und damit finanzielle) Aufwand für eine Vulkan-Version eines Spiels tatsächlich lohnt oder ob OpenGL nicht vielleicht völlig ausreichend ist. Allein für die kleine Linux-Gaming-Community wird es sich wahrscheinlich nicht lohnen, denn die macht bei Steam weniger als 1 Prozent der aktiven Spieler aus. (mfi@ct.de)

### Erste Vulkan-Benchmarks mit Talos Principle

Auflösung	1024 × 768	1024 × 768	1920 × 1080	1920 × 1080	2560 × 1440	2560 × 1440	3840 × 2160	3840 × 2160
Detailstufe <sup>1</sup>	minimal [fps] besser ▶	maximal [fps] besser ▶	minimal [fps] besser ▶	maximal [fps] besser ▶	minimal [fps] besser ▶	maximal [fps] besser ▶	minimal [fps] besser ▶	maximal [fps] besser ▶
GeForce GTX 960 4 GByte / Vulkan	394	80	330	45	224	28	101	15
GeForce GTX 960 4 GByte / OpenGL	360	75	240	45	160	33	90	13
GeForce GTX 960 4 GByte / Direct3D 11	432	111	390	56	302	39	156	21
Radeon R9 380X / Vulkan	400	98	372	45	301	31	150	16
Radeon R9 380X / OpenGL	212	71	195	45	194	34	68	18
Radeon R9 380X / Direct3D 11	390	124	353	70	316	51	176	29

gemessen unter Windows 10 auf Intel Core i7-6770K, 16 GByte RAM, VSync aus

<sup>1</sup>maximale Detailstufe mit 4x Multisampling Antialiasing

ct



Anzeige

Jan-Keno Janssen

# Das Holodeck für 900 Euro

Das VR-Headset HTC Vive kommt am 5. April

Die Virtual-Reality-Brille HTC Vive hat das Potenzial, dem bisherigen VR-Klassenbesten Oculus Rift den Rang abzulaufen: Mit der Vive kann man sich im Raum frei bewegen.

Da ist vielen Virtual-Reality-Fans wohl ein Stein vom Herzen gefallen: Die VR-Brille HTC Vive wird deutlich günstiger als befürchtet. Für 900 Euro (inklusive Versandkosten 960 Euro) soll das zusammen mit dem Spiele-Anbieter Valve entwickelte Headset am 5. April in den Handel kommen – das ist immer noch viel Geld, für das man aber auch viel Technik bekommt: Mit im Karton liegen zwei Laser-Tracker, zwei Hand-Controller und Ohrhörer. Mitgeliefert werden außerdem Vollversionen der beiden VR-Spiele „Job Simulator: The 2050 Archives“ und „Fantastic Contraption“. Das von Google entwickelte 3D-Malprogramm Tilt Brush können Vive-Käufer ebenfalls kostenlos herunterladen.

Laut HTC startet der Verkauf des Headsets in 24 Ländern; neben Deutschland sind auch Österreich und die Schweiz auf der Liste. Vorbestellungen werden seit Ende Februar entgegengenommen.

## Rumlaufen in VR

Im Unterschied zum Konkurrenten Oculus Rift bietet die HTC Vive so genanntes Room-Scale-VR: Mit Hilfe der beiden Laser-Tracker („Lighthouse“) spannt das System einen bis zu 12,5 Quadratmeter großen Bereich auf und überträgt darin die Position im realen Raum in die virtuelle Realität. Ein weiterer Pluspunkt gegenüber der Rift sind die mitgelieferten Hand-Con-

troller – damit kann man beide Hände in der virtuellen Realität benutzen, um zum Beispiel nach Objekten zu greifen. So lässt sich Virtual-Reality-Software deutlich besser steuern als mit dem Xbox-One-Controller der Rift. Oculus will allerdings noch in diesem Jahr seine „Touch“-Controller auf den Markt bringen, die in unseren ersten Tests mindestens genauso gut funktionierten wie die Vive-Controller.

Ein Wermutstropfen: Die Brille hängt auch in der Consumer-Version an einem dicken 5 Meter langen HDMI- und USB-Kabel. In Sachen Display-Auflösung liegen Rift und Vive übrigens gleichauf: Beide nutzen zwei OLED-Panels mit je 1080 × 1200 Pixeln, die mit einer Bildwiederholrate von 90 Hz laufen. Die finale Vive sieht genauso aus wie die Vive „Pre“, die wir bereits im Januar auf der CES angetestet haben – nur dass jetzt vorne nur noch „HTC“ draufsteht statt „HTC Vive Pre“. Ansonsten hat HTC lediglich das Kopfband verbessert und dem Kunststoffgehäuse eine Hochglanzpolitur spendiert. Die Hand-Controller sollen mit einer Akkuladung vier Stunden lang durchhalten. Kurios sind die „Vive Phone Services“: Auf Wunsch lässt sich die VR-Brille nämlich mit einem Smartphone verbinden. Laut HTC kann man dann mit aufgesetzter Brille Anrufe entgegennehmen und Textnachrichten beantworten. Das Ganze soll mit Android- und iOS-Telefonen

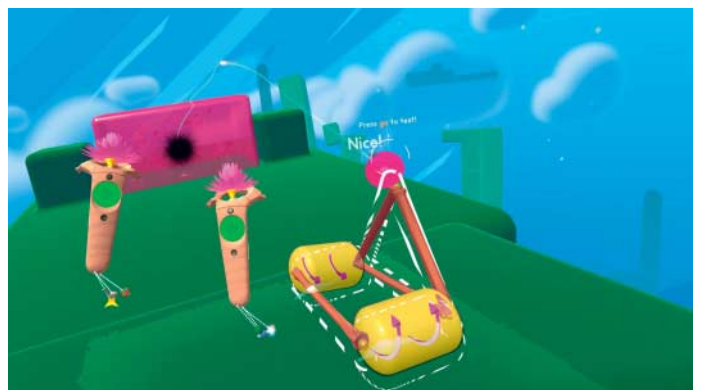
funktionieren. Anders als Oculus veröffentlicht HTC für die Vive keine Mindestvoraussetzungen, sondern nur eine „Empfehlung“ – die aber genauso aussieht wie die Vorgaben der Konkurrenzbrille: Eine Grafikkarte mit GeForce GTX 970 oder Radeon R9 290 sollte es schon sein, damit es nicht ruckelt. Allerdings braucht die Vive nur einen USB-2.0-Port (bei Oculus sind es drei) sowie eine HDMI-1.4- oder DisplayPort-1.2-Buchse. Wie bei Oculus wird nur Windows (ab Windows 7 SP1) unterstützt.

## Keine Exklusivtitel

In puncto Software verfolgen HTC und Valve einen deutlich sympathischeren Ansatz als der Konkurrent: Während Oculus viele Entwickler für Exklusivtitel bezahlt, fließt bei HTC und Valve kein Geld – dafür haben Hunderte von Entwicklern eine Vive-Entwicklerversion kostenlos zur Verfügung gestellt bekommen. Das offene Konzept ist konsequent umgesetzt: Entwickler sprechen die Vive-Brille über eine OpenVR-Schnittstelle an, die Teil von

SteamVR ist. OpenVR soll künftig alle VR-Brillen unterstützen. Schon jetzt funktioniert das System mit der zweiten Entwicklerversion der Oculus Rift DK2 – wir haben es ausprobiert, es klappt tatsächlich.

Für die Vive erhältliche Software lässt sich also auch mit der Konkurrenzbrille nutzen. Noch ergibt das allerdings nicht viel Sinn: Die wenigen uns bekannten Vive-Titel werden mit Hand-Controllern gesteuert – und die gibt es für die Oculus Rift ja noch nicht. Auf der Vive muss man zwar auf die angekündigten Oculus-Hochglanz-Titel mit großem Budget wie „Adr1ft“, „The Climb“ und „Edge of Nowhere“ verzichten, dafür gibt es aber charmante und dank Hand-Steuerung sehr innovative Indie-Spiele. So spielt sich zum Beispiel das mitgelieferte Fantastic Contraption tatsächlich fantastisch: In dem Spiel muss man kuriose Maschinen aus Rohren, Motoren und anderen Bauteilen zusammensetzen – alles mit der Hand. Schon nach wenigen Minuten ist man vollends davon überzeugt, dass man gerade Maschinen konstruiert – statt in der Luft herumzufucheln. Nicht minder faszinierend: das 3D-Malprogramm Tilt Brush, mit dem man sogar im Weltall schwebend zeichnen kann. Bei unseren Testläufen hat uns außerdem das in Hamburg entwickelte Lucid Trips begeistert. Hier verwandeln sich die Hand-Tracker in Düsen, mit denen man durch die Gegend fliegen kann. (jkj@ct.de)



Das mitgelieferte Knobelspiel Fantastic Contraption mag in 2D unspektakulär aussehen – in VR wirkt es gerade durch die Hand-Steuerung sehr beeindruckend.



Viel Zeugs im HTC-Vive-Karton: Für 900 Euro bekommt man neben der VR-Brille auch zwei Hand-Controller und zwei Raum-Tracker.

Anzeige

Martin Holland

# Streit um iOS-Verschlüsselung

## Apple soll beim Knacken eines iPhone helfen

**In den USA widersetzt sich Apple einer Aufforderung des FBI, beim Knacken eines iPhone zu helfen. Die darum geführte Debatte könnte eine grundlegende Entscheidung in den Crypto Wars um Verschlüsselung nach sich ziehen.**

Nachdem öffentlich geworden ist, dass Apple sich in den USA einer gerichtlichen Anordnung widersetzt, dem FBI das Knacken eines iPhone zu ermöglichen, wird die Bedeutung des Rechtsstreits immer deutlicher. Wohl aufgrund der Bekanntheit und der – zumindest öffentlich – entschiedenen Haltung Apples könnte die Auseinandersetzung die Debatte über Verschlüsselung in den Vereinigten Staaten auf die Tagesordnung setzen. Von beiden Seiten wurde bereits darauf verwiesen, dass die nötige Abwägung zwischen Datenschutz und (nationaler) Sicherheit am Ende als Präzedenzfall die Rechtsprechung beeinflussen könnte.

### Ermittlungen zu Terroranschlag

Hintergrund für den Rechtsstreit sind die Ermittlungen zu einem inzwischen als Terroranschlag bezeichneten Verbrechen vom 2. Dezember 2015 im kalifornischen San Bernardino. Dort hatte ein Ehepaar insgesamt 14 Menschen erschossen, bevor sie in einer Schießerei mit der Polizei selbst getötet wurden. Davor hatten die beiden ihre persönlichen Mobiltelefone unbrauchbar gemacht. Nicht zerstört hatte der Mann – Syed Rizwan Farook – jedoch sein iPhone 5C, das ihm von seinem Arbeitgeber zur Verfügung gestellt wurde, einer Behörde.

Die US-Bundespolizei FBI hat im Rahmen ihrer Ermittlungen von verschiedenen Stellen umfangreiches Material zu den beiden Tätern erhalten, beispielsweise Vorratsdaten vom Mobilfunkbetreiber Verizon. Trotzdem will sie auch an die Daten auf dem gefundenen iPhone. Vorgeblich, um den Verbleib der beiden

Täter innerhalb mehrerer Minuten nach Beginn des Verbrechens zu klären. Es ist jedoch zu bezweifeln, dass das Gerät noch neue Erkenntnisse bereithält. Gleichzeitig sind die Daten auf dem Smartphone dank des darauf installierten iOS 9 besser geschützt als unter früheren Versionen des Betriebssystems. Apple hat erklärt, in diesem Fall keinen Zugriff mehr ermöglichen zu können. Geräte mit iOS 7 oder einer älteren Version hatte das Unternehmen noch entgegengenommen und bestimmte Daten für Behörden extrahiert.

### Verschlüsselung behindert Ermittlungen

Für das FBI ist besonders problematisch, dass im Prinzip alle wichtigen Daten auf dem iPhone so gesichert sind, dass der Passcode zu deren Entschlüsselung notwendig ist. Am Gerät selbst kann aber lediglich zehnmal ein falscher Code eingegeben werden, bevor Sicherheitsmechanismen die Daten unwiderruflich sperren. Die Ermittler fordern deswegen, Apple müsse ein Tool entwickeln, das dieses Limit von zehn Versuchen aufhebt und einem angeschlossenen Computer dieses Durchprobieren verzögerungsfrei ermöglicht. Dann

könnten automatisiert alle möglichen Passcodes durchprobiert werden – ein Brute-Force-Angriff. Bei einem hinreichend langen und komplexen Passcode – ab acht Zeichen – würde der aber auch nicht zum Ziel führen.

Apple weigert sich, das nötige Werkzeug bereitzustellen, zumindest seit das FBI das in einem öffentlich einsehbaren Gerichtsverfahren geordert hat. Grundlegende Versprechungen des Konzerns zur Datensicherheit auch und vor allem gegenüber Behörden stünden dem entgegen. Trotzdem hat das zuständige US-Bundesbezirksgericht dem FBI Recht gegeben. Apple wehrt sich dagegen und setzt auch auf die Unterstützung der Öffentlichkeit. Sollte das FBI gehofft haben, die breiten Massen angesichts des zugrunde liegenden Verbrechens klar auf die eigene Seite ziehen zu können, hat es sich wohl getäuscht. Der Fall entwickelt sich nun zum Prüfstein der neuen Crypto Wars: Zu welchen Maßnahmen gegen eigene Produkte darf ein Unternehmen gezwungen werden?

### Der Einzelfall wird zum Präzedenzfall

Zwar hat das FBI betont, bei der Forderung handle es sich um einen speziellen Einzelfall, doch was anfangs nur vermutet werden konnte, ist inzwischen Gewissheit: Einer Auflistung von Apple zufolge gibt es in den USA gegenwärtig noch zwölf andere Verfahren, in denen sich der

Konzern weigert, Zugang zu einem iPhone oder iPad zu ermöglichen (iOS 8) beziehungsweise Daten zu extrahieren (iOS 7 und niedriger). Ein New Yorker Staatsanwalt hat allein für seinen Einflussbereich von 175 Geräten mit iOS 8 gesprochen, auf die Ermittler nicht zugreifen könnten. Das dürfte Apples Argument unterstreichen, dass in den Ermittlungen zu San Bernardino ein Präzedenzfall geschaffen werden soll, um andere Zugriffe zu legitimieren.

Dabei will sich das Unternehmen gar nicht nachsagen lassen, jegliche Kooperation abzulehnen. So wurden den Ermittlern Backup-Dateien aus der iCloud zur Verfügung gestellt. Nachdem Farooks Arbeitgeber und die Ermittler durch das Zurücksetzen des iCloud-Passworts Zugang zu diesem Konto erlangt haben, dürften sie die entschlüsseln können. Gleichzeitig haben sie damit aber verhindert, dass ein neues automatisches Backup des fraglichen iPhone in der iCloud landet. Diese Backups enthalten aber laut FBI ohnehin nicht genauso viele Daten wie das Smartphone selbst.

Nachdem die Auseinandersetzung anfangs vor allem in der Öffentlichkeit geführt wurde, hat Apple schließlich auch vor Gericht auf die Anordnung reagiert. Erwartungsgemäß hat das Unternehmen beantragt, die Verfügung aufzuheben. Solch eine Mitwirkungspflicht sei ausdrücklich nicht gesetzlich vorgesehen, außerdem sei das Begehren verfassungswidrig. Noch nie habe ein US-Gericht eine vergleichbare Anordnung erteilt, sagt Apple. Das US-Parlament habe dafür bewusst keine rechtliche Grundlage geschaffen. Zudem habe die Regierung Pläne für die Einführung einer gesetzlichen Entschlüsselungspflicht fallen lassen. Sie dürfe nun nicht versuchen, ihre Befugnisse mit Gerichtsbeschlüssen zu erweitern. Schließlich betont Apple noch den enormen Aufwand, den die Programmierung

**Apple-Chef Tim Cook hat sich in der Angelegenheit schließlich klar positioniert und wehrt sich gegen das FBI.**



Bild: dpa, Tobias Hase



Bild: jamie\_okeefe, Lizenz: CC BY-SA 2.0



In einigen US-Städten, wie hier in Boston, gab es bereits (kleine) Demos aus Solidarität mit Apple.

der gewünschten Funktionen erfordern würde.

## Apples Gegenschlag

Das FBI und das Justizministerium berufen sich in ihrem Antrag auf den All Writs Act sowie einige Präzedenzfälle. Der All Writs Act wurde 1789 aus dem britischen Recht in den Rechtsbestand der aufständischen Kolonie übernommen. Apple erklärt, das Gesetz erlaube es Bundesgerichten, Gesetzeslücken zu schließen. Es sei aber keine Grundlage, um Recht zu setzen oder Kompetenzen auszuüben, die das Parlament den Richtern nicht gegeben habe. Im Gesetz Communications Assistance for Law Enforcement Act (CALEA) habe der Gesetzgeber der Exekutive außerdem ausdrücklich untersagt, Vorgaben für Infrastruktur, Dienste, oder Systemkonfigurationen bei elektronischen Kommunikationsdiensten oder Herstellern zu machen.

Außerdem habe die Regierung nicht nachgewiesen, dass Apples Mitwirkung über die bereits freiwillig geleistete Unterstützung hinaus überhaupt notwendig sei. Es sei völlig offen, welche verwertbaren Daten auf dem iPhone gefunden werden könnten. Überdies hätten die Behörden das iCloud-Passwort geändert und damit ein Online-

Backup der Daten unmöglich gemacht. Und vielleicht könnten ja andere Regierungseinrichtungen, darunter die Geheimdienste, helfen. Die Ermittler haben den Standpunkt vertreten, dass sie nicht verpflichtet sind, andere Regierungsdienste um Hilfe zu bitten.

Schließlich beruft sich Apple auch auf den 1. und 5. Zusatzartikel der US-Verfassung, auf die sich auch Konzerne berufen können. Der 1. Zusatzartikel garantiert die Freiheit der Meinungsäußerung. Darunter fällt auch die Freiheit, nicht zu vorgegebenen Äußerungen gezwungen werden zu können. Und Softwarecode ist als Meinungsäußerung im Sinne des ersten Zusatzartikels anerkannt, legt der Konzern dar. Die Regierung verlangt von Apple, neue Software zu schreiben und diese kryptografisch zu unterschreiben. Andernfalls würde das Gerät die neue Software ja gar nicht ausführen. Damit, so Apples Argument, würde das Unternehmen gezwungen, etwas in eigenem Namen zu sagen, was es ausdrücklich nicht sagen möchte. Genau dieser Zwang verstoße gegen den 1. Zusatzartikel. Der 5. Zusatzartikel verbietet unter anderem den Entzug von Leben, Freiheit oder Eigentum ohne rechtsstaatliches Verfahren („due process of law“). Dieses Verbot

erachtet Apple als verletzt, zumal es mit der gegenständlichen Straftat nur sehr entfernt in Verbindung steht. In einem ähnlichen Verfahren hat sich Apple Ende Februar vor einem New Yorker Gericht mit dieser Argumentation durchgesetzt.

## Crypto Wars 3.0

Insgesamt hat der Rechtsstreit das Potenzial, in den USA jene Debatte über den Datenschutz auszulösen, die nicht einmal nach Beginn der Snowden-Enttrollungen so richtig in Fahrt kommen wollte. Zwar hat Apple bereits zur Einführung von iOS 8 mit dem starken Schutz der Daten geworben und damit Kritik aus Sicherheitskreisen auf sich gezogen. Wirklich intensiv war das Thema aber bis jetzt nicht diskutiert worden.

Sowohl Apple als auch das FBI haben nun aber schon erklärt, dass es nicht ihre Entscheidung sei, in welchem Maße Datensicherheit und Datenschutz für Sicherheitsbelange beschränkt werden können. Das sei Aufgabe des Volkes, also der parlamentarischen Vertretung. Ob sich der US-Kongress mitten im Wahlkampf dieses Themas aber annehmen wird, ist sehr fraglich.

(mho@ct.de)

**ct** Aktuelles: [ct.de/yz8w](http://ct.de/yz8w)

Anzeige

## Apple bietet Signal-Entwickler Sommer-Job an

Apple hat Frederic Jacobs, einem der jungen Hauptentwickler der verschlüsselnden Chat-App „Signal“ ein Praktikum angeboten. Wie Jacobs selbst mitteilt, wird er im Sommer in der CoreOS-Security-Gruppe mitarbeiten, die sich um die Systemsicherheit aller Apple-Betriebssysteme kümmert.

Signal war im Herbst 2015 ins Rampenlicht gerückt, nachdem NSA-Whistleblower Edward Snowden die Anwendung lobte. Die App wird unter dem Dach des Nonprofit-Software-Projekts Open Whisper Systems entwickelt. Signal ist für iOS und Android erhältlich. (dz@ct.de)

## IBM bringt Swift auf den Server und in die Cloud

Ende Februar hat IBM in Las Vegas auf seiner InterConnect-Konferenz die hauseigene Swift Sandbox für die Cloud-Plattform vorgestellt. Swift-Programme lassen sich nun in Big Blues neuen Swift Package Catalog laden, man kann Swift-Anwendungen für IBMs Platform as a Service, Bluemix, schreiben (swiftlang.ng.bluemix.net) und sie mit

dem neuen Open-Source-Webserver Kitura auf OS-X- und Linux-Systemen betreiben.

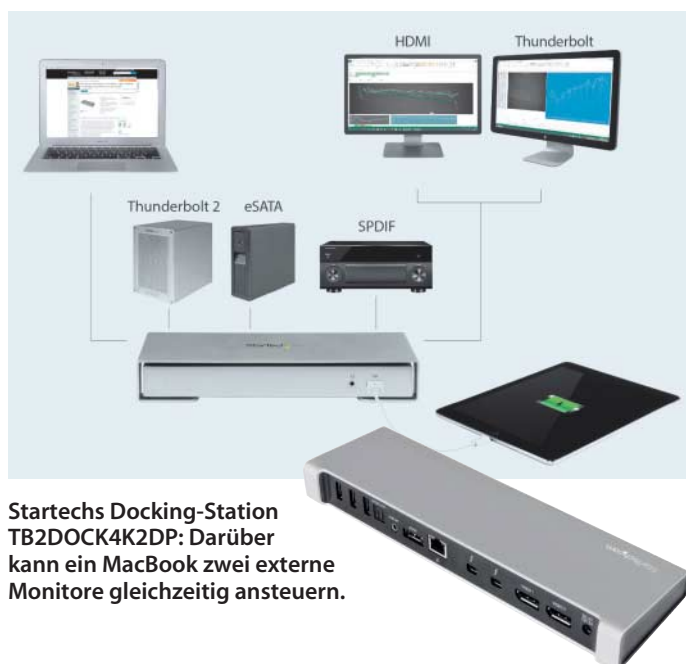
Bei der Sandbox handelt es sich um eine webbasierte Entwicklungsumgebung mit Editor und Ausgabefenster. Sie läuft in einem Docker-Container auf Linux und kann zugehörige Linux-Systemfunktionen nutzen. (dz@ct.de)

## Thunderbolt-2-Dock für zwei Displays

Startech hat seine für MacBooks gedachte Thunderbolt-2-Dockingstation TB2DOCK4K2DP herausgebracht, mittels der sich zwei externe Monitore an zwei DisplayPorts parallel betreiben lassen. Dafür müsse keiner der beiden Bildschirme ein Thunderbolt-Display sein, teilt der Hersteller mit. Dabei beträgt die maximale Auflösung je 2560 × 1600 Pixel. Mit einem einzigen Display sei auch eine 4K-Auflösung von 3840 × 2160 bei 30 Hz möglich.

Daneben sind ein Gigabit-Ethernet- und ein eSATA-Port, drei USB-3-Anschlüsse vom Typ A sowie ein digitaler optischer Ausgang an Bord (S/PDIF 5.1). Ein seitlich angebrachter USB-Anschluss lässt sich zum Aufladen beispielsweise eines iPads verwenden; ein MacBook müsse dafür nicht angedockt sein.

Startechs Thunderbolt-2-Dockingstation kostet rund 280 Euro, ein Thunderbolt-Kabel ist im Lieferumfang enthalten. (dz@ct.de)



Startechs Docking-Station TB2DOCK4K2DP: Darüber kann ein MacBook zwei externe Monitore gleichzeitig ansteuern.

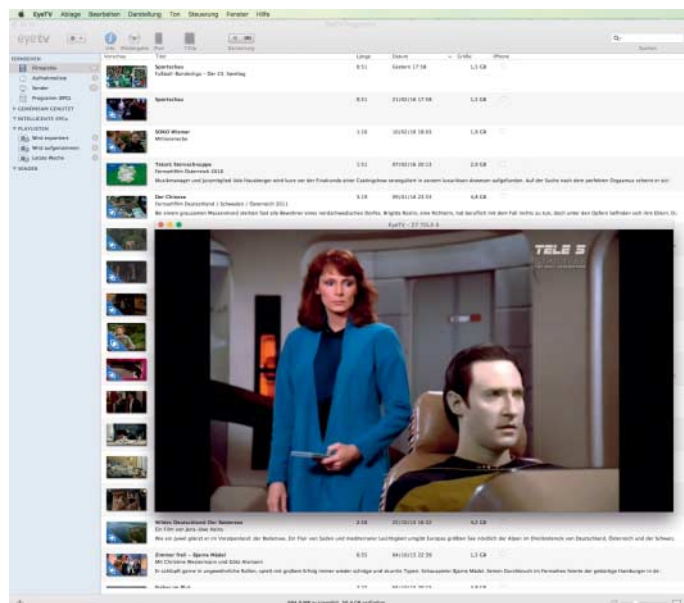
## Elgato verkauft EyeTV-Sparte

Der Münchner Mac-Zubehörspezialist Elgato hat seine TV-Tuner-Sparte mitsamt der populären Marke EyeTV an den chinesischen Konzern Geniatech verkauft.

Der neue Eigner übernimmt den Service und den Support für Bestandskunden und will nun die Weiterentwicklung der Hard- und Software fortführen. Beispielsweise wolle man DVB-T2/HEVC ebenso implementieren wie Apps für tvOS, Fire TV

und Nexus Player. Parallel plane man die nächste Generation der Mac-Software EyeTV 4 mit 64-Bit-Support und einer neuen, modernen Benutzeroberfläche. Elgato hatte für die Software seit längerem keine Aktualisierung mehr veröffentlicht.

Geniatech arbeitet laut Elgato seit fast 18 Jahren im Video- und TV-Bereich. Elgato will sich künftig auf Connected Home und Gaming konzentrieren. (dz@ct.de)



Gehen in die Hände von Geniatech über: die von Elgato entwickelten EyeTV-Produkte für den Empfang von digitalen TV-Signalen



## Apple-Notizen

Für die **iPad-Pro-Tastatur Smart Keyboard** ist das erste Update erschienen. Apple zufolge werde damit verhindert, dass das iPad Pro ungewollt aufwacht, wenn es mit dem Smart Keyboard verbunden ist.

Die neue **iOS-Version 9.2.1 mit der Build-Nummer 13D20** soll die Blockade von iPhones mit Touch-ID (Fehler 53) nach Reparaturen durch freie Werkstätten verhindern. Mit Build 13D20 lassen sich blockierte Geräte wieder in Betrieb nehmen; nur für die Wiederherstellung der Sensorfunktion ist der Gang zum Apple-Service weiterhin unerlässlich.

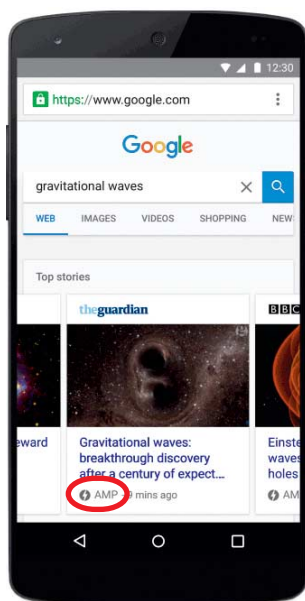
Der **Volume Mixer** rüstet auf Macs mit OS X 10.11 oder OS X 10.10 die Funktion zur separaten Lautstärkeregelung einzelner Programme nach. Die Lizenz für bis zu zwei Macs kostet für Endnutzer rund 11 Euro, die Testversion läuft gratis 15 Tage lang.

Apple will mit der im März erwarteten neuen iOS-Version den **Datumsfehler beheben**. Darauf deutet die vierte Beta-Version von iOS 9.3 hin. Bisher lassen sich 64-Bit-iOS-Geräte durch Zurückstellen des Datums auf den 1. Januar 1970 blockieren. iOS 9.3 Beta 4 stellt zudem die Geräte wieder her, die auf diese Weise blockiert wurden.

## Google-Suche belohnt AMP-Websites

Die Suchmaschine von Google hebt passende Suchtreffer, die im AMP-Format (Accelerated Mobile Pages, beschleunigte mobile Webseiten, siehe c't 3/16, Seite 158) ausgeliefert werden, bei der Suche auf Mobilgeräten in den „Top Stories“ hervor. In ersten Tests klappte das mit dem Browser eines Mobilgeräts, aber noch nicht mit der Google-Suche per Android-App.

Google befeuert damit das Interesse an AMP. Die Idee dahinter ist, mit einer Untermenge von HTML und CSS sowie vorgefertigten interaktiven Elementen die Auslieferung von Webseiten dramatisch zu beschleunigen. Die quelloffene Technik kann jeder Webseiten-Betreiber einsetzen. Externe Dienstleister ermöglichen eine halbautomatische Umstellung von Webseiten. Wordpress.com hat AMP bereits implementiert; bei selbst gehosteten Wordpress-Auftritten benötigt man ein Plug-in. (heb@ct.de)



**Auf mobilen Browsern werden mit AMP optimierte Seiten in den Suchergebnissen von Google hervorgehoben.**

## Bußgelder wegen Safe Harbor

Der Hamburger Datenschutzbeauftragte Johannes Caspar will gegen drei Unternehmen ein Bußgeldverfahren einleiten. Die Firmen nutzen das gerichtlich gekippte Safe-Harbor-Abkommen weiterhin als rechtliche Basis für Datentransfers in die USA. Auch nach der Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) im Oktober 2015 hätten sie ihren Datenverkehr nicht umgestellt oder eine andere Rechtsgrundlage für den transatlantischen

Datenaustausch geschaffen. Der EuGH hatte bemängelt, dass die Informationen in den USA nicht ausreichend geschützt vor dem Zugriff von Geheimdiensten seien. Nach Angaben der Hamburger Datenschützer handelt es sich um drei deutsche Niederlassungen US-amerikanischer Unternehmen. Die Verfahren liefen derzeit noch. Gegen zwei weitere Unternehmen würden Sanktionen noch geprüft, hieß es.

(hob@ct.de)

## Telegram auf Erfolgskurs

Der Krypto-Messenger Telegram hat die Schwelle von 100 Millionen Nutzern überschritten. Täglich kommen nach Angaben der Betreiber 350 000 neue Anwender hinzu. Im Vergleich zu WhatsApp mit einer Milliarde Nutzer ist Telegram weit abgeschlagen. Bei den versandten Nachrichten liegt der Newcomer mit 15 Mil-

liarden am Tag nicht so weit hinter WhatsApp mit 42 Milliarden. Krypto-Messenger wie Telegram oder Threema hatten mit der Übernahme von WhatsApp durch Facebook einen merklichen Schub erfahren. Zwar verschlüsselt auch WhatsApp die Nachrichten, zeigt das aber Nutzern nicht an. (uma@ct.de)

Anzeige



## 5-GHz-Breitband-Datenfunk für die Seeschifffahrt

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat auf der Nordsee Tests mit Datenübertragungen im 5-GHz-Spektrum für maritime Zwecke durchgeführt. Die Technik soll den Sprech- und Datenfunk im Mittel- bis Ultrakurzwellenbereich ergänzen, der weiterhin das Rückgrat der Kommunikation auf See bildet. Für den Transfer großer Datenmengen sind die herkömmlichen Kanäle aber nicht geeignet – und Satellitenkommunikation ist teuer. „Derzeit existiert im maritimen Bereich noch keine günstige, robuste Alternative, um umfangreichere Informationen auszutauschen“, erklärt Dr. Simon Plass vom Institut für Kommunikation und Navigation des DLR.

Das DLR forscht deshalb schon länger an neuen digitalen Kommunikationstechnologien für den Einsatz auf See. Dabei konzentrieren sich die Wissenschaftler vor allem auf Datenübertragungen im 5-GHz-Spektrum. Allerdings war bislang nur wenig darüber bekannt, wie sich reale Bedingungen auf See auf die 5-GHz-Signalübertragung auswirken – zum Beispiel bei mehreren Meter hohen Wellen. Auch Inseln sowie künstliche Hindernisse wie Leuchttürme, Offshore-Windparks und andere Schiffe können die Ausbreitung der Funksignale stören.

Nachdem das DLR bereits erste Versuche auf der (ruhigeren) Ostsee durchgeführt hatte, um Übertragungskanäle eines selbst entwickelten 5-GHz-Hochleistungsfunksystems zu testen, schickten die DLR-Forscher jetzt zwei hochseetaugliche Schiffe in die

**Im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) testete das Mehrzweckschiff „Neuwerk“ gemeinsam mit dem Seenotrettungskreuzer „Hermann Marwede“ die Übertragung von 5-GHz-Funksignalen in stürmischer See.**



Bild: DLR

Nordsee. Der Seenotrettungskreuzer „Hermann Marwede“ und das Mehrzweckschiff „Neuwerk“ mussten bei hohem Seegang verschiedene Manöver durchführen, darunter paralleles Fahren, kreuzen und auf unterschiedlichen Routen die Helgoland vorgelagerte Insel „Düne“ umrunden. Zusätzlich wurden Messungen vom Leuchtturm Helgoland bis zum 25 Kilometer entfernten Windpark Helgoland durchgeführt.

Die gewonnenen Daten wollen die DLR-Wissenschaftler nutzen, um ein Vorhersagemodell zur Funkwellenstreuung auf See zu berechnen. Auf dieser Grundlage sollen dann Lösungen für Send- und Empfangsgeräte entwickelt werden, mit denen sich Störeinflüsse wie zum Beispiel hohe Wellen reduzie-

ren lassen. Dabei greifen die Forscher auch auf Radarbilder des Satelliten TerraSAR-X sowie Bojen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zurück, die Informationen zu den Wellenhöhen während der Messungen liefern.

Mit einer breitbandigen 5-GHz-Kommunikationslösung könnten laut DLR zum Beispiel Seenotrettungskreuzer bei Notfällen schon auf dem Weg zum Einsatzort erste medizinische Anweisungen über eine Videoschaltung liefern. Auch das Versenden von Informationen zur Verkehrslage etwa in Form von Radarbildern wäre damit ohne Umweg über einen Satelliten möglich. Gefördert wird das DLR-Projekt noch mindestens bis zum Jahr 2021. (pmz@ct.de)

## Apotheke unter der Haut

Mikrosystemtechniker, Elektrotechniker und Materialwissenschaftler der Universität Freiburg haben ein neues Verfahren entwickelt, um pharmakologisch wirksame Substanzen in einer Art Mikro-Container zu speichern und diese Stoffe im Körper durch Anlegen einer Spannung lokal und kontrolliert wieder freizugeben. Die Technik könnte nach Angaben der Forscher unter anderem genutzt

werden, um Medikamente aus einem Reservoir unter der Haut direkt auf einen Tumor auszuschießen.

Zur Herstellung des Speichers wandeln die Wissenschaftler zunächst einen Kunststoff durch sogenannte Atomlagenabscheidung (ALD) von einem flüssigen in einen festen Zustand um. Dabei werden Gase auf den Kunststoff aufgetragen, die in seine Molekularstruktur eindringen und ihn von innen heraus festigen. Als Grundstoff verwenden die Freiburger Forscher das Polymer Polyethylenglycol (PEG), das im Abscheidungsverfahren mit Zinkoxid zu einem organisch-anorganischen Hybridmaterial (PEG/ZnO) reagiert, dessen molekularer Aufbau sich für das Speichern pharmakologischer Substanzen eignet.

**Wissenschaftler der Uni Freiburg haben ein neues Verfahren zur Herstellung von Medikamenten-Implantaten entwickelt. Dabei werden pharmakologisch wirksame Substanzen in einer Hybridschicht (grün) gespeichert, die gezielte Freigabe erfolgt über das Anlegen einer Spannung an eine Polymer-Deckschicht (blau).**

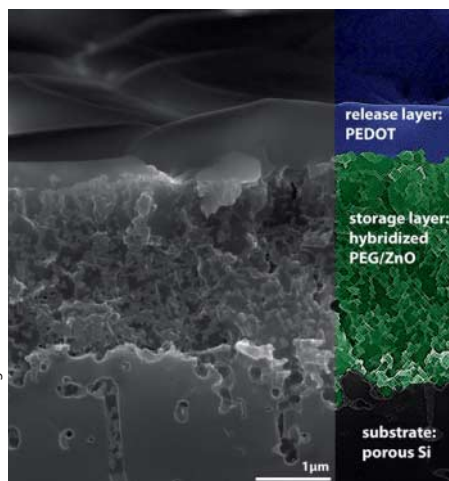


Bild: Uni Freiburg

Dank der Wasserlöslichkeit des Hybridmaterials können die darin aufbewahrten Stoffe leicht wieder freigesetzt werden. Um die Ausschüttung exakt zu dosieren, ist allerdings noch das Polymer PEDOT nötig. Dieses wird zweifach als dünner Film auf die Oberfläche des Hybridmaterials aufgebracht. „Vereinfacht betrachtet, funktioniert dieses Polymer wie ein Netz mit Löchern, die sich beim Anlegen von negativer Spannung öffnen und bei positiver Spannung schließen. So können die gespeicherten Moleküle kontrolliert nach außen strömen“, erläutert Doktorand Christian Böhler.

Anhand von Fluorescein habe man bereits zeigen können, dass der mehrschichtige Container ideale Eigenschaften für eine präzise Dosierung einer großen Bandbreite verwandter Moleküle besitzt, die über einen bestimmten Zeitraum an einem bestimmten Punkt ausgeschüttet werden sollen, schildern die Wissenschaftler. Auch die Verträglichkeit eines solchen Medikamenten-Implantats für Menschen sei nachgewiesen. In weiteren Experimenten wollen die Forscher zeigen, dass auch unterschiedliche Moleküle gleichzeitig oder in nebeneinanderliegenden Kammern speicherbar sind. (pmz@ct.de)



## AnyDVD: Blu-ray-Knacker SlySoft gibt auf

Seit Ende Februar ist die Webseite der Herstellers SlySoft offline. Besucher der Webseite werden von einem Hinweistext begrüßt: „Due to recent regulatory requirements we have had to cease all activities relating to SlySoft Inc.“ Wie aus Beiträgen der Entwickler in den Produktforen hervorgeht, hat SlySoft die Webseite selbst vom Netz genommen; dasselbe gilt für die Online Protection Database, die Updates zum Knacken neuer Blu-ray Discs an AnyDVD HD lieferte. Zwar teilte SlySoft nichts zu den genauen Umständen mit,

betonte jedoch, dass es sich um eine endgültige Entscheidung handele.

Damit hat die Filmindustrie nach 13 Jahren augenscheinlich ihren ausgemachten Erzfeind niedergezogen. Anfang Februar hatte die AACS LA auch im Zuge des bevorstehenden Starts der Ultra HD Blu-ray den United States Trade Representative (USTR) gebeten, Antigua & Barbuda auf die Copyright Priority Watch List zu setzen. Der neue Kopierschutz AACS 2.0 enthalte zwar zusätzliche Schutz- und Anti-Manipulationsfunktionen, ließe sich

wie jedes Verschlüsselungssystem jedoch überwinden. Um so wichtiger sei es, Firmen wie SlySoft das Handwerk zu legen.

Kurz nach dem Aus von SlySoft veröffentlichte Fengtao Software, Hersteller der DVD-/Blu-ray-Kopiersoftware DVDFab, eine Pressemitteilung, in der er betont, dass DVDFab den neuen Kopierschutz AACS 2.0 nicht anrühren werde. Stattdessen wolle man sich künftig auf Videoschnitt- und -bearbeitung von Ultra-HD-Material konzentrieren.

(vza@ct.de)

## Medienzentrale Kodi 16 mit besserer Kontrolle über Add-ons

Die Entwickler der plattformübergreifenden Media-Center-Software haben Version 16 freigegeben. Mit Kodi lässt sich nahezu jedes Audio- und Videoformat über zahlreiche Netzwerkprotokolle abspielen; mit Add-ons lässt sich die Software flexibel erweitern. Ab Version 16 lässt sich das Auto-Update für jede Kodi-Erweiterung einzeln aktivieren. Der frühere Rollback-Button zur Rückkehr zu älteren Add-on-Fassungen ist im „Aktualisieren“-Button aufgegangen. Dort werden nun auch ältere Add-on-Fassungen angezeigt. Das kann allerdings Verwirrung stiften, weil die Liste mitunter auch Add-ons für ältere Kodi-Versionen aufführt, die inkompatibel zur installierten Kodi-Version sein können.

Ein Event Logger informiert über Hintergrundprozesse und Fehler, etwa wenn es beim Einlesen bestimmter Videos in die Bibliothek hakt. Ebenfalls eine überfällige Neuerung des sonst videolastigen Kodi 16: Die Musikbibliothek durchsucht die angegebenen Musikverzeichnisse nun automatisch in Intervallen nach neuen Inhalten.

Da es spartanischen Fernbedienungen wie denen für Android TV an Knöpfen mangelt, über die man beispielsweise das Kodi-Kontextmenü aufrufen könnte, haben die Entwickler eine Erkennung langer Tastendrücke integriert. So lässt sich jeder Taste eine

**Die Medienzentrale Kodi 16 stellt nun auf Wunsch auch 4:3-Inhalte verzerrt ohne Trauerband dar.**

Sekundärfunktion hinzufügen, um etwa das erwähnte Kontextmenü (oder andere Funktionen) aufzurufen.

Darüber hinaus gibt es zahlreiche kleinere Fehlerbereinigungen und Verbesserungen: Die Wiedergabe von VP6- und VC-1-kodierten Videos unter Android wurde repariert, dem PVR-Modus eine Serienaufnahmefunktion hinzugefügt und diverse Macken ausgemerzt sowie das GUI um stereoskopische Tiefeninformation für 3D-TVs und VR-Headsets erweitert.

Außerdem haben die Entwickler Schnittstellen modernisiert. So wurde die Windows-Version von Kodi auf DirectX 11 migriert, wobei Kompatibilität zu älterer DirectX-9-

Hardware gewahrt bleibt. Einige Android-Geräte können zwar Ultra HD/4K abspielen, sind aber nicht in der Lage, die Kodi-Oberfläche in dieser Auflösung über das Video zu legen. Um dieses Problem auszuräumen, stellt Kodi das Video und die Oberfläche mittels „Android Surface Rendering“ nun auf zwei Surfaces dar (außer bei Geräten mit AM-Logic-SoC), die der Screen Compositor von Android zusammenfügt.

Kodi 16 steht für Windows, Linux, OS X, iOS (Jailbreak nötig), Android (auch bei Google Play) und andere Systeme zum Download bereit.

(vza@ct.de)

**ct** Kodi-Downloads: [ct.de/y2u1](http://ct.de/y2u1)



Anzeige

## Datenintegration gratis

Mit dem kostenlosen Programmpaket „Talend Data Preparation“ für Windows und OS X lassen sich Daten aus unterschiedlichen CSV-Dateien und Excel-Mappen miteinander kombinieren und visualisieren. Anwender können unter der Web-Oberfläche Rohdaten mit Drag & Drop zusammentragen und mit Hilfe von Programm-Assistenten aufbereiten,

indem sie zum Beispiel falsch formatierte oder fehlende Daten ersetzen. Die Software soll sie dabei mit intelligenten Vorschlägen unterstützen und passende Visualisierungen zur Wahl stellen. Das Programm darf man auch gewerblich nutzen, doch einige wichtige Funktionen für den geschäftlichen Einsatz will der Hersteller erst im Sommer mit einer

kommerziellen Programmversion nachliefern. Dazu gehören die Möglichkeit, mit mehreren Benutzern auf ein Dokument zuzugreifen, differenzierte Berechtigungen für den Datenzugriff und die Option, komplexe Arbeitsschritte an einen Server zu delegieren. (hps@ct.de)

**ct** Download: [ct.de/ybkx](http://ct.de/ybkx)

The screenshot displays the Talend Data Preparation software interface. On the left, a sidebar titled 'MARKETING LEADS' lists 15 data preparation tasks, such as 'Remove all non Numeric Characters on column ID' and 'Change Date Format on column DATE'. The main area shows a data table with columns: #, COMPANY, CITY, STATE, REGION, and DATE. The table contains 1000 lines of data. On the right, a 'DATE' panel offers various functions like 'Find a Function...', 'SUGGESTION', and 'Change Date Format...'. Below this, a 'CHART' panel shows a 'LINE COUNT' bar chart with 'Occurrences' on the y-axis and dates on the x-axis.

Talend Data Preparation zeigt mit grün markierten Hinweisen, wie man von separaten Daten zu einer Tabelle oder Geschäftsgrafik gelangt.

## Team-orientiertes Projektmanagement

Wrike ist eine Cloud-Anwendung fürs sogenannte kollaborative Projektmanagement. Mit den in zehn Sprachen verfügbaren Diensten für Webbrowser, iOS- und Android-Apps kann man Projekte anlegen und im Team verwalten. Bereits mit der kostenlosen Basis-Version lassen sich Aufgaben mit Terminen festlegen, in Teilaufgaben gliedern

und über Instant Messages mit anderen Wrike-Nutzern diskutieren.

In den gebührenpflichtigen Versionen Professional und Enterprise kommen Planungshilfen wie Gantt-Diagramme dazu. Zugangskonten der kommerziellen Wrike-Versionen lassen sich in ein Azure Active Directory und Microsoft Office 365 integrieren.

Wrike-Nutzer können mehrere Aufgabenlisten, Nachrichten-Threads, Grafiken zum Projektfortschritt sowie Links zu Webspeicherdiensten und Office-Anwendungen in persönlichen Dashboards zusammenstellen. (hps@ct.de)

**ct** Basis- und Probezugänge: [ct.de/ybkx](http://ct.de/ybkx)

## DMS Dr.DOC 21 mit Schnellsuchleiste

Dr.DOC hat die Version 21 seines gleichnamigen Dokumenten-Managementsystems fertiggestellt. Eine wichtige Neuerung ist die Schnellsuchleiste oben im Programmfenster. Damit lassen sich bequem alle Recherchemöglichkeiten von Dr.DOC ausschöpfen – Volltextsuche ebenso wie die Suche in bestimmten Datenfeldern und Vorlagen. Außerdem spielt Dr.DOC mit Microsoft Office 2016 zusammen und archiviert in Outlook gespeicherte E-Mails automatisch über ein Add-in oder interaktiv per Drag & Drop. Das System kostet als Einzelplatzprogramm brutto 300 Euro oder mit zusätzlicher Web-Schnittstelle 500 Euro. Gebühren für die Mehrbenutzerversion beginnen bei 2800 Euro. (hps@ct.de)

The screenshot shows the Dr.DOC 21 software interface. At the top, there's a menu bar with options like 'Archiv', 'Bearbeiten', 'Ansicht', 'Datenbank', 'Datensatz', 'Dokument', 'Einstellungen', 'Workflow', 'Organisation', 'Fenster', and 'Hilfe'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area features a 'Schnellsuchleiste' (Quick Search Bar) with a search icon and a search scope dropdown. Below the search bar is a 'Desktop' view with several colored tiles: 'Kontakte wählen', 'Kontakte anzeigen', 'Neuer Kontakt', 'Angebot erstellen', 'Dokumente wählen', 'Dokumente anzeigen', 'Postgang scannen', and 'Datei erfassen'. The 'Dokumente anzeigen' tile shows a count of 101 documents.

Dr.DOC präsentiert sich mit eigener Kachel-Oberfläche und neuerdings mit einer Schnellsuchleiste für zahlreiche Such-Optionen.

## Preisgünstiges Scanprogramm

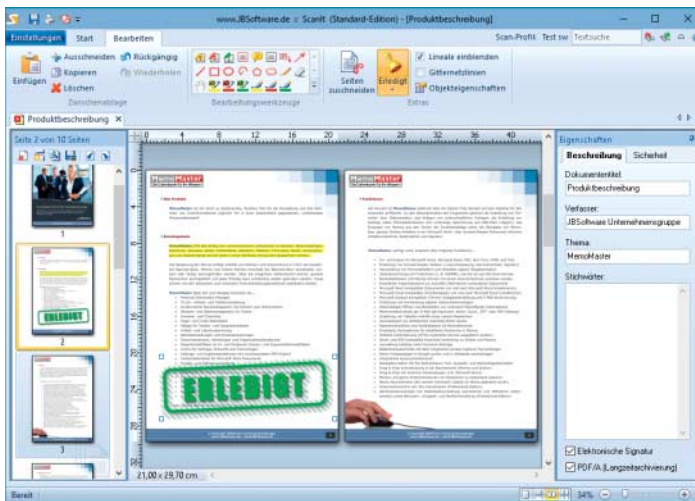
ScanIt scannt Papierdokumente und wandelt diese per Texterkennung in durchsuchbaren Text um. Die Ergebnisse lassen sich als PDF exportieren und per Mail verteilen. In Version 2 erkennt die Software auch englische Texte. Weitere Sprachpakete sollten nach Angaben des Herstellers JBSOftware folgen. Mit der neuen Version lassen sich Scanprofile anlegen, beispielsweise für Farbscans oder Scans in einem bestimmten Format.

ScanIt 2 unterstützt digitale Signaturen und exportiert Dokumente auf Wunsch im Langzeitarchivierungsformat PDF/A. Einen passenden Scanner vorausgesetzt, liest die

Software doppelseitige Dokumente per Duplexscan ein. Auch bei der Dokumentenbearbeitung hat der Entwickler Hand angelegt: So sollen sich mit der neuen „Trennen und Hinzufügen“-Funktion Seiten aus anderen Dokumenten oder weiteren Scanvorgängen zu einem bestehenden Dokument hinzufügen lassen.

ScanIt 2 läuft auf Windows-PCs ab 2000. Für eine Einzelplatzlizenz zahlen Privatanwender 30, gewerbliche Nutzer 50 Euro. (hps@ct.de)

**ct** 60-Tage-Testversion: [ct.de/yccp](http://ct.de/yccp)



ScanIt 2 bringt viele Stempel mit, mit denen sich Dokumente eindeutig markieren lassen.

Anzeige

## Diktierhilfe für Smartphones und Tablets

Die Diktier-App Dragon Anywhere verschriftlicht Sprachaufnahmen beliebiger Länge und speichert die Texte in der Cloud. Dort lassen sie sich per Sprachbefehl editieren und formatieren. Die App arbeitet geräteübergreifend mit der PC-Version Dragon Professional Individual und Dragon für Mac 5 zusammen. Änderungen im Wortschatz oder bei den benutzerdefinierten Einstellungen werden auf allen Endgeräten automatisch synchronisiert. Dragon Anywhere exportiert Dokumente in andere Cloud-Anwendungen

wie Evernote und Dropbox – ein Import von dort ist nach Angaben des Herstellers ebenfalls möglich.

Die App lässt sich ab sofort auf der Homepage des Herstellers Nuance abonnieren und läuft auf Smartphones und Tablets ab iOS 8.1 oder Android 4.4. Ein Abonnement für einen Monat kostet 20 Euro, für drei Monate 54 Euro und der Preis für ein Jahresabonnement beträgt 204 Euro. Eine Registrierung ist obligatorisch – auch für die kostenlose Sieben-Tage-Testversion. (mre@ct.de)

## Anwendungs-Notizen

Das **Layout-Programm** Ragtime 6.6 läuft laut aktueller Herstellermeldung jetzt auch unter den Betriebssystemen Windows 10 und Mac OS El Capitan mitsamt Unterstützung von Apples Retina-Display. Dank serienmäßiger Importmodule sind Ragtime-Dokumente nun für die Windows-Suche und Mac Spotlight indexierbar. Ragtime 6.6 kann Word- und Excel-Dokumente importieren, aber nicht in den Formaten DOCX und XLSX. Eine Einzelplatz-Lizenz kostet 870 Euro, ein Upgrade von früheren Versionen ist bis Ende März für 400 Euro zu haben.

Das **Dokumenten-Managementsystem** Office Manager DMS kann mit dem jüngsten kostenlosen Service-Pack erstmals Barcodes interpretieren. Darüber hinaus wertet es mit der überarbeiteten Formularerkennung medizinische Formblätter aus. Dokumente kann es jetzt direkt für den E-Mail-Versand zippen und an Outlook übergeben.

Holger Bleich

# Unwissenheit schützt nicht

## Massenabmahner nehmen Flüchtlinge ins Visier

**In Deutschland angekommene Flüchtlinge haben meist größere Probleme im Gepäck als das hiesige Urheberrecht. Das kann fatale Folgen haben: Eine wachsende Zahl von Neuankömmlingen tappt in Abmahnfallen, die sie oder hilfsbereite Anschlussinhaber in juristische Schwierigkeiten bringen.**

**M**ohamad S. liebt Filme. In seiner Heimat Syrien fand er keine Möglichkeit, jeden Streifen in Kino oder Fernsehen zu sehen. Deshalb griff er auf den DVD-Schwarzmarkt und Internet-Tauschbörsen zurück, was in Syrien weder verpönt ist noch juristisch geahndet wird. Im August 2015 ist Mohamad S. nach Deutschland geflüchtet und wohnt mittlerweile in einem Dorf bei Hannover.

Ein Nachbar hat ihm sein WLAN geöffnet, damit er mit der Heimat in Kontakt bleiben kann. Mohamad S. nutzte den Zugang auch, um Filme über ein Programm anzusehen, das die Daten per BitTorrent herunterlädt und weiterverbreitet. Mitte Februar erhielt der Nachbar eine Abmahnung: 815 Euro soll er bezahlen, weil Mohamad S. im November

vergangenen Jahres die US-amerikanische Jugendbuch-Verfilmung „Margos Spuren“ heruntergeladen hatte.

Mohamad S. kennt das deutsche Urheberrecht nicht, und er weiß auch nichts von der rigiden Rechtsverfolgung hierzulande. So entstand sowohl für ihn als auch für den hilfsbereiten Nachbarn eine unangenehme Situation. Und sie sind nicht die Einzigen: Nach Informationen von c't laufen derzeit viele Flüchtlinge beziehungsweise deren Helfer ins offene Messer der Massenabmahner. Mehrere spezialisierte Rechtsanwälte berichten, dass sie in zunehmendem Maße solche Fälle auf den Tisch bekommen.

In den c't vorliegenden Fällen mahnte durchgehend die Kanzlei Waldorf-Frommer aus Mün-

chen ab – die wohl eifrigste Abmahnkanzlei Deutschlands. Sie vertritt mehrere große Filmvertriebe, im Fall von Mohamad S. die Twentieth Century Fox Home Entertainment. Die 815 Euro setzen sich zusammen aus einem behaupteten Schadenersatzanspruch von 600 Euro sowie einem „Aufwendungsersatz“ von 215 Euro.

### „Härtefälle“

Unabhängig vom vorhandenen Rechtsanspruch stellt sich unweigerlich die Frage nach der moralischen Komponente. Sollen die meist nahezu mittellosen Flüchtlinge de facto bestraft werden, obwohl sie nicht wissen, dass sie illegal handeln? Twentieth Century Fox Home Entertainment als Rechteinhaber und

Mandantin wollte sich auf Anfrage von c't nicht zu diesen Fällen äußern.

Waldorf-Frommer gab sich auskunftsfreudiger: „Unsere Mandanten können zum Zeitpunkt des Versands einer Abmahnung nicht wissen, welchen sozialen oder wirtschaftlichen Hintergrund der jeweilige Anschlussinhaber hat“, erklärte Rechtsanwältin und Kanzlei-Gesellschafterin Katja Nikolaus. Und: „Sobald uns glaubhaft kommuniziert wird, dass es sich um einen Härtefall handelt, nehmen wir darauf angemessenen Rücksicht – bis hin zum Totalerlass der Forderung.“

In der Tat liegen c't Fälle vor, in denen es abgemahnten Flüchtlingen mit anwaltlicher Unterstützung gelang, den Preis erheblich zu reduzieren. Eine alleinerziehende, mittellose Geflüchtete etwa sollte 915 Euro bezahlen. Eine ehrenamtlich verteidigende Juristin versicherte Waldorf-Frommer, die Begleichung der Forderung führe die Mandantin in die Insolvenz. Die „angemessene Rücksicht“ von Waldorf-Frommer bestand aus der Reduzierung der Summe auf 315 Euro, zahlbar in monatlichen Raten von 10 Euro. (hob@ct.de)

**ct** Dieser Artikel online: [ct.de/yxb6](http://ct.de/yxb6)

## Urheberrecht für Neubürger und deren Helfer

Folgende Grundregeln sollten alle beherzigen, die in Deutschland Zuflucht gefunden haben und hier das Internet nutzen. Falls Sie als Anschlussinhaber Flüchtlingen Internetzugang gewähren, weisen Sie sie auf die spezifische Rechtslage in Deutschland hin.

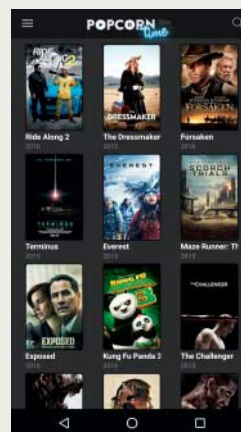
Das deutsche Urheberrecht verbietet es, Werke ohne Genehmigung des Rechteinhabers zu verbreiten. Wer Dateien (Filme, TV-Serien, Musik, Software oder E-Books) über Tauschbörsen-Netzwerke wie BitTorrent herunterlädt, gibt sie aber automatisch weiter. Den Zugang, über den er das tut, ermitteln Rechtsverfolger anhand der IP-Adresse und mahnen anschließend den Anschlussinhaber ab. Bereits die erste Rechtsbelehrung ist in der Regel mit hohen Kosten verbunden.

Eine große Gefahr geht von Programmen aus, die sich wie ein Streaming-Client verhalten, im Hintergrund aber BitTorrent nutzen und deshalb die gestreamten Dateien illegal weiterverbreiten. Beliebt ist etwa

Popcorn Time, das nicht nur für den PC-Desktop, sondern sogar als App für Android-Smartphones bereitsteht. Weitere Programme dieses Typs sind Vuze und das Browser-Add-on WebTorrent.

Lassen Sie gesunden Menschenverstand walten. Insbesondere bei Filmen liegt in Deutschland eine lange Zeitspanne zwischen der Erstaufführung im Kino und der Auswertung auf Video und im Internet. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass ein größerer Kinofilm schon wenige Wochen nach der Darstellung im Kino in Deutschland legal als Datei-Download angeboten wird – schon gar nicht kostenlos.

Eine deutsche Besonderheit ist, dass der Betreiber eines WLANs für Rechtsverletzungen zur Verantwortung gezogen werden kann, die über seinen Zugang stattfinden. Dies gilt gegenüber Dritten, aber auch innerhalb der eigenen Familie. Um beim Teilen eines Anschlusses ein Minimum an Rechtssicherheit zu erlangen, sollte man den Untermieter zumindest – auf Grundla-



**Die Smartphone-App Popcorn Time sieht aus wie ein normaler Streaming-Client, teilt aber im Hintergrund urheberrechtlich geschützte Dateien via BitTorrent.**

ge dieses Artikels – über die Risiken von Tauschbörsen belehren. Eine formlose Vereinbarung, die über die rechtlichen Gefahren im Netz aufklärt und dann gemeinsam unterschrieben wird, kann zwar den WLAN-Inhaber aus der Störerhaftung bringen. Doch der müsste dann den Täter benennen und ihn de facto den Abmahnern ans Messer liefern. (Joerg Heidrich)



## EuGH soll über Verbot von Fanpages bei Facebook entscheiden

Während Facebook-Gründer Marc Zuckerberg in Berlin in zahlreiche Kameras lächelte, hatten die vier Anwälte, die Facebook vor dem Bundesverwaltungsgericht vertreten, wenig zu lachen: Das Verfahren sei eine reine „PR-Kampagne“ gegen ihre Mandantin, klagten sie. Dabei waren sie in dem Verfahren eigentlich nur Beiwerk. Betroffen ist die Wirtschaftsakademie von Schleswig-Holstein. Deren zuständige Aufsichtsbehörde, das Unabhängige Landeszentrum für den Datenschutz in Schleswig-Holstein (ULD), wollte der Akademie schon 2011 die Nutzung einer Facebook-Fanseite untersagen. Sie erhebe als Betreiberin der Seite selbst keine personenbezogenen Daten der Seitenbesucher, wohl aber Facebook, das IP-Adressen speichere und Cookies zur Identifizierung der Nutzer setze, ohne eine ausdrückliche Einwilligung der Betroffenen vorzusehen, was nach deutschen Datenschutzbestimmungen erforderlich wäre.

Da sie selbst gar keine Daten über die Besucher ihrer Fanpage erhebt, wehrt sich die Akademie standhaft gegen das drohende Verbot seiner Fanpage und war in den unteren Instanzen damit erfolgreich. Doch die Behörde gab nicht auf und legte Revision ein. Ihr ehemaliger Leiter, der bekannte Datenschützer Thilo Weichert, ließ es sich denn auch nicht nehmen, trotz der weiten Anreise nach Leipzig in der ersten Zuschauerreihe des Sitzungssaales Platz zu nehmen und seiner Nachfolgerin Marit Hansen damit symbolisch den Rücken zu stärken.

Die möchte wie er mit dem Musterverfahren erreichen, dass alle Internetnutzer dazu gezwungen werden, ihre Seiten im Web nur über solche Dienstleister zu betreiben, die den deutschen Datenschutz beachten. Dazu gehöre Facebook nicht. Die Akademie müsse sich deshalb womöglich einen anderen Anbieter suchen. Ihre Fanpage bei Facebook sei doch nur deshalb kostenlos, weil sie durch die Erhebung und Vermarktung der Besucherdaten über Cookies und IP-Adressen durch Facebook bezahlt werde. Die Akademie will wie viele andere Facebook-Nutzer natürlich nicht auf die Infrastruktur und Verbrei-

tungsmöglichkeiten in dem Netzwerk verzichten.

In diesem Streit gibt es diverse europarechtliche Fragen zu klären: Ist das ULD überhaupt zuständig? Kann es sich über die Einschätzung der irischen Datenschutzaufsicht hinwegsetzen, in deren Zuständigkeitsbereich Facebook seine europäischen Geschäfte betreibt und die das mit irischem

Datenschutzrecht für vereinbar hält? Gilt für Facebook, das in Deutschland eine GmbH für Marketingzwecke unterhält, deutsches oder irisches Datenschutzrecht? Müssen sich die Datenschutzbehörden der EU-Länder in solchen Fragen bei unterschiedlichen Auffassungen einigen und falls ja, nach welchem Verfahren? Die Luxemburger EuGH-Richter

haben von ihren Leipziger Kollegen deshalb eine Reihe harter unionsrechtlicher Datenschutznüsse bekommen, an denen sie sicher weit über ein Jahr hinaus zu knacken haben werden. Bis dahin kann man allen Fanpage-Betreibern, die zu Recht Auswirkungen auf die eigenen Aktivitäten gefürchtet hatten, erst einmal Entwarnung geben. (tig@ct.de)

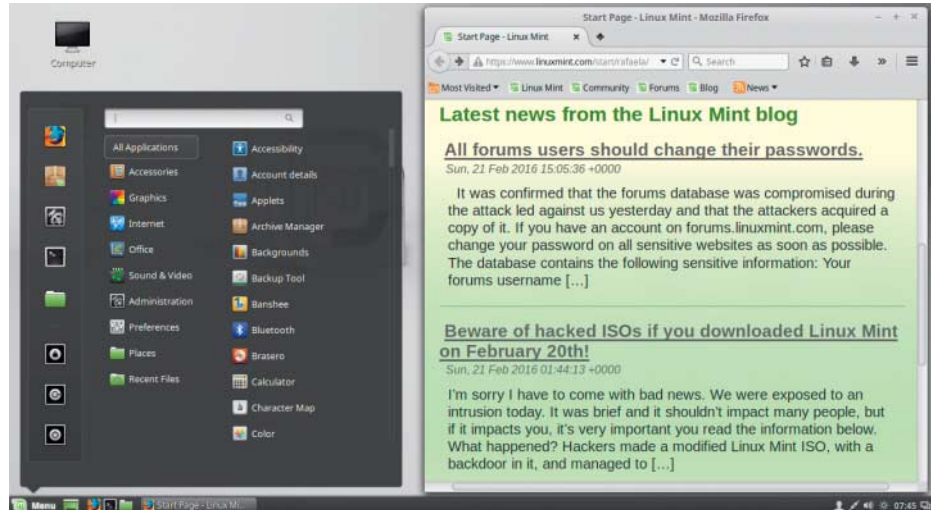
Anzeige

## Schadsoftware in Linux Mint

Die Webseite des Linux-Mint-Projekts hat am 20. Februar ein Installations-Image mit Schadsoftware verteilt. Ein damit eingerichtetes System enthält eine Hintertür, durch die es sich aus der Ferne übernehmen lässt. Den Link auf das vermeintliche Mint-ISO hatte ein Angreifer nach einem Hack der Website platzieren können, bei dem er auch die Kontodaten des Forums abgreifen konnte.

Laut Linux-Mint-Projekt war lediglich die Cinnamon-Edition betroffen, was nach wenigen Stunden aufgefallen ist. Modifizierte Installationsimages der KDE-, Mate- und Xfce-Editionen wurden nicht verteilt. Keine Gefahr besteht auch für Anwender, die die Cinnamon-Edition über Torrent oder Mirror-Server heruntergeladen haben.

Mit dem Original-ISO vorgenommene Mint-Installationen sind von dem Angriff nicht betroffen. Über Prüfsummen in einer vom Mint-Projekt mit PGP signierten Datei kann man herausfinden, ob man das modifizierte Image erwischt hat. Damit installierte Systeme sollte man nach Auslagern aller Daten mit dem wieder erhältlichen Original-ISO komplett neu einrichten, um die von



Nach einem Hack der Linux-Mint-Webseite hat diese kurzzeitig ein Cinnamon-ISO mit einer Backdoor verteilt.

außen steuerbare Schadsoftware loszuwerden. Bei dem Einbruch, der über eine Lücke in WordPress erfolgte, konnte der Angreifer zudem die Nutzernamen, Mail-Adressen und Passwort-Hashes von 71 000 Forenkonten

kopieren. Als Hash-Algorithmus soll PHPass gedient haben, das schon mit Brute-Force-Angriffen geknackt wurde. Die Mint-Macher forderten alle Nutzer der Mint-Foren zum Ändern ihres Passwort auf. (thl@ct.de)

## Linux 4.5 schützt vor UEFI-Defekten durch „rm -rf /“

Der Mitte März erwartete Linux-Kernel 4.5 wird eine Schutzfunktion enthalten, um Hardware-Defekte beim Löschen aller Dateien mit `rm -rf /` zu verhindern. Dieses Kommando macht einige per UEFI bootende PCs und Notebooks zum Reparaturfall, weil es alle im nichtflüchtigen Speicher (NVRAM) des Mainboards abgelegten EFI-Variablen löscht. Die Firmware sollte solche Situationen eigentlich handhaben können; manche schafft das

allerdings nicht und kann das System dann nicht mehr starten.

Einem Kernel-Entwickler zufolge lässt sich das Problem auch unter Windows auflösen, wo man alle UEFI-Variablen mit lediglich zwanzig Zeilen Code entfernen könne. Unter Linux passiert das beim erwähnten `rm`-Aufruf, weil der bis in `/sys/firmware/efi/efivars/` vordringt; dort hängen Linux-Distributionen ein virtuelles Dateisystem

ein, über das man EFI-Variablen anlegen, modifizieren oder löschen kann. Dateien mit unbekannten EFI-Variablen verleiht Linux 4.5 das Attribut „Immutable“, damit der erwähnte `rm`-Aufruf sie standardmäßig zurücklässt. Diesen Befehl sollte man aber auch in Zukunft besser nie absetzen, denn er kann nach wie vor die Boot-Einträge und -Loader aller installierten Betriebssysteme entfernen. (thl@ct.de)

## Ubuntu 14.04.4: Vorletztes Update mit neuen Treibern

Die Ubuntu-Macher haben die vierte Überarbeitung der Ubuntu-14.04-Familie freigegeben. Neben den zwischenzeitlich erschienenen Korrekturen steckt in den neuen Installations-ISOs auch ein neuer Hardware Enablement Stack (HWE). Dieser enthält Kernel und Grafiktreiber von Ubuntu 15.10, was die Unterstützung moderner Hardware verbessert.

Desktop-Oberflächen, LibreOffice und das meiste andere bleibt mit 14.04.4 aber auf dem Versionsstand von Frühjahr 2014. Das gilt auch für viele Druckertreiber, daher unterstützen Ubuntu (Desktop, Server, Cloud, Core), Kubuntu, Xubuntu und die anderen Distributionen der 14.04-Familie nach wie vor viele Drucker nicht, die in den letzten ein- und

halb Jahren auf den Markt gekommen sind. Im August folgt mit Ubuntu 14.04.5 die letzte Überarbeitung dieser Ubuntu-Generation, deren Haupt-Paket-Repository noch bis April 2019 mit Sicherheits-Updates versorgt wird. Bei vielen Paketen aus den anderen standardmäßig aktivierten Repositories ist eine Pflege indes nicht sichergestellt. (thl@ct.de)

## Ubuntu 16.04: Erste Betas und Zank um ZFS-Unterstützung

Aktuelle Vorabversionen des am 21. April erwarteten Ubuntu 16.04 LTS (Xenial Xerus) enthalten Kernel-Module, um das ursprünglich für Solaris entwickelte Dateisystem ZFS direkt zu unterstützen. Daraufhin entstanden Diskussionen, ob der feste Einbau womöglich den Lizenzen von Linux-Kernel und ZFS-Implementierung widersprechen. Die Juristen des Software Freedom Conservancy (SFC)

und des Software Freedom Law Center (SFLC) veröffentlichten daraufhin detaillierte Einschätzungen zur Problematik, wobei das SFC die Sache deutlich kritischer einstuft. So oder so: Falls nicht einer der Copyright-Inhaber des Kernels gegen die Ubuntu-Macher vorgeht, wird die Problematik wohl ungeklärt bleiben und Ubuntu wohl unbeirrt weitermachen. Die Entwickler einiger Ubuntu-Varianten

haben derweil erste Betas von 16.04 veröffentlicht. Darunter auch Ubuntu Mate: Dessen aus GNOME 2 hervorgegangene Benutzeroberfläche bietet jetzt die Desktop-Konfiguration „Mutiny“, die dem Unity-Desktop nachempfunden ist. Am 26. März soll es weitere Betas geben; darunter dann auch welche von Kubuntu und Ubuntu Desktop, der Hauptvariante der Distributionsfamilie. (thl@ct.de)

Anzeige



## Player statt Handy

**Cowons M2 soll zeigen, dass MP3-Spieler auch im Smartphone-Zeitalter nützlich sind.**

Die Neuauflage von Cowons D2 wirkt deutlich moderner als sein Vorbild: Der M2 steckt in einem schlichten, aber soliden Kunststoffgehäuse. Mit dem kleinen 2,8-Zoll-Display in QVGA-Auflösung sieht er immer noch aus wie ein kleines TV-Gerät der Röhren-Ära. Der Minibildschirm mit resistiver Touch-Technik reagiert auf Berührungen, allerdings wünscht man sich bei der fummeligen Bedienung manches Mal den beim D2 mitgelieferten Stylus zurück.

Den M2 gibt es mit 16 oder 32 GByte Flash – über den Karteneinschub ließ sich der Speicher problemlos erweitern. Bei den Audioformaten vermissen wir die Unterstützung für AAC-Dateien; Musik mit hohen Abtastraten spielt der M2 generell nicht ab. Klinglich kann die kleine Kiste überzeugen, spielt mit einer maximalen Ausgangsspannung von 0,12 Volt allerdings nicht besonders laut. Mit einer Akkuladung brachte es der M2 auf eine üppige Spielzeit von 86 Stunden.

Die Video- und Foto-Funktionen sind wegen der mangelnden Display-Qualität zu vernachlässigen. Bei den Audio-Funktionen kann man aus dem Vollen schöpfen. Der M2 kann Musik über seinen Line-in oder ein integriertes Mikrofon als MP3 mitschneiden. Bei der Wiedergabe unterstützt er Bookmarks, das Setzen von A-B-Schleifen und die Anpassung der Abspielgeschwindigkeit. Alles Dinge, die die Herzen von Musik- und Hörspielfans höher schlagen lassen.

Cowons M2 kann wenig mehr als der Klassiker D2 – manchem Audio-Enthusiasten dürfte es dennoch reichen. Mit seinen Audio-funktionen, der Aufnahmemöglichkeit und langer Akkulaufzeit kann er gegenüber aktuellen Smartphones punkten. (sha@ct.de)

M2	
MP3-Spieler	
Hersteller	Cowon, <a href="http://www.cowonglobal.com">www.cowonglobal.com</a>
Formate	MP3, MP2, Ogg Vorbis, WMA, FLAC, WAV, WMA Lossless
Preis	160 € (32 GByte)



## Hinkucker

**Google Cardboard, die Virtual-Reality-Halterung aus Pappe, lebt von seiner Einfachheit und dem günstigen Preis. KnoxLabs baut das Teil nun aus Alu und Holz nach.**

Man muss es so deutlich sagen: Die Low-Budget-Virtual-Reality-Halterung Google Cardboard sieht aus wie aus dem Altpapier-Container gefischt. Genau das macht aber den Charme des Gadgets aus – es erzeugt mit billigsten Materialien ein futuristisches Technikerlebnis. KnoxLabs hält sich zwar an den Google-Cardboard-Bauplan, ignoriert aber das „Cardboard“ im Namen: Statt aus Pappe besteht die Halterung aus dickem Flugzeug-Alu und Holz.

Der Knox Aluminium VR Viewer wirkt erfrischend un-designed – wie etwas, das kurz mal in der Werkstatt zusammengefrickelt wurde und dann am Ende überraschend cool aussieht. Aber funktioniert das Ding auch? Die Antwort lautet c't-typisch: jein. Die Bildqualität ist genau die gleiche wie bei guten Cardboard-Klonen. Allerdings schmerzt nach wenigen Minuten das Handgelenk – der Alubrocken wiegt 260 Gramm. In Sachen Stabilität ist der Knox Viewer dem fragilen Pappkarton aber auch meilenweit überlegen. Blöd nur, dass man als Brillenträger befürchten muss, dass das harte Aluminium die Sehhilfe zerkratzt. Auch das Smartphone ist im Alu-Halter kratzgefährdet, die dünne Klebeband-Schutzschicht hilft da wenig. Am besten steckt man das Telefon vorher in eine Silikon-Schutzhülle.

Dennoch: Der Alu-Viewer macht sich als Schreibtisch-Kunstwerk viel besser als die originale Cardboard. Man braucht allerdings Geduld: Die Lieferzeit des in Los Angeles handgefertigten Viewers liegt zurzeit bei über einem Monat. (jkj@ct.de)

Knox Aluminium VR Viewer	
VR-Halterung für Smartphones	
Hersteller	KnoxLabs, <a href="http://www.knoxlabs.com">www.knoxlabs.com</a>
Gewicht	260 g
System-anf.	iPhone 6(s), Android-Smartphone mit Gyroskop und Display zwischen 4,7 und 5,3 Zoll
Preis	79 US-\$ + 7 US-\$ Versand nach Deutschland (ca. 80 €)



## Fahrrad-MuFu

**Die Buckshot Pro von Outdoor Tech ist Powerbank, Lautsprecher und Lampe in einem.**

Die Buckshot Pro ist für Outdoor-Aktivitäten konzipiert und kommt in einem sehr robusten Gehäuse daher. Dank der gummierten Oberfläche liegt das Gadget gut in der Hand. Außer zum Aufladen von Smartphones und anderen USB-Geräten kann man die Powerbank auch als Bluetooth-Lautsprecher oder Taschenlampe einsetzen.

Der Powerbank liegt ein LED-Modul bei. Es bietet drei unterschiedliche Licht-Modi: Taschenlampe, Stroboskop und Fackel. Dank beiliegender Gummihalterung für Lenkstangen taugt das Gerät als Fahrradlampe. Der Lichtkegel ist dabei ausreichend hell und die Lichtstreuung weit genug, um die Fahrbahn auszuleuchten. Eine Akkuladung reichte etwa acht Stunden. Leider ist die Halterung für die Lenkstange nicht stabil genug: Bei unebener Fahrbahn verschob sich die Lampe auf dem Lenker.

Der integrierte Bluetooth-Lautsprecher überraschte bei der Musikwiedergabe mit ordentlicher Lautstärke und akzeptablem Mono-Sound. Neben den gut bedienbaren Medientasten verfügt die Buckshot Pro zudem über eine Freisprechfunktion (Bluetooth Handsfree). Die Sprachqualität ist verblüffend gut: Selbst auf dem Fahrrad bei Fahrtwind und Umweltgeräuschen war der Gesprächspartner gut zu verstehen.

Ist ein iPhone gekoppelt, lässt sich über die Medientasten sogar Siri ansteuern. Dank der wasserdichten Konstruktion (IPX5) kann man die Buckshot Pro auch problemlos als Funklautsprecher unter der Dusche verwenden.

Für 80 Euro erhält man eine robuste All-in-One-Powerbank für unterwegs, die als Bluetooth-Lautsprecher überzeugt, als Fahrradlampe allerdings nur bedingt zu empfehlen ist. (Jan Bühler/sha@ct.de)

Buckshot Pro	
Powerbank	
Hersteller	Outdoor Tech, <a href="http://www.outdoortechology.com">www.outdoortechology.com</a>
Kapazität	8,6 Wh
Preis	80 €



Anzeige



## Rauschender Riegel

**Die zweite Generation von Intels Compute Stick mit Atom-CPU kommt mit Windows 10, USB 3.0 sowie HEVC-Video-Decoder und ist eingeschränkt 4K-tauglich.**

Der Compute Stick mit der neuen Atom-Generation Cherry Trail passt direkt in die HDMI-Buchse eines Monitors oder Fernsehers. Anders als billigere Streaming-Sticks von Amazon (FireTV) oder Google (Chromecast) verwandelt er einen Fernseher nicht bloß in ein Smart TV, sondern in einen Windows-10-PC. Die gemächlichen CPU-Kerne und das knappe RAM reichen freilich bloß zum Surfen und für einfache Büroarbeiten. Besser ist die Video-Abteilung bestückt, die H.264- und HEVC-Videos bis zum 4K-Format decodiert. HEVC-Videos jenseits von Full HD ruckeln jedoch manchmal und für VP9 ist der Stick zu schwach.

### Intel Compute Stick STK1AW32SC

#### Mini-PC im Format eines HDMI-Sticks

Hersteller	Intel, <a href="http://www.intel.de">www.intel.de</a>
Prozessor / Grafik	Atom x5-28300, Quad-Core, 1,44 GHz, Turbo 1,84 GHz (Cherry Trail)
RAM / Lüfter	2 GByte DDR3L-1600 / ✓ (ca. 2 cm Durchmesser)
Massenspeicher	32 GByte eMMC (SanDisk DF4032)
WLAN und Bluetooth	Intel Dual Band Wireless-AC 7265 (PCIe, 802.11ac, BT 4.0)
Betriebssystem / BIOS	Windows 10 (32-Bit) / 0019
Abmessungen / Gewicht	114 mm × 39 mm × 13 mm (ohne HDMI-Stecker) / 58 g
Anschlüsse vorne/links	HDMI-Stecker/1 × USB 3.0 Typ A, 1 × USB 2.0 Typ A, 1 × Micro-USB nur zur Stromversorgung, Einschalttaster
Anschlüsse rechts	Micro-SD-Kartenleser
Datentransferraten eMMC Schreiben/Lesen	80 / 150 MByte/s (2700 / 8000 IOPS)
Kartenleser Schreiben/Lesen	40 / 86 MByte/s
Leistungsaufnahme Leerlauf / Volllast	2,9 <sup>1</sup> (1,8 <sup>2</sup> ) / 15 Watt
Geräuschentwicklung Leerlauf / Volllast	0,2 / 0,9 Sone (⊕)
Lieferumfang	Steckernetzteil 15 Watt (Asian Power Devices WA-1510SR) mit Micro-USB-Kabel (175 cm), HDMI-Verlängerungskabel (19 cm)
Preis	170 €

<sup>1</sup> mit 5-GHz-WLAN statt 2,4 GHz; 3,1 Watt im Leerlauf

<sup>2</sup> ohne USB-Maus/-Tastatur, WLAN aus

Videos aus dem Netz besorgt der im Vergleich zum ersten Compute Stick (c't 12/15, S. 63) deutlich flinkere WLAN-Adapter. Außerdem gibt es einen flotten Micro-SD-Kartenleser. Der HDMI-Ausgang beliefert UHD-Displays mit 3840 × 2160 Pixeln, allerdings höchstens mit 30 Hz Bildwiederholrate – das reicht für Videos und Fotos, stört jedoch beim Arbeiten. Ergonomische 60 Hz gibt es bis zur Auflösung 1920 × 1200.

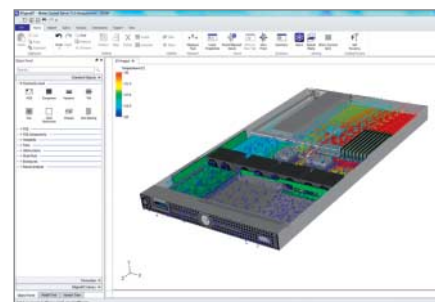
Speicherplatz ist knapp, nach den ersten Windows-Updates sind gerade mal 19 GByte frei. Das Update auf Windows 10 Version 1511 klappt nur mit vorübergehend angeschlossener USB-Platte; nach dem Löschen der Update-Reste gibts intern bloß noch 16 GByte Platz. Die USB-3.0-Buchse überträgt mehr als 440 MByte/s, liefert allerdings zu wenig Strom für unsere Test-SSD im USB-SATA-Adapter.

Der neue Compute Stick ist 1 Zentimeter länger als sein Vorgänger. Auch die Leistungsaufnahme wuchs an. Bei Volllast hört man den Lüfter deutlich, dennoch wird nach einiger Zeit das Gehäuse heiß. Im Leerlauf bleibt der Rotor zwar oft stehen, sirrt aber schon bei geringer Last mit 0,2 Sone, beispielsweise beim Abspielen von Full-HD-Videos. Beim Wohnzimmer-Einsatz hinter dem TV-Gerät stört das nicht, wenn man einige Meter entfernt sitzt. Fraglich ist bloß, wie lange der winzige Staub-schlucker hält.

Schlafmodi wie „Energie sparen“ beherrscht der Minirechner nicht, er ist für Dauerlauf bestimmt und startet, sobald das Netzteil Strom liefert (per BIOS-Setup änderbar). Beim Booten blieb der Stick zweimal mit einer BIOS-Fehlermeldung hängen; da muss man auf ein BIOS-Update hoffen.

Windows 10 ist wie beim Vorgänger in der 32-Bit-Version installiert. Im BIOS-Setup gibts zwar keine Option für den Start im BIOS-Modus, aber für den 64-Bit-UEFI-Modus. Damit lässt sich etwa Fedora 23 auch auf dem internen eMMC-Flash parallel zu Windows 10 installieren. Fedora löscht dabei jedoch den Booteintrag für Windows im UEFI-NVRAM und erkannte die HDMI-Audio-Funktion nicht – blöds, weil es sonst keinen Audio-Ausgang gibt.

Wenn der Einsatzzweck zum Compute Stick passt, stören seine erheblichen Einschränkungen nicht: Dann punktet er mit winziger Bauform und niedriger Leistungsaufnahme. (ciw@ct.de)



## Heißluft-Simulator

**Das Programm 6SigmaET simuliert die thermischen Verhältnisse in elektronischen Geräten.**

Beim Entwurf von Elektronik-Geräten mit kleinen Gehäusen müssen die Entwickler auch für angemessene Wärmeabfuhr sorgen. Deshalb bietet es sich an, den Entwurfsprozess durch eine thermische Simulation zu begleiten. 6SigmaET setzt dazu mit Computational Fluid Dynamics (CFD) auf eine bewährte Methode aus der Strömungsdynamik. Die Software berechnet thermodynamische Effekte wie die Kühlung durch freie und erzwungene Konvektion, Wärmeleitung und -strahlung. Dabei berücksichtigt sie nicht nur den thermisch eingeschwungenen Zustand, sondern auch das Aufwärm- und Abkühlverhalten einer Schaltung. So kann man die Wärmeabgabe von Bauteilen über Zeitprofile takten, Lüfter temperaturabhängig steuern oder die Umgebungsverhältnisse über die Zeit verändern. Da 6SigmaET bereits mit wenigen, skizzenhaften Angaben eine brauchbare Grobsimulation liefert, lässt es sich von der ersten Entwurfsphase bis zum realitätsnahen virtuellen Prototyp nutzen.

Geometrische Komponenten-Daten kann man im Format IDF, IDX, Gerber oder XFL aus ECAD-Systemen importieren. Anhand dieser Informationen und thermischer Ersatzmodelle für die Bauteile berechnet die Software iterativ Wärmewege und Oberflächentemperaturen. Lizenzgebühren für das Programmpaket beginnen bei 9000 Euro pro Jahr. Wer diese Summe nicht aufbringen mag, kann seine Projekte auch von einem Dienstleister mit 6SigmaET durchrechnen lassen.

(Mathias Poets/hps@ct.de)

**ct** Testversion: [ct.de/y79j](http://ct.de/y79j)

### 6SigmaET 9.8

#### Thermo-Simulationsprogramm

Hersteller	Future Facilities ( <a href="http://www.6sigmaet.info">www.6sigmaet.info</a> )
Systemvoraussetzungen	Prozessor mit mindestens 4 Cores, 8 GByte RAM, Grafikkarte mit mindestens 512 MByte RAM
Betriebssystem	Windows (64 Bit)
Preis	ab 9000 €/Jahr

Anzeige



## Kleiner Riese

Samsungs neue externe Portable SSD T3 im Kreditkarten-ähnlichen Format gibt es mit bis zu zwei TByte Speicherplatz.

Größter Unterschied zum Vorjahresmodell ist die Typ-C-Buchse im Gehäuse, das mitgelieferte 50 cm lange USB-Kabel endet in der Gegenrichtung in einem konventionellen A-Stecker. Zudem ist die maximale Speicherkapazität gewachsen: Maximal 2 TByte passen nun in das Gehäuse.

Die Ersteinrichtung muss man an einem Windows- oder OS-X-PC vornehmen. Nach dem Einstecken zeigt die SSD nur ein schreibgeschütztes Laufwerk mit wenigen MByte, auf dem die Installationssoftware gespeichert ist. Hier liegt auch ein Link auf eine Android-App, die jedoch nur mit der T3 funktioniert. Die SSD speichert alle Daten stets verschlüsselt, über die Programme gibt man nur das Kennwort ein und schaltet so den Zugriffsschutz ein oder aus – man kann die volle Kapazität der SSD also auch etwa unter Linux nutzen.

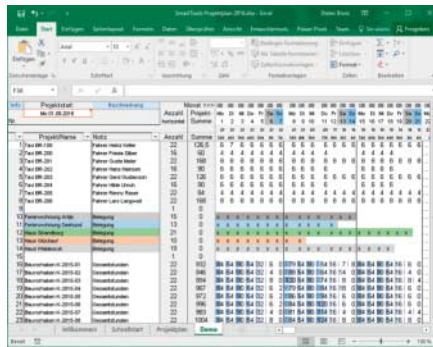
Die Übertragungsleistungen liegen noch einmal etwas höher als beim Vorgänger, rund 450 MByte/s konnten wir beim Lesen und beim Schreiben messen. Dabei lag die Leistungsaufnahme beim Lesen und Schreiben bei rund 2,5 Watt, im Standby schaltete die SSD nach einigen Minuten sogar auf weniger als 0,3 Watt herunter. Das Metallgehäuse der T3 leitet Wärme besser ab als das Kunststoffgehäuse des Vorgängers; so kann die T3 das hohe Tempo auch bei lang anhaltenden Schreibvorgängen halten.

Selbst in der Hosentasche findet die Portable SSD T3 noch Platz. Wer ein schnelles und robustes Laufwerk für den Transport großer Datenmengen braucht, kann unbesorgt zugreifen, bezahlt dafür aber einen hohen Preis. (ll@ct.de)

### Externe SSD

#### Portable SSD T3

Hersteller	Samsung
Anschluss	USB 3.0 Typ C
Maße, Gewicht	75 mm x 58 mm x 11 mm, 50 g
Straßenpreise	130 € (250 GByte), 200 € (500 GByte), 400 € (1 TByte), 790 € (2 TByte)



## Projektplanerchen

SmartTools Projektplan 2016 verwaltet den Zeitaufwand in Projekten, lässt sich aber auch für andere Aufgaben einsetzen.

Die kostenlose Excel-Vorlage verwaltet den Zeitaufwand für einzelne Aufgaben in Projekten. Nach Eingabe eines Startdatums erzeugt sie automatisch ein Planungsraster für die kommenden acht Monate. Einzelne Vorgänge eines Projekts organisiert der Planer zeilenweise. Dazu gibt man in der ersten Spalte die Bezeichnung ein und markiert im Kalender die Tage, die zur Bearbeitung vorgesehen sind, zum Beispiel mit einem „x“. Auf diese Weise sieht man beim Anlegen zusätzlicher Vorgänge sofort, welche Tage noch frei sind.

In laufenden Projekten kann man für jeden Vorgang auch die täglich geleisteten Arbeitsstunden protokollieren, die der Planer in einer eigenen Spalte automatisch summiert. Falls die Daten Nachkommastellen enthalten, zeigt die Tabelle sie zwar gerundet an, berechnet die Summe aber mit dem tatsächlichen Wert.

Durch den einfachen Aufbau lässt sich die Vorlage auch für andere Aufgaben einsetzen. In einer Tabelle könnte man zum Beispiel Notebooks, Tablets und andere Geräte erfassen, die in der Firma an Kollegen verliehen werden. Für jeden Tag kann man dann eintragen, welche Geräte zur Verfügung stehen. Denkbar wären auch Belegungspläne für Ferienwohnungen oder die Aufgabenverteilung im Haushalt oder in WG's.

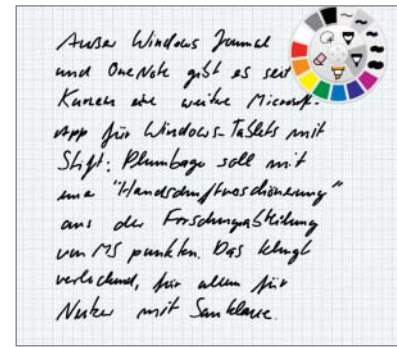
Der SmartTools-Projektplaner ist kein ausgewachsener Projektmanager wie Microsoft Project, er hilft aber, einfache Aufgaben oder die persönliche Arbeit ohne teure Spezial-Software zu organisieren. (db@ct.de)

ct Excel-Vorlage: [ct.de/yks2](http://ct.de/yks2)

### SmartTools-Projektplan 2016

#### Vorlage für Excel

Hersteller	SmartTools, <a href="http://www.smarttools.de">www.smarttools.de</a>
Systemanf.	Excel 2003 oder höher
Preis	kostenlos



## Kritzeltbuch

Mit Plumbago zeichnet und schreibt man auf Windows-Tablets. Wilde Krakeleien verschönert die App dabei automatisch.

Außer Windows Journal und OneNote gibt es seit Kurzem eine weitere Microsoft-App für Windows-Tablets mit Stift: Plumbago soll mit einer „Handschriftverschönerung“ aus der Forschungsabteilung von MS punkten. Das klingt verlockend, vor allem für Nutzer mit Sauklause.

Die App vergleicht wiederholt auftauchende Buchstaben miteinander, ermittelt eine durchschnittliche Form und passt abweichende Formen daran an. Das klingt besser als es funktioniert: Selbst in der maximalen Verschönerungsstufe bleiben Eigenheiten der individuellen Formen bestehen, sie werden nur moderat korrigiert. Außerdem werden viele schlampig hingekritzelte Buchstaben nicht erkannt und deshalb auch nicht korrigiert. Sauklause bleibt also Sauklause. Sie wirkt nur hier und da ein bisschen konsistenter.

Es gibt aber andere Argumente für Plumbago: Die App ist übersichtlicher und einfacher zu bedienen als zum Beispiel OneNote. Jeder Notizblock hat 25 Seiten, zwischen denen man mit Wisch- und Zoom-Gesten intuitiv wechselt. Die Farben und Werkzeuge (Bleistift, Filzstift, druckempfindlicher Textmarker, Radiergummi) wählt man schnell aus. Nach dem ersten Start verschluckte Plumbago einige Striche, dieses Performance-Problem verschwand danach aber fast völlig.

Anders als OneNote und Evernote bietet die App weder Cloud-Anbindung noch Handschrifterkennung. Exportieren kann man Inhalte nur als PNG oder JPG. Plumbago ist also eine Insellösung, mit der man aber durchaus gerne Skizzen und Notizen sammelt. (cwo@ct.de)

ct Download im Microsoft-Store: [ct.de/yd3b](http://ct.de/yd3b)

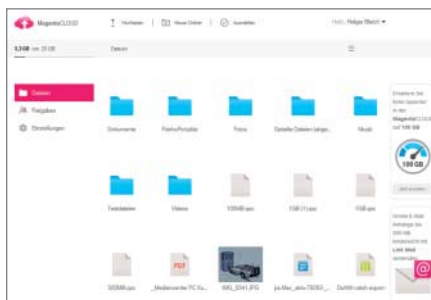
### Plumbago

#### Notizblock-App

Hersteller	Microsoft Research
Systemanf.	x86-CPU; Windows 8, 8.1 oder 10
Preis	kostenlos



Anzeige



## Rosa Wolke

**Weniger Speicher, mehr sinnvolle Funktionen: Die neue „MagentaCloud“ der Telekom hält 10 GByte Platz kostenlos für jeden bereit.**

Das „Telekom-Mediencenter“ heißt jetzt „MagentaCloud“ und ist um zeitgemäße Funktionen ergänzt. Die wichtigste: Endlich dürfen Kunden nicht nur einzelne Dateien, sondern ganze Ordner ihres Speichers freigeben – wahlweise auch mit Schreib- und Löschrechten. Ein integriertes Backup sichert nun täglich alle geänderten Dateien, der Platz dafür geht allerdings vom freien Speicher ab. Per Voreinstellung hält die MagentaCloud die Sicherungen drei Monate vor, was der Nutzer auf minimal eine Woche reduzieren kann.

Nicht zufällig ähneln die Funktionen nun denen des HiDrive-Angebots von Strato – MagentaCloud wird nämlich nicht mehr von der Telekom selbst, sondern eben von der Konzerntochter Strato gehostet. Der Zugriff erfolgt zeitgemäß übers Web, Web-DAV oder Software, die Ordner nach dem Dropbox-Prinzip automatisch synchron hält. Außerdem sind Apps für iOS und Android verfügbar, Windows Phone soll bald folgen.

Bestandskunden beklagten in Foren, dass die Migration sehr holprig verlaufen ist. Probleme gab es beispielsweise mit Sonderzeichen, die dafür sorgten, dass Ordner bisweilen nicht mehr synchronisierten. Der bisher vorhandene Zugriff vom Fernseher via Telekom-Entertain-App funktioniert gar nicht mehr, eine neue App will die Telekom „in Kürze“ nachliefern. Immerhin behalten die Bestandskunden ihre 25 GByte Gratis-Speicher, neue Kunden müssen sich nunmehr mit 10 GByte begnügen. (hob@ct.de)

**ct** Link zum Angebot: [ct.de/yhjc](http://ct.de/yhjc)

MagentaCloud	
Online-Speicher	
Anbieter	Deutsche Telekom, <a href="http://www.telekom.de">www.telekom.de</a>
Zugriff	Web-Oberfläche, WebDAV, Windows- und Mac-Software, Apps für iOS ab Version 8 sowie Android ab Version 4.2
Preis	10 GByte kostenlos, Mail & Cloud M (50 GByte) 4,95 €/Monat, Mail & Cloud L (100 GByte) 9,95 €/Monat



## Knautsch-Keyboards

**Silikon statt Tasten: Auf dem MIDI-Controller-Keyboards Seaboard Rise drücken Musiker eine schwarze Gummimatte und phrasieren Töne ähnlich wie bei einem Saiten-Instrument.**

Das Roli Seaboard Rise macht einen radikalen Schnitt gegenüber herkömmlichen Keyboards. Hier drückt man keine harten Tasten, sondern eine druckempfindliche Gummimatte. Zur besseren Orientierung wurden die schwarzen und weißen Tasten als erhöhte Wülste ausgearbeitet. Diese Flächen können neben der Tonhöhe jeweils fünf Parameter registrieren und über MIDI weitergeben: Anschlags- und Loslass-Stärke (Note-On/Off Velocity), Streichen von oben nach unten, Aftertouch sowie horizontale Bewegung.

Im Unterschied zu Standard-Klavaturen erzeugt das Seaboard für jede Note einzelne Pitch-Bend-Daten. Wackelt man mit dem Finger auf einer Taste hin und her, entsteht ein Vibrato nur für diese eine Note. Linker Hand gibt es schließlich drei Performance-Slider, ein X/Y-Pad sowie Taster zur Oktav- und Programmwahl.

Das Seaboard Rise steckt in einem überraschend schweren, dennoch schlanken und hochwertig verarbeiteten Metallgehäuse. Es wird per USB mit dem Computer oder einem Hardware-Synthesizer verbunden. Der interne Akku soll laut Roli acht bis zwölf Stunden lang durchhalten. Alternativ kann der Controller auch per Bluetooth kommunizieren. iOS-Anwender finden in der kostenlosen iOS-App „Noise“ von Roli einen passenden Sparringspartner. Eine MIDI-DIN-Buchse fehlt indes.

In der beiliegenden Dashboard-Software lassen sich die Performance-Slider und das X/Y-Pad mit beliebigen MIDI-Befehlen belegen und die Sensibilität der Tastatur einstellen. Mit dem Equator liegt ferner ein ein-drucksvoller Wavetable-Synthesizer bei.

Das Spielen auf dem Seaboard Rise ist gewöhnungsbedürftig. Das gallertartige Gefühl in den Fingerspitzen irritiert anfangs und steht nuancierter Dynamik im Weg. Daran gewöhnt man sich jedoch, zumal sich der Controller gut den eigenen Präferenzen anpassen lässt. Erheblich mehr Zeit bedarf es, um die neuen Freiheiten des Seaboards sinnvoll zu nutzen. Im Grunde genommen muss man ein neues Instru-

ment erlernen. Besonders gut gelingen expressive Streicher und Holzbläser, auch Solosynthesizer lassen sich ausdrucksstark spielen. Klassische Keyboard-Sounds wie Klavier, E-Piano oder Flächenklänge gelingen hingegen über ein normales Keyboard stressfreier.

Um jeden Ton unabhängig modulieren zu können, benötigt jede angeschlagene Note einen eigenen MIDI-Kanal. Der zu steuernde Klangerzeuger muss also multitimbral arbeiten, sprich für jeden Kanal eine unabhängige Klangerzeugung anbieten. Ein achtstimmiger polyphoner Sound benötigt also acht MIDI-Kanäle, was rasch viel CPU-Leistung verbrauchen und Klangerzeuger lahmlegen kann.

Abseits des Equators gibt es bislang keine weiteren Software-Instrumente. Immerhin können einige DAWs die MIDI-Kanäle des Seaboards gleichzeitig empfangen, sodass sich multitimbrale Plug-ins wie Steinberg HALion Sonic oder Native Instruments Kontakt spielen lassen. Bitwig Studio erkennt das Seaboard automatisch und erlaubt die Steuerung einiger Synthie-Patches für das Linnstrument.

Die Verarbeitung und Druckpräzision ist Roli überaus gelungen. Trotzdem fordert der virtuose Einsatz selbst souveränen Tastenspieler einiges an Übung ab. Zudem profitieren längst nicht alle Sounds von der Silikonmatten-Steuerung und die Anpassung an fremde Software kann mühsam werden. Wer sich davon nicht schrecken lässt, bekommt einen spannenden Controller, der ein herkömmliches Keyboard ergänzen kann. (Kai Schwirzke/hag@ct.de)

### Seaboard Rise

#### MIDI-Controller-Keyboards mit Multitouch

Hersteller	Roli, <a href="http://www.roli.com">www.roli.com</a>
Anschlüsse	USB In/Out, Expression-Pedal, Netzteil
Software	Dashboard, Equator (Stand-alone, AU, VST), Bitwig Studio 8-Track
Systeme	Windows ab 7, OS X ab 10.8
Preise	Seaboard Rise 25 (25 Tasten) 800 € Seaboard Rise 49 (49 Tasten) 1300 €



## Bis zum Anschlag

SPL erweitert seinen Transient Designer um einen frequenzabhängigen Sidechain-Eingang und einen Limiter.

Der Transient Designer des Herstellers SPL galt bislang als bester seiner Zunft. Die neue Plus-Version baut das Plug-in gehörig aus. So lassen sich über den neuen Sidechain-Regler die Frequenzbereiche auswählen, auf denen die Akzentuierung oder Abschwächung der Attack- und Sustain-Phasen einer Note besonders stark reagieren sollen. Anders als beim Oxford Envolution gilt die Frequenzauswahl aber stets für beide Phasen; wer Attack und Sustain getrennt bearbeiten will, muss zwei Instanzen des Plug-ins hintereinanderschalten.

Dafür lässt sich der TD Plus auch mit einem externen Signal triggern. Damit können etwa Hallfahnen gezielt bearbeitet werden. Wenn man den TD Plus in eine Send/Return-Spur hinter das Reverb-Plug-in hängt und mit dem Originalsignal triggert, lässt sich der Hallanteil in der Anschlag- oder Ausklingphase gezielt verstärken oder abschwächen. Damit die Attack-Verstärkung nicht über die Stränge schlägt, kappt schließlich der eingebaute Limiter allzu hohe Pegel. Im Vergleich zum Sonnox Oxford Envolution lässt sich der TD Plus nicht ganz so variabel und präzise einstellen. Dafür fummelt man aber auch nicht so lange, bis man den optimalen Sound gefunden hat. Dank seiner Sidechain-Ergänzung und des Limiters geht er nun wesentlich wirkungsvoller zu Werke als sein Vorgänger, sodass sich das Upgrade für 50 Euro in jedem Fall lohnt. Neukäufer sollten den TD Plus mit dem Envolution vergleichen und dann entscheiden, ob sie mehr Kontrolle oder einen externen Sidechain-Eingang benötigen – empfehlenswert sind beide. (hag@ct.de)

**ct** 14-Tage-Demo: [ct.de/y13n](http://ct.de/y13n)

### Transient Designer Plus

#### Software-Plug-in zur Transienten-Bearbeitung

Hersteller	SPL, <a href="http://www.plugin-in-alliance.com">www.plugin-in-alliance.com</a>
Systeme	Windows 7 oder 8, OS X 10.6 bis 10.10
Formate	VST 2/3, AU, AAX (DSP/Native/Venue)
Preis	ca. 181 €



## Doppelte Schlagfrequenz

Das Software-Plug-in Sonnox Oxford Envolution zeichnet sich durch eine äußerst flexible Klanganpassung für Drums, Gitarren und Hallfahnen aus.

Transienten Designer (TDs) hatten bislang meist nur zwei Regler: Mit dem Attack stellte man ein, wie stark der Anschlag (Transient) einer Note verstärkt oder abgeschwächt werden sollte, und mit dem Sustain wählte man, ob der Ausklang betont oder gedämpft wird. Dadurch kam man deutlich schneller zum Ziel als mit einem herkömmlichen Kompressor.

Der Sonnox Oxford Envolution erlaubt es erstmals, für die Attack- und Sustain-Phasen das jeweilige Ansprech- und Ausklingverhalten der beiden Hüllkurven getrennt einzustellen. Zudem lassen sich für beide Bereiche jeweils mittels eines Filters Betonungen des oberen oder unteren Frequenzspektrums einstellen. So kann man etwa den Attack nur im tieffrequenten Spektrum anheben, während der Ausklang die oberen Frequenzen betont. Dadurch bekommt man auch in einem Summenmix eine trockene Kick mit gleichzeitig lang ausklingenden Becken hin.

Darüber hinaus lässt sich etwa auch der Raumhall einer Aufnahme von einer gezupften Gitarre anpassen. Das Differenz-Signal erlaubt eine sehr subtile Justage der Parameter. Als Clou agiert der „Warmth“-Regler als Limiter, der Übersteuerungen in „angenehmere“ analoge Verzerrungen umwandelt. Lediglich ein externer Sidechain-Eingang fehlt.

Mit seinem äußerst präzisen und klaren Sound hebt das Envolution-Plug-in die Klangbearbeitungsmöglichkeiten eines Transienten Designers auf eine neue Stufe. Für Profis – die die Demoversion unbedingt ausprobieren sollten – relativiert sich dadurch auch der gehobene Preis. (hag@ct.de)

**ct** 14-Tage-Demo: [ct.de/yw76](http://ct.de/yw76)

### Oxford Envolution

#### Software-Plug-in zur Transienten-Bearbeitung

Hersteller	Sonnox, <a href="http://www.sonnox.com">www.sonnox.com</a>
Systeme	Windows ab 7, OS X ab 10.7, iLok 2
Formate	VST 2.4, AU, AAX (DSP/Native), UAD
Preise	ca. 220 € (VST, AU), 249 €, (UAD)

Anzeige

Daniel Clören

# Leichtgewicht der Lüfte

## Quadkopter Parrot Bebop 2

**Parrot hat seinen Quadroko­pter Bebop überarbeitet, sodass Nutzer nun länger und einfacher mit der Drohne herumfliegen können.**

Der rund 550 Euro teure Bebop 2 ist mit einem Durchmesser von 29 cm statt 25 cm nicht mehr ganz so klein wie der Vorgänger, bietet dafür aber mehr als die doppelte Akku-Kapazität des ersten Bebop (2700 statt 1200 mAh). Damit bleibt der 400 Gramm leichte Quadroko­pter nun bis zu 25 Minuten am Stück in der Luft.

Die Propeller der Drohne sind im Vergleich zum Vorgänger von 5,5 auf 6 Zoll gewachsen, was mehr Schub und Stabilität bringt. Parrot gibt eine horizontale Höchstgeschwindigkeit von 18 m/s (65 km/h) an, die maximale Steiggeschwindigkeit soll bei 6 m/s (21,5 km/h) liegen.

Der Akku lässt sich einfach in seine Halterung klicken und muss nicht mehr umständlich mit einem Powerkabel verbunden und mit einem Band gesichert werden. Eine leuchtstarke LED im Ein/Aus-Taster an der Rückseite hilft, den Minifilter auch aus größerer Entfernung zu sehen.

### Freiflug

Die kleine Drohne wird per WLAN mit einem Android-, iOS- oder Windows-Phone-Mobilgerät gekoppelt, wobei man zwischen 2,4 und 5 GHz als Frequenz wählen kann. Danach lässt sich Bebop 2 über die kostenlose „Freeflight 3“-App mittels eines virtuellen Steuerkreuzes dirigieren; alternativ steuert man das Fluggerät durch Lageveränderungen des Mobilgeräts. Tippt man auf den sogenannten „Flips Button“, vollzieht die Drohne Salts.

Die App hat zudem einen „Emergency Button“, der nach einmaligem Antippen radikal alle Motoren des Bebop 2 abschaltet – worauf die Drohne wie ein Stein vom Himmel

fällt. Das ist vor allem problematisch, wenn man zur Steuerung ein Smartphone mit kleinem Display benutzt. Hier besteht die Gefahr, dass man aus Versehen den Button drückt.

Befehle wurden im Test ohne nennenswerte Verzögerung umgesetzt. Dennoch ist die Bedienung über ein Mobilgerät etwas schwammig. Abhilfe soll ein Controller schaffen, der laut Parrot auch die maximale Reichweite von 300 Metern auf 2 Kilometer erhöht. Allerdings kostet das Bundle aus Bebop 2 und diesem „Skycontroller“ fast 950 Euro.

Für Innenflüge hat Bebop 2 einen Ultraschallsensor eingebaut, draußen nutzt der Kopter für die Positionsbestimmung GPS und Glonass. Positionen wurden im Test zuverlässig gehalten, auch bei starkem Wind. Eine „Return to Home“-Funktion befiehlt den Kopter bei einem Verbindungsabbriss oder durch Drücken der Home-Taste zurück zum Startpunkt. Im Test verfehlte er diesen allerdings um gut drei Meter. Man sollte also einen Startpunkt mit ausreichend Platz wählen. Andere Funktionen wie „Follow Me“ oder „Point of Interest“ unterstützt Bebop aktuell nicht.

Für rund 20 Euro kann man in der App die Funktion „Flight Plan“ freischalten, mit der sich Flüge über Wegpunkte vollständig automatisieren lassen. Über Szenarien definiert man dabei, wie sich die Drohne an den Punkten verhalten soll. Die Bedienung ist kinderleicht, Bebop folgte dem vorgegebenen Verlauf im Test anstandslos.

### Kamera

Unverändert ist die fest an der Front eingebaute 14-Megapixel-Kamera, die H.264-Videos mit 1920 × 1080 Bildpunkten und 30 Bildern pro Sekunde aufnimmt. Fotos schießt sie mit einer Auflösung von 4096 × 3072 Pixeln im JPEG- und Raw-Format (Adobe DNG), dank Fischaugen-Objektiv als

180-Grad-Bild. Alle Daten landen auf einem internen, nicht erweiterbaren 8-GB-Speicher und lassen sich später zum Mobilgerät oder per USB zum Rechner übertragen.

Die Steuerung der Kamera läuft über die Freeflight-App, die auch deren Live-Bild anzeigt. Leider signalisiert die Anwendung nur, dass eine Videoaufzeichnung läuft, schweigt sich über Aufnahmedauer und verbleibende Kapazität aber aus. Im Fotomodus bekommt man keinerlei Feedback, wenn man einen Schnappschuss macht.

Der Blickwinkel lässt sich bei Videoaufnahmen im kompletten 180-Grad-Bereich frei wählen. Allerdings nutzt die Kamera höchstens 90 Grad für die Aufzeichnung, den Rest für eine digitale Bildstabilisierung. Parrot spart dadurch viel an Gewicht, nimmt dafür aber Einbußen bei der Aufnahmequalität in Kauf. Im Test tauchten immer wieder schwarze Balken im Bild auf – wie auch das über den c't-Link abrufbare Testvideo zeigt.

Die Kameraqualität erreicht nicht das Niveau moderner Action-Cams: Das Videobild ist insgesamt recht detailarm und verrauscht, auch die Fotos konnten nicht überzeugen. Positiv fiel auf, dass die Aufnahmen nicht verzerrt sind. Die Stabilisierung leistet recht gute Arbeit, auch wenn sie nicht an eine kardische Aufhängung herankommt. Im Test konnten wir rund 200 Meter weit wegfliegen, bevor es zu ersten Bildstörungen kam.

### Fazit

Hobbypiloten und technisch weniger versierte Einsteiger, die auf einfache Bedienbarkeit Wert legen, werden ihren Spaß mit dem Parrot Bebop 2 haben. Fortgeschrittene Anwender und Video-Enthusiasten ärgern sich aber über die etwas schwammige Bedienung und die mäßige Kameraqualität samt schwarzer Balken.

Die Bedienung lässt sich vielleicht mit dem Skycontroller verbessern, doch dann dringt die Parrot-Drohne in Preisbereiche vor, in denen es bessere Konkurrenzprodukte gibt. Bitter stieß uns auf, dass der Hersteller für die Flight-Plan-Funktion rund 20 Euro extra verlangt. (nij@ct.de)

**ct** Testvideo: [ct.de/y4e3](http://ct.de/y4e3)

Die Freeflight-App zeigt das Live-Bild der Kamera und den Systemstatus der Bebop 2 an – inklusive aktueller Flughöhe und Geschwindigkeit, Entfernung zum Piloten, GPS-Signal, sowie Ladestand des Akkus.



### Bebop 2

Kamera-Drohne	
Hersteller	Parrot, <a href="http://www.parrot.de">www.parrot.de</a>
Lieferumfang	2700-mAh-Akku, 12,4-Volt-Ladegerät, Micro-USB-Kabel, 8 Propeller, Anleitung
Kamera	CMOS, 14 Megapixel, 1/2,3", Fischaugen-Objektiv (180 Grad)
Preis	550 € / 950 € (ohne / mit Skycontroller) <b>ct</b>



Anzeige



Benjamin Benz

# Arbeitspferd

## Die Workstation Dell Precision 3620 mit Skylake-Prozessor

Intels neue Skylake-Prozessoren ziehen auch in Workstations ein. Dell zeigt mit der Precision 3620, wie eine moderne Vernunftkonfiguration aussieht.

Mit den Worten „Workstation-Tests machen Spaß“ haben wir unseren ersten Test einer Skylake-Workstation eingeleitet [1]. Entsprechend hoch waren unsere Erwartungen an die Precision 3620 von Dell. Zum Test bekamen wir die Mini-Tower-Variante. Wer mit weniger Aufrüstooptionen und Laufwerkskäfigen auskommt, kann auch das kleinere SFF-Gehäuse (Small Form Factor) ordern. Auf die Performance hat das Gehäuse keinen Einfluss, vermutlich bleibt auch die elektrische Leistungsaufnahme gleich.

Unser Testgerät schöpft die Möglichkeiten der 3620-Serie bei Weitem nicht aus: Der Xeon E3-1240 v5 spielt mit seinen vier Kernen, Hyper-Threading und 3,5 GHz Basistakt zwar in der Core-i7-Liga, ist aber vier Stufen vom Topmodell entfernt. Das gilt auch für die SATA-SSD mit 256 GByte Kapazität – einem PC würde sie gut zu Gesicht stehen, doch die PCIe-SSD aus der HP Z240 wuppt Daten etwa viermal so schnell. Optional bietet Dell auch M.2-SSDs an, die per PCIe angebunden sind. Kopfschütteln hinterließ der Arbeitsspeicher: Einen einzelnen 8-GByte-Riegel ohne ECC-Speicherschutz hätten wir in einer Workstation nicht erwartet. Auch hier gibt es mehr gegen Aufpreis – bis zu 64 GByte DDR4-Speicher mit ECC.

Die Grafikkarte Quadro K620 lohnt nur, falls man deren Treiber braucht; in puncto 3D-Performance zieht sie nicht die Wurst vom Brot. Optional liefert Dell auch sogenannte „Mid-Range“-Karten, etwa die Quadro K2200. Stärkere Karten kann das 290-Watt-Netzteil nicht versorgen. Weil die CPU keine integrierte Grafikeinheit hat, funktionieren die Monitoranschlüsse des Mainboards nicht.

Im Leerlauf bleibt die Precision 3620 unter 0,3 Sone. Damit ist sie bei normalen Arbeiten in einem durchschnittlichen Büro unhörbar. Selbst wenn man die CPU mit Simulationen belastet, fällt sie mit 0,5 (Prime95) bis 0,7 Sone (Linpack) nicht störend auf. Quält man hingegen die kleine Grafikkarte mit anspruchsvollen 3D-Aufgaben, werden es schnell 1,3 Sone. Stehen CPU und GPU gleichzeitig unter Volldampf, stößt das Kühlsystem an seine Grenzen und röhrt mit 2,3 Sone.

### Fazit

Lassen Sie sich nicht von den wenig rekordverdächtigen Messwerten in der Tabelle täuschen. Sie gelten nur für die an Workstation-Standards gemessene schlanke Konfiguration, die mit 1350 Euro preislich noch in der PC-Liga spielt. Die in c't 3/16 getestete HP Z240 kostet locker das 2,5-Fache. Investiert man im Dell-Shop mehr als 3000 Euro, bekommt man eine ähnliche Ausstattung – und umgekehrt hat HP auch günstigere Modelle im Angebot.

Unterm Strich hinterlässt die Precision 3620 einen guten und robusten Eindruck. Mit einem durchschnittlichen Core-i7-PC nimmt es auch unser Testgerät locker auf; seine Vernunftkonfiguration reicht für viele anspruchsvolle Szenarien völlig aus. Und nüchtern betrachtet soll eine Workstation in erster Linie nicht Spaß machen, sondern ihre Arbeit klaglos erledigen. (bbe@ct.de)

### Literatur

[1] Benjamin Benz, Arbeitstier, Die Workstation HP Z240 mit Skylake-Prozessor, c't 3/16, S. 64

## Dell Precision T3620 (DRPL992)

### Hardware-Ausstattung

CPU / Kerne / Takt (Turbo)	Xeon E3-1240 v5 / 4+HT / 3,5 (3,7 bis 3,9) GHz
CPU-Fassung	LGA 1151
Lüfter (Regelung)	80 mm (✓)
RAM (Typ / Max) / -Slots (frei)	8 GByte (DDR4-2133 / 64) / 4 (3)
Grafik(-speicher) / -lüfter	Quadro K620 (2 GByte) / 45 mm
Chipsatz / TPM	C236 / 1.2 (2.0 per Firmware-Upgrade)
Erweiterungs-Slots (frei)	1 × PCI (1), 1 × PCIe x1 <sup>2,3</sup> (1), 1 × PCIe x4 <sup>1,3</sup> (1), 1 × PEG (1)
Erweiterungsschächte (frei)	3 × 3,5" (2), 2 × 5,25" (1)
SSD (Typ, Kapazität)	Samsung PM 871 (MZ7LN256HCHP) (SATA 6G, 256 GByte)
optisches Laufwerk	DVD-Brenner
Netzwerk-Interface (Typ)	1 GBit/s (I219-LM, PCIe)
Gehäuse (B × H × T [mm]) / -lüfter (geregelt)	Mini Tower (175 × 360 × 455) / 92 mm (✓)
Kensington-Lock / Schloss-lasche / Türschloss	✓ / ✓ / n. v.
Netzteil(-lüfter)	290 Watt (80 mm)
Anschlüsse hinten	1 × DVI, 3 × DisplayPort, 2 × analog Audio, 4 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, 1 × LAN, 2 × PS/2, 1 × RS-232, ohne Funktion: 1 × HDMI, 2 × DisplayPort
Anschlüsse vorn	2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, 2 × analog Audio

### Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen und Geräuschentwicklung

Soft-off / Energie sparen / Leerlauf	0,4 W / 2,7 W / 23,9 W
Volllast: CPU / CPU und Grafik	122 W / 175 W
SSD / USB 3.0: Lesen (Schreiben)	551 (300) / 328 (325) MByte/s
Geräuschentwicklung: Leerlauf / Vollast (Note)	0,3 Sone (⊕⊕) / 2,3 Sone (⊖⊖)

### Funktionstests

Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar / Auto BIOS Update	✓ / ✓ / –
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur aus	– / ✓
Bootdauer bis Desktop	27 s
Parallelbetrieb (digitale Monitore)	1 × 4K bei 60 Hz und 1 × 4K bei 30 Hz

### Systemleistung

BAPCo SYSmark 2014	2132
Cinebench R15 Single- / Multithread	169 CB / 817 CB
Linpack / 3DMark Fire Strike	165 GFlops / 2260
SPECviewperf12: catia-04 / creo-01 / energy-01 / maya-04	31 / 32 / 1 / 21
medical-01 / showcase-01 / snx-02 / sw-03	8 / 11 / 27 / 61

### Bewertung

Systemleistung: Office / Rendering / 3D / Gesamt	⊕⊕ / ⊕ / ⊖ / ⊕
Geräuschentwicklung	⊕
Audio: Wiedergabe / Aufnahme / Front	⊕⊕ / ○ / ⊕⊕

### Lieferumfang

Tastatur / Maus	✓ / ✓
Betriebssystem / installiert im UEFI-Modus / Secure-Boot	Windows 7 Professional SP1 (64 Bit) / – / –
Updates aktuell	✓
Anwendungs-Software	Adobe Flash Player, Adobe Reader, Dell Software
Zubehör	DP-DVI-Adapter
Garantie	1 Jahr
Preis	1350 €

<sup>1</sup> mechanisch x16 <sup>2</sup> mechanisch x4 <sup>3</sup> PCIe 3.0

✓ funktioniert	– funktioniert nicht	n. v. nicht vorhanden
⊕ sehr gut	⊕ gut	○ zufriedenstellend
⊖ schlecht	⊖ sehr schlecht	



Martin Fischer

# Mini-Profi

## AMDs Workstation-Grafikkarte FirePro W4300

Schnell genug für CAD, gut geeignet für Mehrschirmsysteme und überdies noch günstig: Die FirePro W4300 soll die Herzen professioneller Anwender mit begrenztem Budget gewinnen.



AMD preist die FirePro W4300 als eine Grafikkarte mit „kompromissloser“ CAD-Performance an, die bis zu vier Bildschirme ansteuert und überaus kompakt ausfällt. Erhältlich ist die FirePro W4300 bereits ab 300 Euro – klingt fast schon zu schön, um wahr zu sein. In den c't-Laboren musste die Grafikkarte schließlich beweisen, was wirklich in ihr steckt. So viel vorweg: In manchen Benchmarks verweist sie sogar die teure Nvidia-Konkurrenz in die Schranken.

Die FirePro W4300 passt dank ihrer halben Bauhöhe und einer Länge von nur 17 cm auch in sehr kompakte Workstation-Gehäuse. Ein winziger Lüfter kühlt den nicht mehr ganz so frischen Bonaire-Grafikprozessor, der immerhin 768 Shader-Rechenkerne enthält. Sie verarbeiten pro Sekunde fast 2 Milliarden Dreiecke und führen 1,4 Billionen Gleitkommaoperationen bei einfacher Genauigkeit aus – für eine 300-Euro-Profigrafikkarte eine ganze Menge. Die integrierte Video-Engine spielt H.264-Filme problemlos ab, kann allerdings nicht mit dem neuen HEVC-Format umgehen – zur Videobearbeitung sollte man die FirePro W4300 also nicht einsetzen. Der Videospeicher ist über 128 Leitungen mit 96 GByte/s angebunden und bietet für Geometriedaten und Displaylisten bis zu 4 GByte Platz.

Zu den aktuellen Schnittstellen Direct3D 12, OpenGL 4 und OpenCL 2.0 ist die FirePro W4300 kompatibel. Überdies schaltet ihr Treiber Spezialfunktionen frei, etwa die Ausgabe von 1,07 Milliarden statt nur 16,7 Millionen Farben, wodurch sie auch feine Farbübergänge abstufungsfrei darstellt (10 Bit pro Farbkanal). Dafür muss man die Funktion in den FirePro-Treibereinstellungen aktivieren und ein 10-Bit-fähiges Programm nutzen, beispielsweise Adobe Photoshop.

Im Industrie-Standardbenchmark SPEC Viewperf schneidet die FirePro W4300 ordentlich ab. In den Durchläufen von Creo und

Siemens NX liegt sie rund 15 beziehungsweise 30 Prozent vor der 430 Euro teuren Nvidia Quadro K2200; in Solidworks (sw-03) und Showcase-01 ist sie ähnlich schnell. In Catia-04, Energy-01, Maya-04 und Medical-01 hat die Quadro einen deutlichen Vorsprung. In Creo-01 und Sw-03 bietet sie sogar mehr Grafikleistung als ein Mac Pro.

Im OpenCL-Benchmark Luxmark erreicht die FirePro W4300 gute 939 (Sala, 488 000 Dreiecke) beziehungsweise 521 Punkte (Room, 2 Millionen Dreiecke). Beim Raytracen mit dem Arion-Benchmark ist die FirePro entsprechend ihrer höheren Rechenleistung gut 10 Prozent schneller als eine Quadro K2200; beim Tessellieren in Unigine Heaven liegt die Quadro um 50 Prozent vorn. Im 3DMark Firestrike errechnet die FirePro 2946 Punkte und liegt damit ungefähr auf dem Niveau einer GeForce GTX 650 Ti beziehungsweise knapp über einer Radeon HD 7770.

### Sparsam

Die FirePro W4300 ist sparsam. Unser Testexemplar schluckte selbst unter Furmark-Extremtest höchstens 45 Watt; beim normalen Rendern kam sie auf 43 Watt. Der kleine 45-mm-Lüfter drehte dabei mit über 4000 U/min, hielt die GPU-Temperatur unter guten 70 °C und blieb dennoch leise (0,8 Sone).

Die Grafikkarte eignet sich auch für einen normalen Office-Rechner, denn beim Surfen und Schreiben hört man sie nicht, obwohl der Lüfter weiterhin dreht. Im Leerlauf schluckt die W4300 nur knapp 5 Watt – ein hervorragender Wert. Das gilt aber nur, wenn ein Full-HD-Display dransteckt. 4K-Displays erhöhen die Leistungsaufnahme auf 17 Watt (1 Display) bis 21 Watt (4 Displays). Maximal lassen sich die vier 4K-Displays mit 60 Hz betreiben. Laut AMD beträgt die maximale Auflösung dabei jeweils 4096 × 2160 Pixel;

testen konnten wir mangels geeigneter Geräte nur in der Ultra-HD-Auflösung mit jeweils 3840 × 2160 Bildpunkten. Auf Wunsch fasst der Grafiktreiber die Auflösungen der angeschlossenen Displays zusammen und gaukelt Windows einen Riesenmonitor vor (Eyefinity-Modus). So lassen sich Programme einfach auf alle angeschlossenen Displays maximieren.

### Fazit

Profis bekommen mit der FirePro W4300 eine günstige Workstation-Karte mit ordentlicher, wenn auch nicht „kompromissloser“ Leistung, die sich auch für Multimonitor-Setups eignet. Sie passt in kompakte Desktop-Gehäuse und ist für den Einsatz in leisen Büros geeignet. Ihr 4 GByte großer Speicher langt für Einsteiger-Projekte – umfangreichere Designs erfordern nicht nur mehr Speicher, sondern auch eine schnellere GPU. (mfi@ct.de)

### Technische Daten

FirePro W4300	
Hersteller	AMD
Codename	Bonaire
Transistoren	2,08 Mrd.
Fertigungsprozess	28 nm
Shader-ALUs	768
Shader-/Speichertaktfrequenz	930 MHz / 3000 MHz
theoretische Rechenleistung SP / DP	1,43 TFlops / 0,09 TFlops
DirectX / OpenGL / OpenCL	12 / 4.4 / 2.0
Speichergröße	4 GByte GDDR5
Datentransferrate	96 GByte/s (128 Bit)
TDP	50 Watt
Ausgänge	6 × MiniDP, 3D-Stereo, Frame-/Genlock
gleichzeitig nutzbare Bildschirme	4 (mit MST-Hub 6)
geeignet für 4K	ja (maximal 4096 × 2160)
Preis	300 €

### Benchmark-Ergebnisse

SPECviewperf 12	Catia-04 [fps] besser ▶	Creo-01 [fps] besser ▶	Energy-01 [fps] besser ▶	Maya-04 [fps] besser ▶	Medical-01 [fps] besser ▶	Showcase-01 [fps] besser ▶	Snx-02 [fps] besser ▶	Sw-03 [fps] besser ▶
FirePro W4300 <sup>1</sup>	35,3	41,1	1,5	29,8	10,3	20,8	41,5	64,5
vgl. Quadro K2200	42,7	35,7	2,8	35,5	14,9	21,9	31,6	67,0
vgl. Fire Pro D700 <sup>2</sup>	46,5	26,50	2,88	41,0	21,4	40,0	52,3	44,2

<sup>1</sup> gemessen unter Windows 10 auf Intel Core i7-6770K, 16 GByte RAM, Sync aus, FirePro 15.201.2401 <sup>2</sup> gemessen unter Windows 8.1 Enterprise auf Mac Pro (late 2013), Intel Xeon E5-1680 2, 4 × 16 GByte DDR3-1866

c't



Tim Gerber

# Zwischen- menschliches

## Intelligente Touchscreens für Arduino & Co.

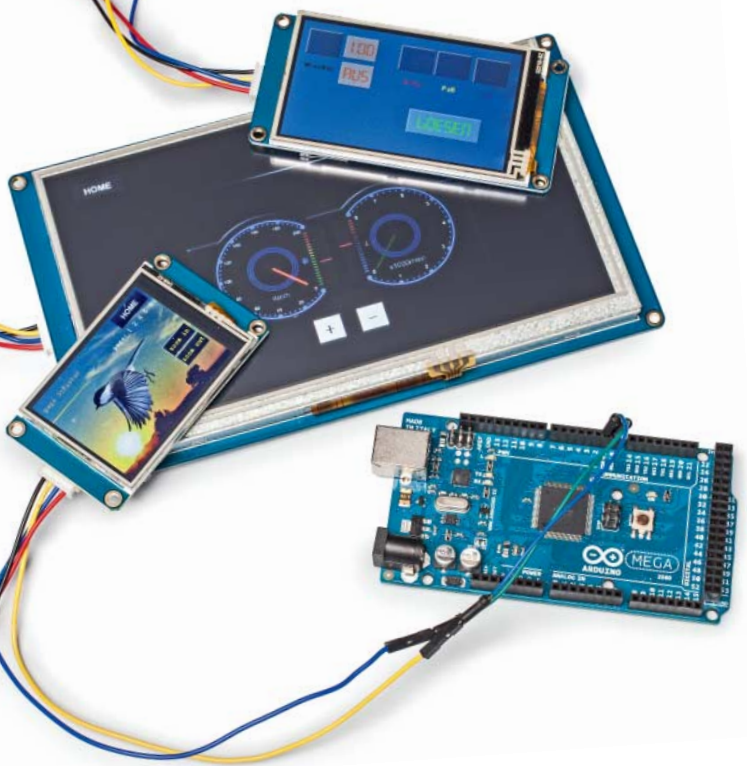
Selbst einfache Benutzereingabe- und -ausgaben, eine Anzeige für einen Sensorwert etwa oder ein Poti zur Eingabe, führen bei Arduino-Projekten zu erheblichem Verdrahtungs- und Programmieraufwand. Touchscreens mit eigenem Controller minimieren ihn auf ausgesprochen elegante Art.

Ob Eigenbau-Wetterstation oder eine kleine Dimmer-Anlage: Mit einem schicken Touchscreen gewinnen Arduino-Projekte einen nahezu professionellen Anstrich. Zudem ersparen sie Schaltungsaufwand für Eingaben über Taster, Potentiometer, Drehencoder und Ähnliches. Schon die Eingabe eines Dateinamens, etwa um über Sensoren gesammelte Wetterdaten auf eine SD-Karte zu schreiben, ist mit einem Arduino anders kaum denkbar.

Kleine Displays bis zur Größe von 7 Zoll und mit Touchscreen-Funktion gibt es schon eine Weile und sie sind auch nicht allzu teuer. Pro Zoll Diagonale kosten sie zwischen 5 und 10 Euro. Das Problem ist nur, dass diese Displays selbst nicht programmierbar sind und die ohnehin knappen Arduino-Ressourcen arg strapazieren. Sie beanspruchen viele I/O-Pins, Speicherplatz und Rechenleistung. In die Entwicklung einer ansprechenden grafischen Bedienoberfläche muss man viele Stunden Programmierarbeit stecken.

Diesen ganzen Aufwand kann man sich nun sparen: Der chinesische Hersteller Itead Studio bietet unter der Bezeichnung Nextion Display-Module an, die mit einem eigenen programmierbaren Controller und vergleichsweise üppigem Flash-Speicher (4 MByte, ab 4,3 Zoll 16 MByte) ausgestattet sind. Die gesamte grafische Bedienoberfläche (GUI) lässt sich darin speichern und – der eigentliche Clou der Sache – mit einem WYSIWYG-Editor bequem am PC entwickeln.

Die Interaktion mit dem Arduino erfolgt über dessen seriellen Port (UART), belegt also gerade mal zwei I/O-Pins. Um eine neue Seite auf dem Display anzuzeigen oder auf eine Nutzeraktion wie das Berühren eines Buttons zu reagieren, genügt das Senden respektive Empfangen weniger Bytes, was mit ein paar Zeilen Programmcode auf dem Arduino zu realisieren ist. Solche Display-Module kann man also auch ohne Weiteres mit günstigen Arduinos wie dem Uno oder dem Leonardo verwenden.



Dabei sind die Nextion-Displays nicht wesentlich teurer als nicht programmierbare Touchscreen-Module. Die 2,4-Zoll-Version gibt es bereits für knapp 15 Euro. Sie bietet aber nur Platz für sehr wenige Bedienelemente. Die 3,2-Zoll-Version kostet etwa 25 Euro. Noch nicht im deutschen Fachhandel zu finden ist die sehr üppige 7-Zoll-Version. Eine Bestellung direkt beim Hersteller kostet zusätzliche Versandkosten, inklusive Einfuhrumsatzsteuer und DHL-Gebühren muss man etwa 100 Euro veranschlagen.

Die Displays zeigen eher flauere Farben und sind nur aus kleinen Blickwinkeln ablesbar. Darin unterscheiden sie sich aber nicht von den nicht programmierbaren Versionen auf dem Markt. Für das Einsatzgebiet genügt das Gebotene.

### Oberflächengestaltung

Die Entwicklungsumgebung gibt es kostenlos für Windows zum Download auf einer Webseite des Herstellers (siehe c't-Link am Ende des Artikels). Versionen für Mac und Linux sind angekündigt. Die Installation des Editors verlief auch unter Windows 10 reibungslos. Seine Bedienung ist allerdings gewöhnungsbedürftig, schon weil die Programmierer keine Standard-Menüs verwenden und viele gängige Aktionen wie Cut & Paste nicht über die üblichen Tastenkürzel erreichbar sind. Andere fehlen ganz, etwa die übliche Rückgängig-Funktion.

Trotz dieser Eigenwilligkeit fällt die Einarbeitung wegen des geringen Funktionsumfangs der Software aber recht leicht. Im linken Bereich des Programmfensters findet sich ein Betrachter für verwendete Grafik-Dateien und Fonts, rechts eine Liste der angelegten GUI-Seitenobjekte sowie ein Komponenteninspektor. Für die Benutzer-Interaktion stehen eine Hand voll Komponenten zur Verfügung, die man aus einem Pulldown-Menü auswählt. Die Komponente, beispielsweise ein Button oder ein Textfeld, landet dann in der linken oberen Ecke der Seite. Von dort zieht man sie an ihren gewünschten Platz. Leider fehlen Funktionen zur gleichmäßigen Anordnung und Gruppierung der Bedienelemente.

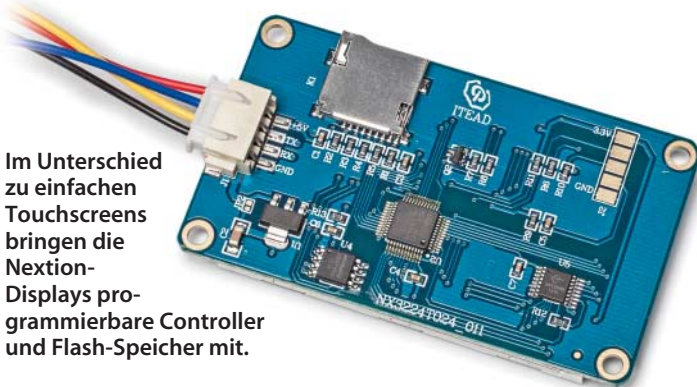
Der Anbieter erweitert die Palette immer mal wieder um weitere Komponenten. Radio- und Checkboxes sind aber schon seit einem halben Jahr und mehreren Updates von Version 0.27 bis zur aktuellen Version 0.30 als „coming soon“ angekündigt. Leider sind die Firmware der Nextion-Touchscreens und das zugehörige Framework Closed-Source.

Immerhin gibt es bereits jetzt auch zwei nichtvisuelle Komponenten für die GUI-Programmierung: Variablen für Text oder ganze Zahlen und Timer. Letztere können über die serielle Schnittstelle auch Kommandos an den Arduino senden, also dort weitere Ressourcen sparen.

Gerade bei kleinen Arduinos wie dem Uno wird man versuchen, so viel Code wie möglich auf dem Controller des Displays

Im Unterschied zu einfachen Touchscreens bringen die Nextion-Displays pro-

grammierbare Controller und Flash-Speicher mit.



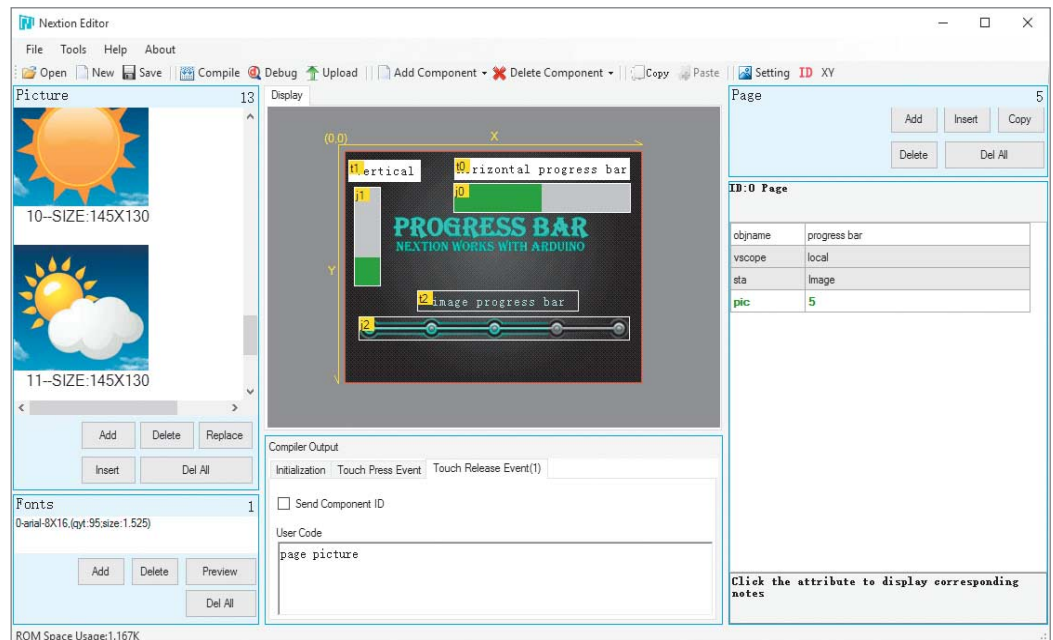


Anzeige

In der Entwicklungsumgebung findet sich zentral ein Editor für die Bildschirmoberfläche des Touchscreens, umrahmt von Bildbetrachter und Objektinspektor.

unterzubringen. Dafür lassen sich die Abläufe der Bedienoberfläche über eine rudimentäre Skriptsprache steuern. Auf Kommando wechselt beispielsweise die komplette Display-Seite oder zeigt das Display den mit einem Slider eingestellten Wert an, ohne den Arduino zu behelligen. Jeder GUI-Komponente kann man solche Befehlsfolgen zuordnen, die sie jeweils bei Initialisierung, bei Berührung oder beim Loslassen ausführt. Dazu gehören ein paar Zeichenbefehle wie zum Beispiel `lineto` sowie eine Hand voll Systemvariablen etwa für die Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung. Irgendeine Art der Ablaufsteuerung dieser Programmschnipsel ist jedoch nicht möglich und für die bedingte Ausführung steht nur eine `if`-Abfrage zur Verfügung.

In die IDE ist auch ein Debugger integriert. Er bietet eine Vorschau, führt alle internen Aktionen aus und kann die vorgesehenen Ausgaben an den Seriell-Port eines angeschlossenen



Arduino senden. Zum Ausprobieren muss man also nicht unbedingt gleich ein Display kaufen. Ärgerlich ist allerdings die stets gleiche Fehlermeldung des Debuggers bei sämtlichen Syntaxfehlern: „Invalid Variables“.

Die Übertragung des fertigen GUI-Codes nebst Ressourcen erfolgt direkt aus der IDE über die UART-Schnittstelle. Man benötigt dazu noch einen USB-TTL-Adapter, wie es sie beispielsweise von TFDI für etwa 10 Euro gibt.

Alle Nextion-Displays bieten Slots für MicroSDs – aber nur zum Übertragen der Firmware. Diese

Alternative ist die Rettung, wenn bei der seriellen Übertragung etwas schiefgeht und sich das Display anschließend über den Port nicht mehr ansprechen lässt.

## Verbindungsstück

Die Einbindung des GUI über die serielle Schnittstelle in das eigene Arduino-Programm ist auf zweierlei Art möglich. Entweder programmiert man sie selbst oder man benutzt die vom Hersteller angebotene Arduino-Bibliothek dafür. Die erste Methode ist die einfachere, erschwert aber die Interaktion mit dem Display.

Letzteres, beispielsweise für die Ausgabe eines Textes, bewerkstelligt man besser über die den GUI-Komponenten entsprechenden Objekte, die in der Arduino-Bibliothek des Herstellers implementiert sind. Die Reaktion auf eine Benutzereingabe erfolgt dabei über sogenannte Call-Back-Routinen. Zahlreiche zur Bibliothek gehörende Beispielprogramme veranschaulichen die Funktionsweise recht gut. Auf der Hersteller-Website gibt eine recht brauchbare Do-

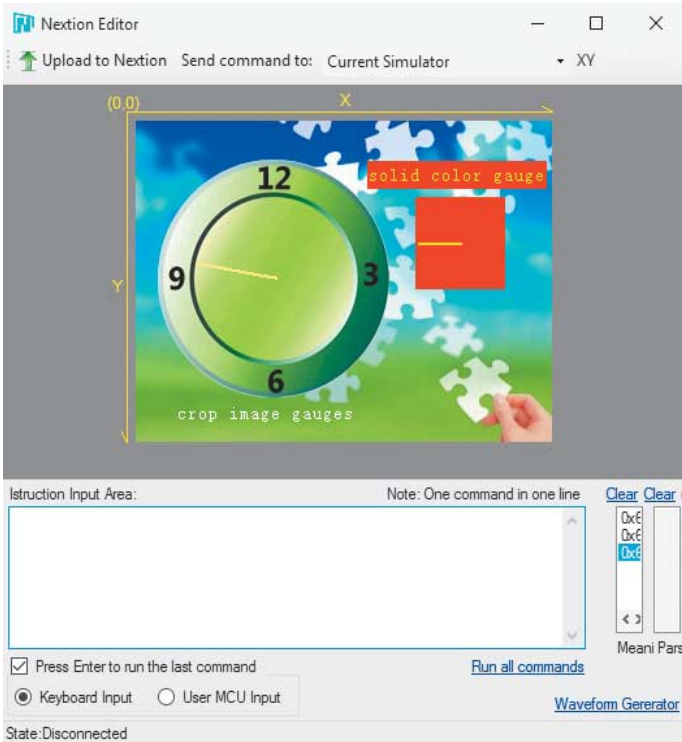
kumentation und weitere komplette Beispielprojekte.

Die Displays benötigen zur Versorgung eine Spannung von 5 Volt. Die für ihre Steuerelektronik erforderlichen 3,3 Volt zweigt ein Spannungsregler ab. Die Eingangspins der Schnittstelle sind 5-Volt-tolerant und arbeiten somit auch mit 5-Volt-Boards wie dem Arduino Uno zusammen. Für die größeren Displays genügen ein USB-Port oder auch die Spannungsversorgung des Arduino (beide max. 500 mA) nicht, sondern man braucht ein stärkeres Netzteil.

## Fazit

Das System der Nextion-Displays ist ein recht bequemer und günstiger Weg, schnell zu einer ansprechenden Nutzerschnittstelle für Arduino-Projekte zu kommen. Ein paar Slider und ein paar Buttons sind damit sehr viel schneller angelegt und programmiert, als man sie aus echten Potis und Tastern bauen könnte. (tig@ct.de)

ct Programmierbeispiele und Downloads: [ct.de/yr5w](http://ct.de/yr5w)



Der zur IDE gehörende Debugger zeigt das programmierte GUI und führt sämtlichen Code aus.

Nextion								
HMI-Touchscreens für Arduino								
Hersteller	Itead Studio, <a href="http://www.itead.cc">www.itead.cc</a>							
Anbieter	<a href="http://www.komputer.de">www.komputer.de</a>							
Schnittstelle	TTL-UART 3,3 Volt (5-Volt-tolerant); 2400 Bit/s ... 115 200 Bit/s							
Spannung	5 Volt	5 Volt	5 Volt	5 Volt	5 Volt	5 Volt	5 Volt	5 Volt
Touchscreen	resistiv	resistiv	resistiv	resistiv	resistiv	resistiv	resistiv	resistiv
Größe (Diagonale)	6 cm (2,4")	7 cm (2,8")	8 cm (3,2")	8,9 cm (3,5")	11 cm (4,3")	13 cm (5")	18 cm (7")	
Auflösung (Pixel)	320 × 240	320 × 240	400 × 320	480 × 320	480 × 272	800 × 480	800 × 480	
Strombedarf	80 mA <sup>1</sup>	65 mA <sup>2</sup>	92 mA <sup>1</sup>	145 mA <sup>2</sup>	250 mA <sup>2</sup>	410 mA <sup>2</sup>	530 mA <sup>1</sup>	
Preise	15 €	19 €	24,20 €	ca. 30 € <sup>3</sup>	53 €	ca. 70 € <sup>3</sup>	ca. 85 € <sup>3</sup>	
<sup>1</sup> gemessen <sup>2</sup> Herstellerangaben <sup>3</sup> siehe Text								

Anzeige

Stefan Wischner

# Betreutes Schreiben

## Papyrus Autor 8: Textverarbeitung für Vielschreiber

Papyrus Autor erfreut in seiner achten Ausgabe Schriftsteller, Journalisten und Blogger mit einem überarbeiteten Duden-Korrektor und dem „Denkbrett“, einem neuen Mindmapping-Tool.

Bei den klassischen Kernfunktionen für Textfassung, -gestaltung und -strukturierung befindet sich Papyrus Autor auf Augenhöhe mit Microsoft Word und Libre Office [1]. Die Software beeindruckt mit hohem Start- und Arbeitstempo und lässt sich auch von sehr langen Dokumenten nicht aus dem Tritt bringen: Selbst der Import der 1500 Seiten starken Elberfelder Übersetzung des Neuen Testaments inklusive 15 hochauflösender Bilder konnte die Software während unseres Tests

nicht in die Knie zwingen. Weder beim Scrollen noch bei Umformatierungen kam es zu nennenswerten Geschwindigkeitseinbrüchen.

### Bestseller-Werkzeugkasten

Wie der Namenszusatz schon andeutet, richtet sich Papyrus Autor vornehmlich an Schriftsteller, Journalisten, Blogger und andere Vielschreiber. Dazu bietet es eine Reihe von Funktionen, die man in Word & Co. ver-

geblich sucht. Da wäre zum Beispiel die integrierte Datenbank für Charaktere, die sich automatisch mit allen Stellen im Text verknüpfen lässt, an denen die jeweilige Figur auftaucht. Sehr sinnvoll, falls dem Autor mal die Augenfarbe oder das Alter des Helden entfallen ist. In der Datenbank lassen sich neben Äußerlichkeiten der Protagonisten auch Eigenschaften wie Ausstrahlung und soziale Kompetenzen hinterlegen.

Mehrere Klemmbretter erlauben das sichtbare Zwischenparken von Textschnipseln oder ganzen Kapiteln. Eine grafische Zeitleiste sorgt für einen stringenten Handlungsablauf. „Geistertexte“ blenden Textabschnitte temporär aus, fertig überarbeitete Passagen lassen sich gegen weitere Veränderung schützen. Mit Umfangs- und Tageszielvorgaben appelliert die Software an die Schreibdisziplin des Autors. Neu in der aktuellen Version ist das „Denkbrett“: Ähnlich einem Mindmapping-Tool lassen sich damit Handlungsabläufe oder Beziehungen zwischen Personen oder Orten grafisch darstellen. Das lässt sich durchaus auch für andere Texte als Belletristik sinnvoll nutzen – etwa für die vorbereitende Gli-

derung komplexer Inhalte oder zum Sammeln von Ideen oder Recherchematerial.

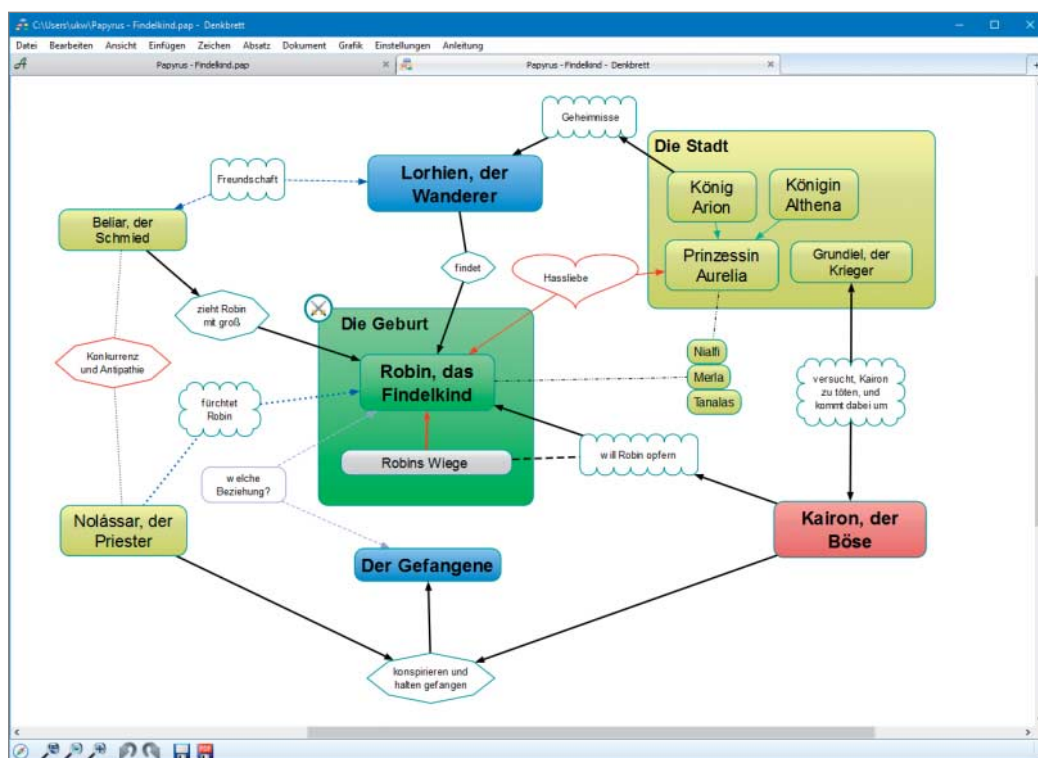
In Papyrus Autor 8 lassen sich erstmals mehrere Dokumente parallel in Tabs, also ähnlich wie bei Webbrowsern, bearbeiten. In den Vorgängerversionen war das nur in separaten Fenstern möglich. Auch Zeitstrahlfenster, Denkbrett oder Datenbank landen in Registerkarten.

### E-Lektorat

Um Orthografie und Grammatik kümmert sich der aktuelle Duden-Korrektor, eine der besten derzeit erhältlichen Rechtschreibprüfungen. Einzigartig ist die zuschaltbare Lesbarkeits- und Stilanalyse. Sie hebt Bandwurmsätze farbig hervor und ermahnt bei der Nutzung von Füllwörtern, Phrasen, schwachen Verben, Passivkonstruktionen oder Wortwiederholungen. Freilich kann der Assistent uninspiriertes Geschreibsel nicht automatisch in literarische Perlen verwandeln – dazu fehlt den Algorithmen das grundlegende Verständnis der Inhalte. Aber erstaunlich oft liegt der Stillhelfer richtig und zeigt echte Textschwächen auf. Wer sich damit auseinandersetzen mag, kann ihn zudem in den Programmeinstellungen individualisieren. So lässt sich eine eigene Füllwortliste pflegen oder die Anzahl erlaubter Wortwiederholungen in einem bestimmten Textbereich einstellen.

### Umstiegs-Hürden

Apropos einstellen: Papyrus Autor bietet eine gewaltige Fülle an Anpassungen und Konfigurationsmöglichkeiten. Mit manchen davon wird sich der Ein- und Umsteiger gleich zu Anfang auseinandersetzen müssen. Etwa, weil er sich nicht damit anfreunden mag, dass das Programm in der Grundeinstellung alle Anführungszeichen als Chevrons setzt oder jede Aktion der Autokorrektur mit einem Signalton quittiert.



Thinktank: Das neue „Denkbrett“ ist ein einfaches Mindmapping-Tool. Damit lassen sich zum Beispiel Beziehungen zwischen Romanfiguren oder Handlungsabläufe visualisieren.

### Papyrus Autor 8

#### Textverarbeitungsprogramm

Hersteller	R.O.M. Logicware, www.papyrus.de
Systemanforderungen	Windows XP oder höher, OS X ab 10.7.x
Preis	Einzellizenz 179 €



**Datenbankeintrag für Figur:** (Erläuterungen durch Klick auf Feldnamen)

Hauptname:  typ. Erstgedruck. ggf. mit Ausprägung  
 weitere Namen und eindeutige Umschreibungen:  Unsympathisch

**Körperliches:**

Größe:  Alter:  Geschlecht:

Gestalt:  Ausstrahlung:

Augen:  Haare:  Bart:

Nasen- und Mundpartie:  Stimme:  Geruch:

besondere körperliche Merkmale:

**Außerliches:**

Kleidung und deren Zustand:

Gegenstände:

Ständige Begleiter (Tiere, Berufspartner etc.):

In der Figurendatenbank können etwa Romanautoren detaillierte Informationen über ihre Charaktere hinterlegen.

Wer mit dem Umstieg von einer anderen Textverarbeitung auf Papyrus liebäugelt, hat außer der Umgewöhnung noch zwei Kröten zu schlucken: Zum einen ist der Preis von 179 Euro kein Schnäppchen; andere Autorensoftware wie Scrivener gibt es für weniger Geld. Darüber hinaus unterstützt Papyrus Autor in Version 8 noch immer keine docx- und odt-Dateien. Bisher im- und exportiert die Software lediglich Dateien im doc- und rtf-Format. Erfreulich für E-Book-Autoren und Selfpublisher sind hingegen ein stark verbesserter Epub-Generator mit Vorschaufunktion und ein neuer mobi-Generator. Für Wechselwillige bietet der Hersteller eine eingeschränkte Demo-Version zum Download auf seiner Webseite an und Besitzer einer Vorgängerversion erhalten ein vergünstigtes Update.

## Fazit

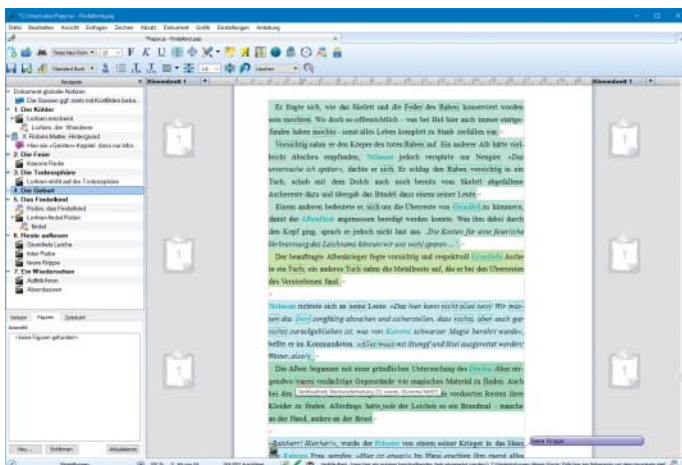
Papyrus Autor ist und bleibt ein Textprogramm mit viel Mehrwert. Nicht nur Schriftsteller und Journalisten profitieren von seinen Spezialfunktionen und der konstant hohen Arbeitsschwindigkeit. Highlights sind der Duden-Korrektor und die Stilanalyse, die oft mit wertvollen Hinweisen hilft. Wermutstropfen finden sich in den fehlenden Im- und Exportfiltern für gängige Textformate sowie im relativ hohen Preis. (mre@ct.de)

## Literatur

- [1] Dieter Brors, Besser schreiben, Textprogramm Papyrus Autor 7 für Windows und Mac OS X, c't 10/14, S. 108

**ct** Papyrus Autor 8  
 Demoversion: [ct.de/ydy7](http://ct.de/ydy7)

Anzeige



Besser schreiben: Auf Wunsch beurteilt das Programm die Lesbarkeit von Abschnitten anhand der Satzlängen und färbt sie entsprechend ein. Zudem mahnt es Stilsünden wie Wortwiederholungen, Verbfaulheit oder Passivkonstruktionen an.



Georg Schnurer

# Das dicke Ende

## Ärger bei der Umstellung eines T-DSL-Zugangs

**Hört man andere von ihren schnellen Zugängen schwärmen, steigt der Frust über die eigene lahme Leitung. Verspricht der Anbieter dann, den Heimatort mit mehr Leistung zu versorgen, lacht das Herz – bis man versucht, von dem Versprechen zu profitieren.**

Schon lange ärgert sich Wolfgang L. über seinen trödeligen Internet-Zugang: Als Telekom-Kunde der ersten Stunde nutzt er einen Anschluss vom Typ „Call & Surf Comfort (4) Universal“ mit ISDN-Telefonleitung und einer Download-Geschwindigkeit von formal 2 MBit/s. Da seine Wohnung aber recht weit von der Vermittlungsstelle entfernt liegt, reduziert die Telekom die reale Datentransferrate auf gerade einmal 768 Kbit/s. Dennoch zahlt Wolfgang L. für seinen Zugang monatlich stolze 27 Euro.

Mitte November 2015 begann die Telekom, am Wohnort von Wolfgang L. das Telefonnetz zu überarbeiten. „Vectoring“ sollten den Bewohner zu einem schnelleren Internetzugang verhelfen. Das hörte Wolfgang L. gern, auch wenn der Umbau des Telekom-Netzes mehrfach zu teils tagelangen unangekündigten Unterbrechungen des Telefonnetzes führte.

Als sich der Baustaub gelegt hatte, beantragte Herr L. am 4. Januar 2016 einen schnellen Internet-Zugang vom Typ „Magenta Zuhause M“. Der sollte laut Telekom Datenraten von bis zu 50 MBit/s ermöglichen. Die Telekom bestätigte den Umstellungsauftrag schriftlich und versprach eine Schaltung der neuen Leitung zum 11. Januar 2016.

Um 12 Uhr am Schalttag fiel die ISDN- und DSL-Verbindung von Wolfgang L. aus. Der Router signalisierte den ganzen Tag lang einen Leitungsausfall. TK-Experte Wolfgang L. griff zum Messgerät und überprüfte die Leitung. Sein Ergebnis: Die Verbindung zwischen seiner TAE-Dose und der Telekom war unterbrochen. Nachdem sich bis zum Abend nichts änderte, kontaktierte er gegen 20:30 Uhr den Telekom-Service. Der Mitarbeiter erklärte ihm, dass die Daten seines neuen Anschlusses bis etwa 23:00 Uhr in die Server der Telekom eingespielt würden. Erst danach

könne der DSL-Zugang funktionieren. Damit wollte sich Wolfgang L. nicht abwimmeln lassen; schließlich hatte er klare Indizien für eine Leitungsstörung. Er überredete den Servicemann zu eigenen Tests, die ebenfalls eine Leitungsstörung ergaben. Da müsse die Abteilung für BNG (Broadband Network Gateway) aktiv werden, befand der Service-Mitarbeiter und legte ein Störungsticket an. Dennoch, darauf bestand der Hotliner, werde der Anschluss ab 23:00 Uhr funktionieren. Wolfgang L. möge das dann noch mal überprüfen.

### Selber Schuld?

Müde setzte sich Wolfgang L. nach 23 Uhr vor seinen Router. Doch alle Versuche, Kontakt mit der Telekom-Leitung aufzunehmen, scheiterten: Der Router meldete weiterhin eine Leitungsunterbrechung. Also kontaktierte der gefrustete Kunde aufs Neue die Störungs-Hotline. Im dritten Anlauf erreichte er eine Mitarbeiterin. Die erklärte dem Kunden zunächst, an dem Problem sei er möglicherweise selbst schuld: Mit seinem Anruf bei der Störungsstelle hätte er eventuell den Leitungsherstellungsprozess gestört. Die Frage, wie ein simples Telefonat eine unterbrochene Leitung beeinflussen könnte, verkniff sich Wolfgang L. lieber. Immerhin erfuhr er, dass das Störungsticket weiterhin zur Abteilung BNG unterwegs sei. Im Laufe des kommenden Vormittags werde der Anschluss sicher funktionieren.

So sicher war sich Wolfgang L. da nicht. Dennoch überprüfte er am folgenden Tag gegen Mittag erneut den Router. Das Ergebnis blieb unverändert: eine tote Leitung. Erneute Kontaktaufnahme mit der Störungs-Hotline ergab, dass für 12:45 Uhr ein Anruf der Abteilung BNG vorgemerkt sei. Tatsächlich klingelte das Handy von Wolfgang L. um 13:15 Uhr. Ein kompetent wirkender Mitarbeiter nahm die Störungsmeldung erneut auf und führte weitere Messungen durch. Sein Ergebnis: Da müsse ein Defekt oder ein Einbaufehler in einer Baugruppe im MSAN (Outdoor DSLAM) vorliegen. Zugleich stellte der Telekom-Mitarbeiter fest, dass bereits mehrere andere Kunden auf dieser Baugruppe verschaltet worden seien. Der Techniker erstellte ein weiteres Störungsticket. Der zuständige Monteur könne aber nicht vor Donnerstag, den 14. Januar zur Fehlersuche aufbrechen. Ob die Störung dann beseitigt werden könne, sei ungewiss.

Umso überraschter war Wolfgang L., als er am Folgetag eine SMS der Telekom auf seinem Handy entdeckte: „Wir haben Ihren Auftrag durchgeführt. Viel Spaß mit dem neuen Internet-Zugang“ hieß es da. Hoffnungsfroh führte Wolfgang L. einen erneuten Test mit dem Router durch. Der DSL-Anschluss war weiterhin tot. Dafür lag eine Rechnung der Telekom im Briefkasten: Diese führte aber nur den alten, nun nicht mehr funktionierenden Call&Surf-Anschluss auf.

Am 14. Januar gegen 11:15 Uhr klingelte das Handy von Herrn L.: Ein Telekom-Techniker meldete sich mit schlechten Nachrichten.

Zwischen dem Outdoor DSLAM und dem 250 Meter entfernt liegenden KVZ (Kabelverzweiger) fehle wohl eine Verbindung. Da müsse ein Baurupp aktiv werden.

## Kein Kabel da!

Für Wolfgang L. klang das nach einer längeren Telefon- und Internet-freien Zeit. Also fragte er nach, ob die Telekom nicht für die Bauzeit seinen alten Anschluss vorübergehend reaktivieren könne, damit er wenigstens erreichbar sei. „Ich gebe das an meinen Disponenten weiter“, versprach der Telekom-Techniker. Der werde dann zurückrufen.

Der versprochene Anruf blieb aus, und so kontaktierte Wolfgang L. die Telekom-Hotline aufs Neue. Dort konnte man ihm nichts weiter zum Stand der Entstörung sagen. Als alternative Lösung schlug der Kunde vor, dass die Telekom für die Übergangszeit das Daten-Limit und die Gesprächsgebühren seines Handy-Vertrags aussetzen könne. Darauf wollte sich der Kundendienst aber nicht einlassen.

Um 18 Uhr surfte Herr L. notgedrungen per Smartphone die Telekom-Service-Webseite an. Dort las er mit großen Augen, dass die Störungen seit dem 11. beziehungsweise 14. Januar 2016 behoben seien. Beide Störungstickets waren als „Erledigt“ markiert. Frustriert kontaktierte er erneut die Telekom-Hotline. Doch der Mitarbeiter hatte offensichtlich wenig Interesse an einem Kundengespräch: Noch bevor Wolfgang L. sein Anliegen vorbringen konnte, platzte es aus dem Hotliner heraus: „Ihr Anliegen wird zeitnah bearbeitet“, dann legte er einfach auf.

## Kein Gehör

Es folgten weitere Anrufe des Kunden bei der Störungsstelle. Doch weiter brachte ihn das nicht. Versprochene Rückrufe diverser Fachabteilungen blieben aus, und an dem toten Anschluss änderte sich nichts. Am 21. Januar

erreichte die Geschichte einen neuen Tiefpunkt: Da bestätigte die Telekom schriftlich die Stornierung des Umschaltauftrags. Sofort protestierte der Kunde und man versprach, die Arbeiten wieder aufzunehmen. Als die Telekom dann am 23. Januar per SMS fragte, wie zufrieden er denn mit der Bearbeitung seines Falles wäre, platzte Wolfgang L. beinahe der Kragen.

Am 25. Januar schritt er zur Selbsthilfe: Nachdem er bei der Störungshotline nicht weiter kam, begab er sich in den nächstgelegenen T-Punkt. Dort konnte man den Ärger des Kunden gut nachvollziehen und gab Wolfgang L. als Entschädigung für den fehlenden Telefon- und Internet-Zugang eine „Data Comfort Free“-Karte, mit der er zwei Monate lang via Smartphone ins Internet gehen konnte und dabei ein Datenvolumen von 5 GBit pro Monat verbrauchen durfte.

Auf dem Weg zum Einkaufen stieß Wolfgang L. am Donnerstag den 28. Januar auf einen Telekom-Techniker, der sich an „seinem“ Schaltkasten (KVZ) zu schaffen machte. Neugierig suchte er das Gespräch mit dem Techniker und erfuhr, dass dieser gerade weitere Kunden auf den nicht erreichbaren Outdoor-DSLAM aufschaltete. Nachdem der von Wolfgang L. erfuhr, dass es keine Leitung zwischen dem KVZ und dem Outdoor-DSLAM gebe, führte der Techniker eine kurze Messung durch und gab dann frustriert auf. Sein Kommentar: „Ach, dann kann ich meine Schaltaufträge ja alle zerreißen ...“.

Nachdem selbst eine schriftliche Beschwerde beim Telekom-Vorstand nur mit einem Textbaustein beantwortet wurde, wollte Wolfgang L. kaum noch daran glauben, in absehbarer Zeit zu einem funktionierenden Telefon- und Internet-Anschluss zu kommen. Umso mehr erstaunte ihn, als ein Nachbar am Sonntag (7. 2.) von seinem neuen schnellen Internet-Zugang schwärmte. Sofort inspizierte Wolfgang L. seinen eigenen Anschluss und siehe da: Der Router meldete endlich Kontakt mit der Telekom. Stolze 39 MBit/s im Down-

load und immerhin 19 MBit/s im Upload seien nun möglich, meldete das Gerät.

Das Glück war allerdings nicht vollkommen: Das Internet floss jetzt, aber der VoIP-Telefonanschluss funktionierte immer noch nicht. Wieder wandte sich Wolfgang L. an die Störungsstelle und wieder wurde er von Abteilung zu Abteilung geschickt. Die BNG-Truppe verwies ihn an den Vertrieb, doch dort konnte man ihm nicht helfen. Der Fall läge jetzt bei „IT-Deutschland“. Bevor er von dort nicht wieder zurückkäme, könne man die Sache hier nicht weiter bearbeiten.

Als dann am 22. Februar nach 43 „Störungstagen“ eine SMS mit dem Wortlaut „Wir kümmern uns schnellstmöglich um die Störung an Ihrem Anschluss“ eintraf, hatte Wolfgang L. endgültig die Nase voll von den Verträgen der Telekom. Per E-Mail bat er die c't-Redaktion um Hilfe.

## Nachgefragt

Unsere Anfrage bei der Telekom-Pressestelle sorgte zumindest wieder für etwas Bewegung: Zwei SMS und einen Telefonanruf – so viele Telekom-Aktivitäten an einem Tag hatte Wolfgang L. schon lange nicht mehr erlebt. Voll funktionsfähig war sein Telefon- und Internet-Zugang allerdings bis zum Redaktionsschluss nicht. Weder konnte er Telefonate entgegennehmen, noch selber telefonieren.

Auch die Stellungnahme der Telekom brachte wenig neue Erkenntnisse: Man bedauerte zwar die entstandenen Unannehmlichkeiten und versprach, sich mit Wolfgang L. in Verbindung zu setzen, um gemeinsam nach einer Lösung zu suchen. Auch die berechneten Gebühren für den nicht nutzbaren Anschluss werde man selbstverständlich erstatten, teilte uns Susanne Bruns von der Group Service der Telekom mit.

Dass die Telekom einen Umschaltauftrag angenommen hat, obwohl der zugehörige Leitungsausbau noch nicht abgeschlossen war, erklärte die Pressesprecherin recht einfach: Bei der Auftragsannahme erfolge lediglich eine Verfügbarkeitsprüfung über die möglichen Leistungsmerkmale des gewünschten Tarifs. Instandsetzungsmaßnahmen am Telekom-Netz würden dabei nicht berücksichtigt. Das sei bei einem Leitungsnetz mit einer Länge von über zwei Millionen Kilometer Länge schlichtweg nicht möglich, beteuerte Frau Bruns.

Eine Erklärung dafür, warum Störungstickets im Fall von Wolfgang L. als erledigt eingestuft wurden, obwohl der Anschluss nach wie vor nicht funktioniert, konnte die Telekom nicht liefern. Es gäbe bei der Störungsbearbeitung geregelte Abläufe, die so etwas eigentlich verhindern sollten, versicherte uns die Pressesprecherin.

Für Wolfgang L. heißt es also weiterhin abwarten und hoffen. Möglicherweise gelingt es der Telekom ja doch noch, den Telefonanschluss des Kunden wieder zu aktivieren – so schwierig kann das bei VoIP schließlich nicht mehr sein, wenn der Internetzugang schon einwandfrei arbeitet. (gs@ct.de) **ct**

**VOR  
SICHT  
KUNDE!**

**Auf der Rechnung gibt es den neuen schnellen Internet-Anschluss von Wolfgang L. bereits. Nur funktionieren tut er halt noch nicht.**



Urs Mansmann

# Smart Cities in China

## Bürgerfreundliche Überwachung

Der chinesische Hersteller ZTE hat mehrere Städte in China als Pilotprojekte mit modernster IT ausgestattet. Die Ziele sind unterschiedlich: Yinchuan versucht mit einer straff organisierten und bürgerfreundlichen Verwaltung, mehr Einwohner anzulocken. Qinhuangdao setzt hingegen auf mehr Sicherheit durch mehr Kameras.



Die 2-Millionen-Metropole Yinchuan im Westen Chinas ist keine allzu attraktive Region. Weit entfernt von den boomenden Städten im Westen liegt die Stadt am Rande der Wüste Gobi. Seit jeher ist Yinchuan Verwaltungssitz und Handelsplatz. Das von Moscheen geprägte Yinchuan mit einer starken muslimischen Minderheit dient der chinesischen Wirtschaft als Tor zur arabischen Welt.

Seit der Jahrtausendwende hat der Staat kräftig in die Infrastruktur von Yinchuan investiert. Städte im Westen Chinas werden gezielt entwickelt und sollen in den kommenden Jahren und Jahrzehnten bis auf mehr als das Zehnfache ihrer heutigen Größe wachsen. Teil dieser Projekte ist eine zentralisierte und effiziente Verwaltung. Beim Wettbewerb um Neubürger ist das in China durchaus ein Vorteil, denn die Bevölkerung fürchtet Schlamperei und Willkür von Beamten.

In Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung von Yinchuan hat ZTE eine umfassende Big-Data-Lösung für die Stadtverwaltung entwickelt. Mit solchen Public-Private-Partnerships (PPP) betritt man in China Neuland. Immerhin eine Milliarde Yuan (136 Millionen Euro) kostet das Projekt, doch die effizientere Verwaltung soll dazu führen, dass sich die Kosten schnell amortisieren. Die Verwaltungsspitze verspricht sich noch mehr von der Investition: Das Berichtswesen soll verbessert werden, die Verwaltung stets mit aktuellen und akkuraten Zahlen arbeiten.

Ein weithin sichtbares Zeichen für die veränderte Verwaltungsstruktur ist das neue Rathaus, das auf vier Etagen alle Abteilungen und Dienststellen der Verwaltung beherbergt, die vorher über die ganze Stadt verstreut waren. Das verkürzt Wege; mit einem, höchstens zwei Besuchen sollen Bürger und Unternehmen alle Anliegen erledigen können. Rund 13 000 Besucher täglich zählt das Rathaus. Gastronomie und Wickelräume laden zum Verweilen ein, große interaktive Touchscreens leiten die Besucher zum gewünschten Ziel im modernen Stahl-, Glas- und Betonbau. Auf transparenten Displays neben den Türen heißen lächelnde, uniformierte junge Frauen die Besucher willkommen.

Die Daten aller Behörden laufen in einem gemeinsamen System zusammen; die zuständigen Stellen tauschen Informationen über einheitliche Schnittstellen aus. Sind beispielsweise für die Gründung eines Unternehmens Bescheinigungen oder Auskünfte von verschiedenen Behörden nötig, kann der Antragsteller alles an einem Schalter erledigen. Eine Sammlung von Stempeln im Foyer zeugt davon, welche Blüten die Bürokratie in der Vergangenheit getrieben hat – alles vorbei, wenn man den Zusicherungen der Verantwortlichen glauben darf. Statt fünf Tagen dauert es nur noch einen, eine Firma anzumelden.

Datenschutz genießt in China keinen allzu hohen Stellenwert – beim Schutz von Daten gegen unbefugten Zugriff geht es eher um Dienstgeheimnisse als um Bürgerrechtsschutz. Zwar wird darauf geachtet, dass persönliche oder sicherheitsrelevante Daten nicht versehentlich öffentlich werden. Der Datenaustausch zwischen verschiedenen Behörden unterliegt anders als in Deutschland aber nur geringen Beschränkungen. Datenschutz im deutschen Sinne kennt man in China nur für besonders sensible Daten wie etwa von den Gesundheitsstationen. Kameraüberwachung ist allgegenwärtig; die in Deutschland vorgeschriebenen Hinweise sucht man hier vergeblich.

### Reichlich Kameras

Auch das Rathaus von Yinchuan macht von Kameras reichlich Gebrauch: Ein weitgehend kahler Raum im obersten Stockwerk bietet einer riesigen Videowand mit 30 Bildschirmen Platz. Die Kameras zielen nicht etwa auf die Bürger, sondern schauen den Beamten über die Schulter. Mindestens ein Mitarbeiter führt ständig Aufsicht. Will er genau hinschauen, lässt sich das Bild einer Kamera auf mehrere Bildschirme aufziehen. Dann kann er auch die Schilder lesen, die abwesende Mitarbeiter für ihre Überwacher auf dem Schreibtisch platziert haben: „Bin gleich zurück“ steht da beispielsweise. Dass sich Beamte für ihr Tun rechtfertigen müssen, ist in China eine neue Entwicklung, amtliche Will-

kür hat dort eine lange Tradition. Das erklärte Ziel: Der Bürger soll Kunde sein, nicht Bittsteller. Und da setzt die Stadt durchaus Maßstäbe: Beispielsweise gibt es eine App, mit der sich Mängel an Straßen unkompliziert an die zuständige Stelle melden lassen.

Nicht alle Verantwortlichen in der Verwaltung waren mit der Reform einverstanden. Die Protagonisten mussten massiven Widerstand überwinden. Letztlich gelang es aber, alle Behörden unter einen gemeinsamen Schirm zu bekommen und die Big-Data-Anwendung auch als Führungswerkzeug der Verwaltungsspitze zu installieren. Die Regierung wählte Yinchuan nicht zuletzt deswegen aus, weil dort weniger Widerstand als anderenorts gegen die Smart-City-Pläne zu erwarten war.

Auf Sensordaten und sonstige öffentlich verfügbare Datenquellen, etwa über den öffentlichen Nahverkehr, können nicht nur offizielle Stellen wie die Stadtverwaltung zugreifen, sondern auch private Unternehmen. Eine Schnittstelle ermöglicht beispielsweise die Anbindung von WeChat, dem chinesischen Pendant zu WhatsApp. Der Zugriff auf persönliche Daten ist damit nicht möglich. Der Zugriff auf den Open-Data-Pool soll die Gründung von Start-up-Unternehmen erleichtern.

In der Einöde vor den Toren der Stadt liegt ein Gewerbegebiet mit Straßen und Ampeln. Im Ödland stehen hier und da ein paar Gebäude – und das Rechenzentrum des Projekts. Es ist voll klimatisiert, modular aufgebaut und nur in Überziehschuhen zu betreten, damit kein Schmutz hineingetragen wird. Das Grundstück umfasst 20 Hektar, im Datenzentrum stehen 1000 Racks für 20 000 Server. Der Gesamtspeicherplatz der Anlage umfasst 1,1 Exabyte, also 1,1 Millionen Terabyte. In einer zweiten Phase soll das Projekt auf einer Fläche von rund 52 Hektar 4000 Racks mit 80 000 Servern Platz bieten. In einer dritten Planungsstufe soll diese Kapazität nochmals mehr als verdoppelt werden.

Dieses Rechenzentrum wäre für Yinchuan alleine überdimensioniert. Es ist eine Investition in die Zukunft: Hier sollen künftig Smart-



City-Daten für den gesamten Westen Chinas gespeichert und verarbeitet werden. Ein futuristisch gestalteter Showroom gleich neben dem Rechenzentrum zeigt, welche Smart-City-Anwendungen es bereits gibt und welche Potenziale in den gesammelten Daten stecken und nur darauf warten, genutzt zu werden.

## Smarter wohnen

Eine neue Wohnsiedlung für den gehobenen Mittelstand im Rahmen des Smart-City-Projekts von ZTE zeigt, in welche Richtung Städteplaner denken. Traditionell wird der Zugang zu größeren Wohneinheiten in China überwacht. Mauern, Zäune, Schranken, ein uniformierter Wachschutz und jede Menge der in China allgegenwärtigen Überwachungskameras sorgen dafür, dass niemand unbemerkt in die Wohnsiedlung kommt. Per Gesichtserkennung automatisiert festzustellen, dass jemand Zutrittsberechtigt ist, gilt hier als Zeichen von Fortschritt und vermittelt Bewohnern das Gefühl von Sicherheit. Schnelles Internet per Glasfaser ist in den Städten Chinas weit verbreitet, nicht nur in Luxus-Wohnparks.

Die wachsende chinesische Mittelschicht lebt nicht viel anders als die europäische: Parkhäuser für Autos und Zweiräder, saubere und gepflegte Zufahrtsstraßen in der Siedlung, viel Grün. Unterschiede zu Europa liegen in der Infrastruktur. Niedergelassene Ärzte gibt es in China nicht; stattdessen sorgt eine Krankenstation mit Pflegepersonal für die Erstversorgung. Hier werden die Daten der Eingangsuntersuchung am PC erfasst und ans Krankenhaus weitergeleitet, wo bei Bedarf die eigentliche Behandlung stattfindet.

Selbst die Mülleimer in der Vorzeigesiedlung sind innovativ; sie sind auch vor dem Rathaus zu finden. Wertstoffe werden getrennt gesammelt, der Restmüll wird komprimiert. Solarzellen auf den Mülleimern versorgen die Presse mit dem nötigen Strom.

Die Wohnungen in der Smart City sind bereits ausverkauft, obwohl anderswo in der Stadt ganze Wohnblöcke leer stehen. Bei Touren durch Yinchuan fühlt man sich mancherorts wie in einer Geisterstadt. Wer Wohnungen an den Mann oder die Frau bringen will, muss etwas bieten können.

Ein weiteres Vorzeigeprojekt von ZTE ist Qinhuangdao mit rund 2,6 Millionen Einwohnern. Die Stadt liegt rund vier Autostunden westlich von Peking und gilt als wirtschaftliche und technische Entwicklungszone, von denen es in der die Hauptstadt Peking umgebenden Provinz Hebei drei gibt. Hier hat man nicht wie in Yinchuan die Stadtverwaltung auf Vordermann gebracht, sondern in Datenerfassung und Automatisierung des öffentlichen Lebens investiert. Erst in einer späteren Projektphase will die Stadt auch die Verwaltung mit einbeziehen. Big-Data-Anwendungen sollen die Stadt in den Bereichen Sicherheit, Verkehr, Tourismus und Gesundheitswesen voranbringen. Die Infrastruktur hat man dafür erheblich ausgebaut und 2000 Breitbandanschlüsse in Glasfasertechnik für das Smart-City-Projekt verlegt.

## Schwerpunkt Überwachung

Die Hafenstadt mit ihren langen Stränden ist traditionell die Sommerfrische der Staats- und Parteiführung. Wohl auch deswegen setzt die Stadtverwaltung unter dem Stichwort „Safe City“ (Sichere Stadt) offen und offensiv auf Überwachung. 1800 Kameras an Straßen und Plätzen beobachten jede Bewegung. Knapp 50 Prozent der öffentlichen Flächen sind überwacht, über 70 Prozent im Stadtzentrum. Umgerechnet fast 20 Millionen Euro hat sich die Stadt das Sicherheitssystem kosten lassen; das ist knapp die Hälfte des Etats für Hard- und Software des Gesamtprojekts. Die Projektleitung vermeldet bei der Sicherheit Erfolge: Um 21 Prozent sei die Kriminalität im ersten Jahr nach Installation der neuen Systeme zurückgegangen, berichten Offizielle stolz. Die

Zahl der gemeldeten „Vorkommnisse“ sei gar um fast drei Viertel gefallen. Der soziale Druck durch allgegenwärtige Überwachung ist hier willkommen, weil gut für die Statistik.

Ein wichtiger Wirtschaftszweig in der Küstenstadt ist der Tourismus. Vor allem inländische Gäste, aber auch viele Touristen aus dem eine Flugstunde entfernten Russland sorgen im Sommerhalbjahr für volle Strände, Restaurants und Hotels. 30 Millionen Gäste pro Jahr verzeichnet das beliebte Urlaubsziel – das sind etwa so viele wie in Venedig.

Für Touristen hat man sich in Qinhuangdao einiges einfallen lassen. Die sollen nicht nur sicher sein, sondern auch Informationen erhalten. An über 100 Stellen der Stadt stehen interaktive Info-Displays; mit Live-Cams können Touristen beispielsweise schnell und unkompliziert nachschauen, wie das Wetter ist oder ob am geplanten Ausflugsziel, etwa der nahegelegenen Chinesischen Mauer, bereits Gedränge herrscht.

Big Data sorgt für eine bessere Vernetzung der Unternehmen aus der Tourismusbranche. So lassen sich beispielsweise Besucherströme erfassen und lenken. Anbietern stellt die Stadt eine komfortable Plattform bereit, die sich für Werbung und E-Ticketing einsetzen lässt. Interaktive Anwendungen sollen Rückmeldungen ermöglichen.

Der Wettbewerb in China wird zunehmend härter, nicht nur zwischen den Unternehmen, sondern auch unter den Metropolen. Mit ihren Investitionen verschaffen sich Yinchuan und Qinhuangdao einen erheblichen Vorteil. Es wird nicht lange dauern, bis auch andere Städte auf diesen Zug aufspringen, um nicht abgehängt zu werden. Smart City wird in China ein gigantisches Geschäft für IT-Unternehmen – Schätzungen gehen für die kommenden zehn Jahre von Gesamtinvestitionen in Höhe von bis zu 300 Milliarden US-Dollar aus. (uma@ct.de)

*ZTE hat die Kosten für Urs Mansmanns Reise nach China übernommen.*



Im Rathaus von Yinchuan werden vor allem die Beamten überwacht.



ZTE betreibt in Qinhuangdao einen eigenen Showroom, um die Vorzüge der Smart City zu präsentieren.



Dušan Živadinović

# Funk-Optimierung

## WLAN im ganzen Haus: die Grundlagen

Die WLAN-Reichweite genügt eigentlich nie wirklich – mal bestreicht der Router den Balkon nicht, mal lässt er die Garage unversorgt. In solchen Fällen kann oft ein Repeater helfen, der das Signal auffrischt. Netzwerker wenden aber zuerst Tricks an, die ohne Geld funktionieren.

Eine unzureichende WLAN-Reichweite sorgt für schlecht oder gar nicht abgedeckte Wohnbereiche. Um selbst die letzte Ecke schnell an das Heimnetz anzubringen, würde man dem ersten Impuls nach zu einem Router mit besseren Antennen oder zu einem Repeater greifen. Beides kostet aber Geld und ist nicht einmal immer erforderlich.

Prüfen Sie zunächst, ob im betreffenden Raum tatsächlich eine Verbindung zum Router erforderlich ist – falls es nur darum geht, ab und zu mal Dateien von einem Gerät zu einem anderen zu übertragen, etwa Fotos von Smartphone zu Smartphone, kann man WLAN auf vielen Geräten auch ohne Router-Verbindung nutzen (WiFi-Direct). Was Sie dafür brauchen, erfahren Sie ab Seite 100.

Falls doch ein Internet-Zugang gebraucht wird, etwa zum gelegentlichen Surfen: Prüfen Sie, ob am schlecht versorgten Punkt WLAN-Hotspots zugänglich sind. Vodafone-Kunden können beispielsweise Zugangspunkte ihres Providers mit wenig Aufwand nutzen (hotspot.vodafone.de), die auch an vielen privaten Kabelanschlüssen aktiviert sind. Gleiches gilt für Angebote von Telekom, Freifunk und anderen.

Im Hotspot haben Sie keinen direkten Zugriff auf Ihr LAN, also auch nicht auf eigene Drucker oder Medienserver, es sei denn, Sie bauen dafür ein VPN auf. Das kann aber je nach Anwendung, die übers VPN genutzt werden soll, einiges an Know-how und Aufwand erfordern und es erhöht gegenüber dem direkten Heimnetz-Zugriff die Latenz.

## Physiker-Trickkiste

Mit dem richtigen Griff in die Trickkiste der Netzplaner und Physiker lässt sich aber die Reichweite eines WLAN oft spürbar verbessern. Dafür braucht man eine halbwegs verlässliche Datenbasis über die Versorgungsgüte am jeweiligen Platz. Einen ersten Eindruck können Sie sich schon mit Bordmitteln verschaffen: Wenn das WLAN hakelt, stellen Sie zunächst sicher, dass Ihr WLAN-Client im richtigen Router eingebucht ist, und kontrollieren Sie die Verbindungsgeschwindigkeit.

Auf Windows finden Sie diese dynamisch aktualisierte Anzeige in der Statusanzeige der WLAN-Verbindung. Öffnen Sie dafür „Systemsteuerung“, „Netzwerk- und Freigabecenter“ und klicken Sie auf „Verbindungen: WLAN“. Auf Macs erhalten Sie die Angabe, wenn Sie bei gedrückter Alt-Taste auf das WLAN-Symbol in der Menüleiste klicken; die Brutto-Datenrate des Routers gibt der Mac unter dem Kürzel „Tx Rate“ an). Vergleichen Sie die WLAN-Datenrate mit der Ihres Internet-Zugangs. Ist das WLAN mindestens so schnell wie der Internet-Downlink, liegt es nicht am WLAN, sondern an der Internet-Leitung.

Ein genaueres Bild über die Leistung Ihres Anschlusses verschaffen Sie sich mit Durchsatzmessungen. Unter speedof.me finden Sie

## WLAN ohne Funkloch

Wege zur Reichweitensteigerung von WLANs	Seite 88
10 WLAN-Repeater stoppen Funklöcher	Seite 92
Ad-hoc-Dateiübertragung und Repeater-Funktion mit WiFi Direct	Seite 100

einen Dienst für Browser. Statt Flash nutzt speedof.me HTML5 zur Datenübertragung. Das Angebot kann man daher auch für Vergleiche zwischen Smartphones, Tablets und PCs nehmen.

## Wo nichts ist ...

Falls dabei herauskommt, dass die Daten schon langsam am DSL-Anschluss ankommen, empfiehlt sich eine Überprüfung Ihres Internet-Tarifs: Welche Geschwindigkeit ist gebucht? Falls die nicht mehr zeitgemäß ist (weniger als 2 MBit/s): Hat ein Anbieter schnellere Angebote? Vergleiche unter Angabe der Ortsnetzvorwahl finden Sie beispielsweise auf [tarifrechner.heise.de](http://tarifrechner.heise.de).

Ist der Anschluss schnell genug, geht es an die Justierung Ihres WLAN-Routers. Viele Router verfolgen die Kanalbelegung der Nachbar-WLANs und nehmen einen anderen Kanal, wenn sich einer mit geringerem Störpegel finden lässt. Falls diese Automatik unbefriedigende Ergebnisse liefert, kann man die meisten WLAN-Router per Hand auf einen bestimmten Kanal festnageln. Die verbreitete Fritzbox bietet einen WLAN-Monitor, der die Belegung der Kanäle visualisiert. Man findet ihn im Menü „WLAN“, „Funkkanal“, wo sich auch die automatische oder manuelle Kanalwahl einstellen lässt.

Im 2,4-GHz-Band können Router mit 11n-Technik 40 MHz breite Kanäle nutzen. Das erhöht aber die gegenseitigen Störungen. Die Router sollen dann zwar selbstständig auf 20 MHz herunterzuschalten, aber in der Praxis klappt das oft nicht. Stellen Sie den Router daher manuell auf 20-MHz-Betrieb ein.

Prüfen Sie, ob in Ihrem Haushalt analoge Audio- und Videobrücken im Einsatz sind. Solche 2,4-GHz-Sender sollte man ausrangieren. Als Ersatz sind Kabelverbindungen grundsätzlich die bessere Wahl. Sie liefern nicht nur höhere Signalqualität, sondern sparen auch Strom. Wenn die Übertragung per Kabel nicht machbar ist: Satteln Sie um auf digitale Brücken. Diese belegen zwar zusätzliche WLAN-Sendezeit, aber Audio- und Videoströme werden in der Regel komprimiert übertragen.

Bluetooth-Audiobrücken zählen zwar zu den besseren Lösungen, aber beide, Bluetooth und WLAN, müssen sich die Kapazität des 2,4-GHz-Bands teilen. Falls Sie gerade vor der Wahl stehen, empfiehlt sich also normalerweise eine WLAN-Audiobrücke. Zu beachten ist, dass WLAN-Audiobrücken eine spürbar höhere Latenz aufweisen als Bluetooth, sodass man sie nicht nutzen kann, wenn es auf lippenasynchrone Wieder-

gabe ankommt, etwa beim Audio-Stream von TV-Programmen zur HiFi-Anlage.


## Router-Einmaleins

Muss doch ein neuer Router her, dann sind Modelle, die simultan im 2,4- und 5-GHz-Band funken, grundsätzlich von Vorteil. 2,4-GHz-Funk überbrückt zwar höhere Distanzen, aber das Band ist schmal und oft überlaufen. Wenn die 5-GHz-Reichweite für die Versorgung Ihrer Wohnung ausreicht, stellen Sie nach Möglichkeit alle Ihre Clients darauf um. Falls Sie vor einer Kaufentscheidung stehen: Halten Sie nach WLAN-Routern Ausschau, die im 5-GHz-Band auch oberhalb des Kanals 48 funken. Nur ein solches Modell kann einem 5-GHz-Nachbar-WLAN überhaupt ausweichen.

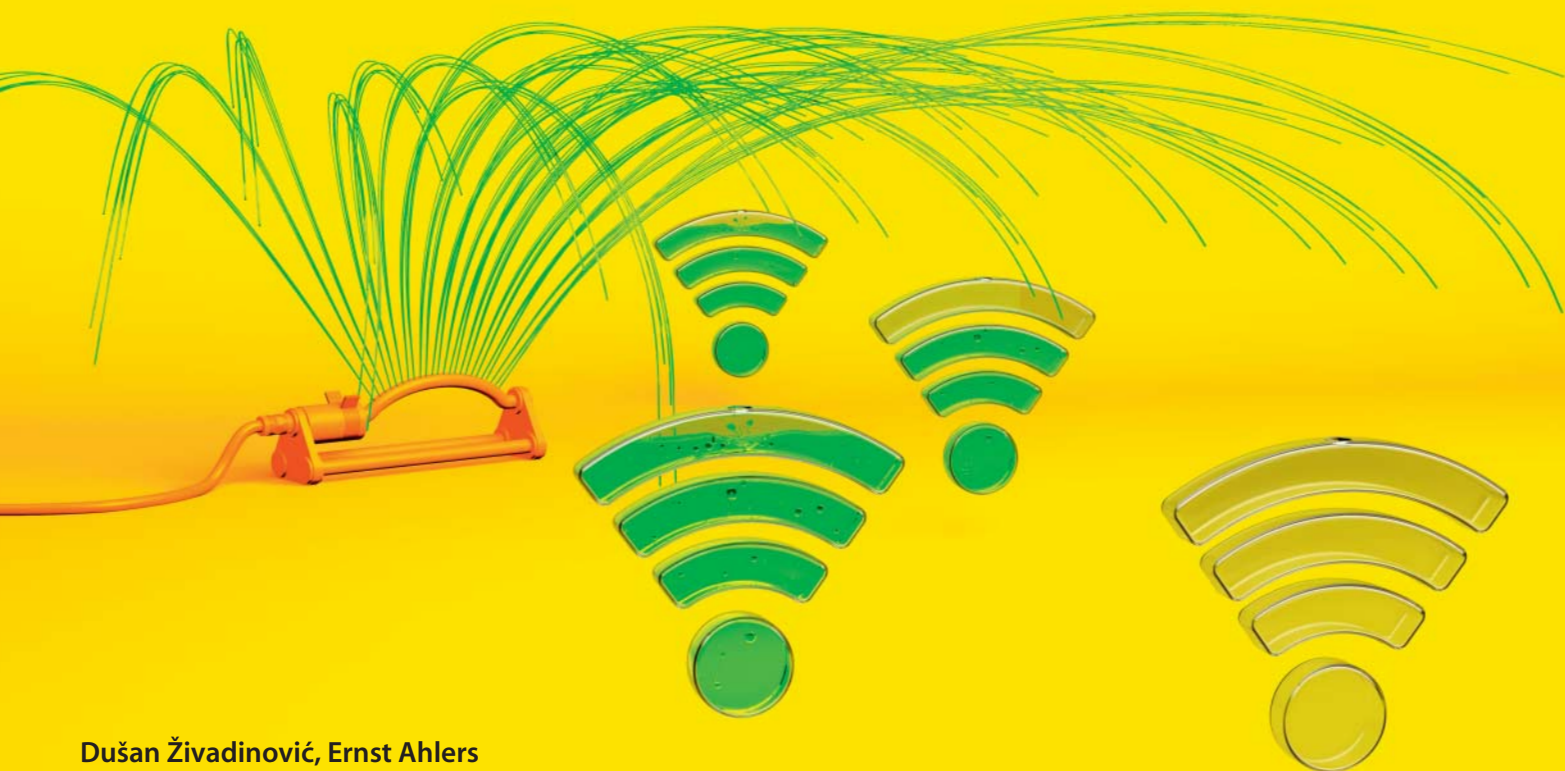
Optimieren Sie schließlich die Position des Routers in der Wohnung und die Antennen-ausrichtung. Stellen Sie ihn also möglichst mittig in der Wohnung auf oder so, dass er die am häufigsten frequentierten Aufenthaltsräume abdeckt. Ein Platz im gut belüfteten Regal ist ein guter Ort. Entfernen Sie dämpfende Gegenstände möglichst aus dem Funkweg (z. B. wasserhaltiges Material, Metalloberflächen, Spiegel, Blumen).

Die Ausrichtung ist um so wichtiger, je größer die Distanz zwischen Client und Router ist. Für eine erste Näherung genügt es, Änderungen der Brutto-Datenrate des Clients in Abhängigkeit von der Antennenausrichtung zu verfolgen; drehen Sie dafür den Router jeweils um 90 Grad, beobachten Sie die Datenrate für ein bis zwei Minuten und nehmen Sie die Ausrichtung, die die beste Bruttodatenrate liefert. Falls mehr als ein Stockwerk abgedeckt werden soll, kann man mit optimierter Antennenneigung die Versorgung ein wenig bessern; normalerweise kommt man aber nicht um zusätzliche Access-Points herum. Die zugehörigen Ausbaustراتيجien beschreiben wir im Beitrag ab Seite 88.

## Hardware-Aufrüstungen

Wenn die Grundoptimierung abgeschlossen ist und die Reichweite weiterhin nicht genügt, muss man dem Problem mit Hardware-Lösungen zu Leibe rücken. In den Beiträgen ab Seite 88 und 92 fassen wir die verschiedenen Möglichkeiten zusammen. So viel lässt sich hier schon sagen: Verlegen Sie wenn möglich Ethernetkabel. Daran lassen sich leicht zusätzliche Access-Points ankoppeln, die per WLAN aufgefangene Daten mit Gigabit-Speed weiterreichen. Erst dann folgen die übrigen Verfahren, also Powerline-Adapter, WLAN-Repeater und andere. (dz@ct.de) 





Dušan Živadinović, Ernst Ahlers

# Drahtloses Expandieren

## Wege zur Reichweitensteigerung von WLANs

**In Router-Nähe ist die WLAN-Welt in Ordnung: Downloads und Uploads sind so schnell erledigt, wie sie der Internet-Anschluss bewältigen kann. Doch in den Nachbarzimmern kommt das Funksignal schwächer an, die Übertragungen sind spürbar langsamer. Es gibt aber etliche Mittel, den Durchsatz zu erhöhen.**

**B**ei der Maximierung der WLAN-Reichweite kann man drei verschiedene Bereiche unterscheiden: das Verbessern des WLAN-Signals, die Senkung des Störpegels und die Beseitigung von Betriebssystem- und Hardware-Problemen. Wir handeln Sie im Weiteren der Reihe nach ab.

Im Start-Beitrag dieses WLAN-Schwerpunkts auf Seite 86 haben wir zusammengefasst, welche Grundvoraussetzungen für eine optimale Reichweite gegeben sein müssen. Dazu zählen einfache Vorkehrungen wie die Wahl eines möglichst störungsfreien Kanals, eine angepasste Antennenausrichtung und die Beseitigung von störenden Gegenständen aus dem Funkweg. Im Prinzip setzt man dabei Grundkenntnisse aus dem Physikunterricht um.

Mit einer groben Vorstellung von Reflexion und Interferenz lässt sich die Optimierung noch ein wenig fortführen, braucht aber mehr Aufwand. Moderne WLAN-Geräte nutzen ein Mehrwegeausbreitungsverfahren (Multiple Input Multiple Output, MIMO), um mehrere räumlich getrennte Datenströme zu

übertragen. Damit das klappt, muss das Funksignal möglichst auf mehreren Wegen zum Ziel reflektiert werden. Das ist in vielen Wohnungen der Fall.

Es gibt aber auch Fälle, in denen Möbel, Wände oder Säulen so ungünstig beschaffen oder aufgestellt sind, dass sie das WLAN-Signal entweder weitgehend schlucken oder ungünstig reflektieren. Das kann in größeren Hallen wie Werkstätten, Galerien, selten auch in Wohnungen vorkommen. In solchen Fällen kann es helfen, zusätzliche Metalloberflächen aufzustellen, die Funkwellen gezielt reflektieren. Doch das lässt sich im Alltag selten umsetzen.

Es muss aber kein Metallschrank sein, großformatige Alu-Dibond-Fotos oder Spiegel genügen schon, je nach Beschichtung tun es auch Schreibtafeln (Whiteboards). Passend aufgestellt, kann man so ein WLAN-Signal sogar um Ecken herumführen und je nach Funkband den Durchsatz sogar verdoppeln [1]. Die Methode eignet sich auch prima, um das Signal in andere Stockwerke zu lenken. Ob ein Material die Funkwellen

spiegelt oder nicht und wie viel es am jeweiligen Platz bringt, müssen Sie mit Messungen ermitteln. Dafür genügen Bordmittel und das Ablesen der Bruttodatenrate am zu versorgenden Platz (siehe Seite 86).

### Raumteiler gegen Nachbar-WLANs

Wer Basteln nicht scheut, kann auch einen Raumteiler mit Doppelfunktion ausprobieren: Die Vorderseite wird als Funkspiegel eingesetzt, der die Signale des eigenen WLAN-Routers in die Wohnung zurückreflektiert, die Rückseite als Dämpfer gegen störende Funkwellen von Nachbar-WLANs. So steigt der Signal-Rausch-Abstand und damit die Datenrate. Als dämpfendes Material eignen sich beispielsweise Insektenschutzgitter oder Fenster- und Türvorhänge mit eingewirkten Metallfäden.

Hinreichende Dämpfung können Sie erwarten, wenn der Durchmesser der Maschen weniger als ein Zehntel der Wellenlänge des zu dämpfenden Signals beträgt. Um ein 2,4-GHz-Signal zu dämpfen, sollte die Maschen-



weite weniger als 1,3 Zentimeter betragen. Beide Bänder, 2,4 und 5 GHz, können Sie dämpfen, indem Sie zwei Lagen übereinander legen. Vielleicht haben Sie aber auch Glück und Ihre Wohnung ist bereits hinreichend mittels metallbedampfter Scheiben und Wandtapeten abgeschirmt – dann ist in der Wohnung aber nicht nur der Störpegel von benachbarten WLANs geringer, sondern auch die Mobilfunkversorgung schwächer.

Eine gezielte Gestaltung der Funkumgebung kann auch gegen das lästige Phänomen der Sticky Clients helfen. Damit sind WLAN-Clients gemeint, die bei mobilem Einsatz innerhalb einer WLAN-Infrastruktur zu lange bei der zuletzt ausgesuchten WLAN-Basis angemeldet bleiben (Access Point, AP), obwohl andere APs näher sind und bessere Signalqualität liefern. Ein passend aufgestellter Raumteiler mit Schirmdämpfern auf beiden Seiten könnte also eine geeignete Scheide für zwei nah benachbarte Funkblasen bilden.

Davon abgesehen kann man nicht viel tun, um die Beweglichkeit eines Clients zu fördern. Zu den bekannten, aber wenig beliebten Maßnahmen zählen das Drosseln der Sendeleistung des AP, an dem ein Client gern hängt, und Erhöhung der Distanz zwischen den APs. Beides verschlechtert die Versorgung an den überlappenden Bereichen der beiden Funkblasen, was sich durch niedrigere Geschwindigkeit bemerkbar macht. Oft hilft das dennoch nicht, der Client bleibt lieber beim Ausgangs-AP kleben.

Zuverlässig funktioniert allein das manuelle Handover. Dafür bekommt jeder AP eine andere SSID, sodass man sie auseinanderhalten kann. Dann bucht man den Client im Bedarfsfall per Hand um. Das ist nicht aufwendig, aber kommt nicht infrage, wenn man Streaming-Dienste wie VoIP beim Gang durch das Gebäude nutzen will.

## WLAN-Ausbau

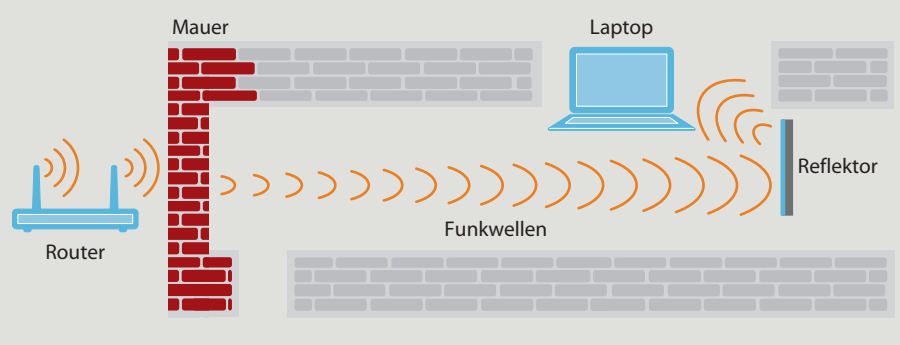
Wenn die Maßnahmen zur Gestaltung der Funkumgebung ausgeschöpft, die Funklöcher aber noch nicht gestopft sind, kommt man um die Installation zusätzlicher Access Points nicht herum. Zur Anbindung der APs eignen sich Ethernet-Kabel, Powerline, Telefonzweidrahtleitungen und WLAN-Repeater, wobei Ethernet der Königsweg ist – damit bringen Sie die per WLAN aufgefangenen Client-Daten mit Gigabit-Geschwindigkeit zum Router.

Moderne Powerline-Adapter sind zwar ebenfalls attraktiv, weil sich damit eine vorhandene Kabelinfrastruktur mit wenig Aufwand nutzen lässt, aber Gigabit-Niveau erreicht diese Geräteklasse allenfalls auf kurzen Strecken und wenn die Stromleitungen nur gering gestört sind. Zudem braucht man am Router ein weiteres Modul für den Empfang der Daten, was die Anschaffungs- und Stromkosten erhöht.

Wenn Powerline ausscheidet, kommen am ehesten Repeater in Betracht. Diese Geräte nehmen das WLAN-Signal eines Routers

## Funkwege lenken

Übliches Mobiliar, etwa einen Spiegel, kann man bei geschickter Aufstellung dazu nutzen, um die WLAN-Ausleuchtung unauffällig und ohne zusätzliche Elektronik zu verbessern.



auf und geben es aufgefrischt weiter. Die einfachen Varianten nutzen ein Funkband zum Empfangen und zum Weiterleiten; die Daten belegen das Funkmedium also doppelt. Bessere Repeater setzen die Daten über das zweite Funkband ab, während auf dem ersten bereits neue Daten eingehen, und liefern daher rund doppelt so hohen Durchsatz. Im Beitrag ab Seite 92 haben wir die Testergebnisse von zehn aktuellen Kandidaten zusammengefasst.

Möglicherweise haben Sie aber in Ihrem Fundus noch einen ausrangierten Router, der sich im Repeater-Modus betreiben lässt. Fritzboxen mit eingebauter Tk-Anlage eignen sich besonders gut dafür, weil sich mit einem solchen Gerät auch das DECT-Signal der Telefonanlage aufgefrischt weiterreichen lässt.

Es gibt auch Gebäude, in denen sich keine Ethernet-Kabel verlegen lassen und sowohl Powerline als auch Repeater zu niedrige Datenraten liefern. Falls dort aber eine Zweidrahtverkabelung liegt (vulgo Telefonkabel), können Sie sich mit VDSL-Modems für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen behelfen. Damit lassen sich auf Strecken um die 100 Meter immerhin Geschwindigkeiten auf Fast-Ethernet-Niveau erzielen. Das ist aber teuer: Das Modem-Pärchen gibt es ab rund 200 Euro, dazu kommt noch der AP. VDSL-Modems für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen haben zum Beispiel

Allnet (ALL126AM2), Kraftcom (TeINET TV-C1 und TV-E1) oder auch Zyxel (P-871M) im Lieferprogramm.

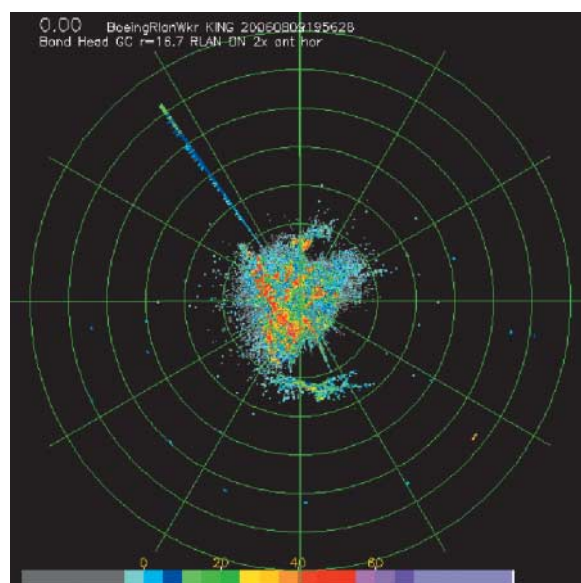
## Funklöcher in Firmen

Die Taktiken, um Funklöcher ohne zusätzliche Hardware zu stopfen, lassen sich prinzipiell auch in Firmengebäuden umsetzen. Doch hier ist es in der Regel sinnvoller und auch kostengünstiger, einen zusätzlichen Access Point aufzustellen, wo die Versorgung zu schwach ist. Denn in Firmen gibt es meist eine Ethernet-Infrastruktur, das Netz ist per Kabel also schon dort, wo man es für die Anbindung von APs braucht.

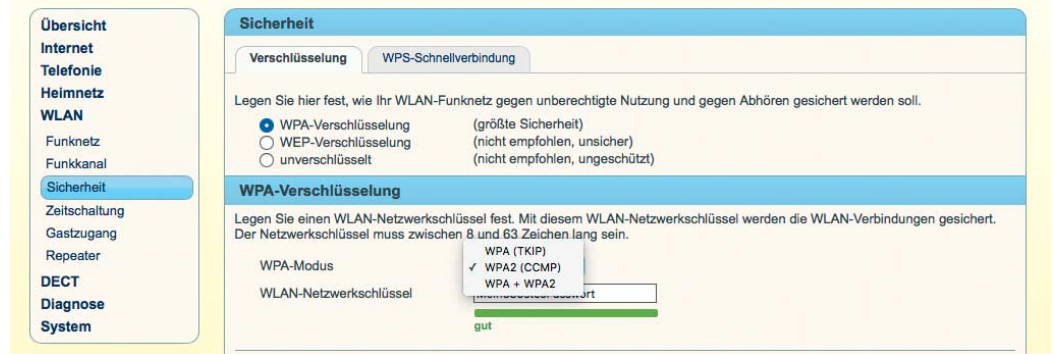
Wenn es in Ihrem Unternehmen schon WLAN älterer Bauart gibt, dann kaufen Sie keine veraltete Technik nach, sondern setzen Sie im Funkloch gleich einen modernen AP ein. Das ist heute ein Gerät mit zwei Funkmodulen: 2- oder 3-Stream-MIMO-WLAN nach IEEE 802.11n versorgt im 2,4-GHz-Band ältere Clients mit bis zu 300 oder 450 MBit/s brutto.

Fürs 5-GHz-WLAN setzen Sie auf das inzwischen etablierte IEEE 802.11ac mit drei MIMO-Streams für maximal 1300 MBit/s brutto. Auch

**Keine Fehlfunktion, sondern Absicht: Wenn Router im 5-GHz-Band oberhalb des Kanals 48 funken, müssen sie Militär- oder Wetterradaren ausweichen. Andernfalls produzieren sie im Radarsystem Speichen wie diese, also Fehlinformationen.**



**WLAN-Router sollte man nach Möglichkeit mit dem modernen WPA2-Verschlüsselungsverfahren betreiben. Beim älteren WPA kann auch versehentlich die bremsende TKIP-Chiffre eingeschaltet sein.**



wenn die meisten Clients heute nur mit zwei MIMO-Streams arbeiten, ist die dritte Antenne am AP nicht verschenkt: Sie erzeugt für 2-Stream-Clients ein Stützsinal, das den Nettodurchsatz um rund 20 Prozent steigert.

Manche Ausrüster haben bereits 11ac gemäß Wave 2 im Lieferprogramm, das extrabreite Funkkanäle (160 MHz) und Multi-User-MIMO bringt [2]. Gegenüber Wave 1 sind solche Geräte deutlich teurer. Clients, die beide Optionen verstehen, sind heute noch rar.

## WLAN schneller als LAN

Mit 11ac Wave 2 könnten Sie sogar gezwungen sein, Ihre Ethernet-Infrastruktur zu modernisieren: Schon bei Wave 1 kann ein flotter Client eine Gigabit-Ethernet-Strecke mit einem Nettodurchsatz von bis zu 700 MBit/s fast ausreizen. Die 160-MHz-Option von Wave 2 verdoppelt das und würde Gigabit-Ethernet überfordern. Zwar kann man per Link Aggregation zwei Ethernet-Ports parallel schalten, um den Summendurchsatz im LAN zu verdoppeln. Aber dafür braucht man eben auch zwei Kabel zum AP-Standort und einen AP, der das ebenfalls beherrscht.

Mit 10GBase-T gibt es seit Längerem einen zehnfach schnelleren Standard für Ethernet über Kupferkabel [3], doch sind

Switches dafür noch viel teurer als bei Gigabit-Ethernet. Bei Access Points ist 10GBase-T zurzeit unüblich. Schließlich sind 10GBase-T-Ports mit 2 bis 3 Watt Leistungsbedarf noch spürbar energiehungriger als Gigabit-Ethernet (typisch <0,5 Watt).

Deshalb arbeitet das (W)LAN-Normungsgremium des IEEE bereits daran, Geschwindigkeitsstufen zwischen 1 und 10 GBit/s über herkömmliche Verkabelung zu senden. Geplant sind 2,5 und 5 GBit/s (IEEE 802.3bz). Mit viel Glück ist der Standard schon Ende 2016 fertig, wahrscheinlicher aber erst Ende 2017. Kompatible Hardware wird wohl erst 2018 verbreitet und damit erschwinglich sein. Dann können Sie zwar die vorhandene Verkabelung weiter nutzen, müssen aber trotzdem in neue Switches und APs investieren.

So dürfte das Aufrüsten des WLAN mit 11ac Wave 2 erst mittelfristig attraktiv werden. Wer heute schnelleres Firmen-WLAN braucht, ist bis dahin mit 11ac Wave 1 gut beraten.

## Messen und sparen

Ganz gleich, für welche der Aufrüstungen Sie sich entscheiden: Je mehr Räume Sie abdecken wollen, desto wichtiger ist es, vor der Anschaffung die aktuelle WLAN-Abdeckung gründlich zu messen. Wenn Sie die Lage und

Ausdehnung der Funkschatten kennen, lässt sich die Anzahl der erforderlichen Repeater oder Access Points besser planen.

Grundsätzlich gilt eine Fläche als gut abgedeckt, wenn ein zusätzlicher AP oder Repeater so steht, dass er und die Ausgangsbasis an den Schnittpunkten der Funkblasen etwa die Hälfte der Maximaldatenraten liefern. Dann überlappen die Funkblasen ausreichend. Bei größeren Abständen riskiert man eine für schnelles Internet zu geringe Bruttodatenrate, und Übertragungen im LAN sind langsamer als möglich.

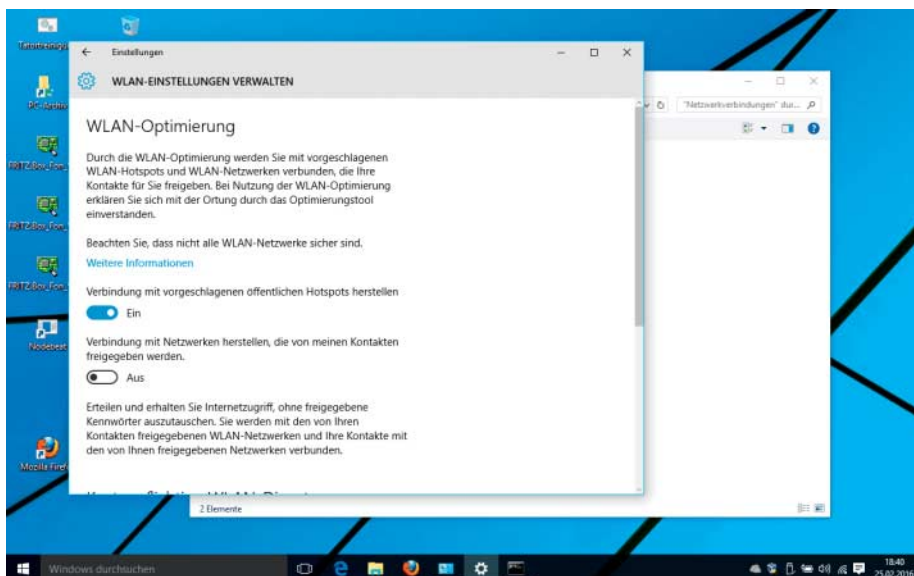
Es gibt etliche Programme, mittels derer man die Empfangsleistung mit einem WLAN-Client messen kann. Dazu gehören die Free-ware-Tools Wireless Netview und Ekahau Heatmapper (siehe c't-Link am Ende des Beitrags). Netview zeigt den aktuellen Empfangspegel sowie einen über die Zeit gemittelten Wert an. Genauere Daten liefert der Ekahau Heatmapper; die punktuell gemessenen Werte kann man auf einem Grundriss oder einer Skizze der Wohnung eintragen.

Die Messungen und die darauf basierenden WLAN-Netzpläne sind oft hinfällig, wenn später Trennwände oder Positionen von funkbeeinflussenden Möbeln geändert werden (Kühlschränke etwa). Auch nachträglich aufgestellte Schreibtische können in ungünstigen Fällen die Versorgung einzelner Räume abschwächen oder das Handover zwischen einzelnen WLAN-Access-Points behindern.

## Sporadische Funkaussetzer

Repeater lassen sich in den meisten Fällen leicht aufstellen und nach der Inbetriebnahme muss man sich meist nicht mehr um sie kümmern. Es kommt aber vor, dass die WLAN-Versorgung sporadisch ausfällt, und zwar, wenn das WLAN-Gerät im 5-GHz-Band auf einem Kanal zwischen 52 und 140 funkt.

Wenn es dort das Signal eines Wetter- oder Militärradars empfängt, muss es vorübergehend den Funkbetrieb einstellen und einen freien Kanal suchen (DFC, Dynamic



**Sprachpanscher:** Microsoft hat sich zwar eine hilfreiche Funktion zur kontrollierten Weitergabe von WLAN-Kennungen ausgedacht, diese aber irreführend „WLAN-Optimierung“ genannt.

Frequency Selection). Dagegen kann man wenig bis nichts ausrichten – vielleicht lässt sich die Zahl der Ausfälle reduzieren, wenn Sie Ihren 5-GHz-WLAN-Router oder Repeater in den Funkschatten von signaldämpfenden Wänden bringen.

Ob ein Router seinen 5-GHz-Betrieb wegen eines Radars ausgesetzt hatte, sollte er zumindest im Ereignisprotokoll anzeigen. Fritzboxen führen solche Vorkommnisse im Menü „System“, „Ereignisse“, „WLAN“ auf („Radarerkenkung, DFS-Wartezeit, durch Kanalbelegung ausgelöst, 5-GHz-Band temporär nicht nutzbar“). Zusätzlich blinkt die WLAN-LED während der festgelegten Frist. Geräte, die mit der Fritzbox verbunden sind, wechseln automatisch auf den neuen Kanal.

Wenn sich an Ihrem Standort so viele WLANs auf demselben Frequenzband drängen, dass sich kein freier Kanal finden lässt, sollten Sie Ihren Access Point auf den gleichen Kanal einstellen wie das Nachbar-WLAN mit dem stärksten Signal. Dabei koordinieren die beiden Geräte ihre Sendezeitpunkte mittels der Distributed Coordination Function (DCF). Unterm Strich steigt so der Durchsatz.

## Bremsende Schlüssel

Manche WLAN-Verbindungen kommen trotz augenscheinlich korrekter Einstellungen und bei geringem Störpegel nicht über eine Bruttoreate von 54 MBit/s hinaus. Das liegt vermutlich daran, dass Sie im WLAN-Router WPA (WiFi Protected Access) mit der veralteten Chiffretechnik TKIP einsetzen (Temporal Key Integrity Protocol). Aufschluss darüber erhalten Sie über die WLAN-Einstellungen Ihres Routers. Alternativ geben auch Tools wie Wifi Infoview Auskunft darüber.

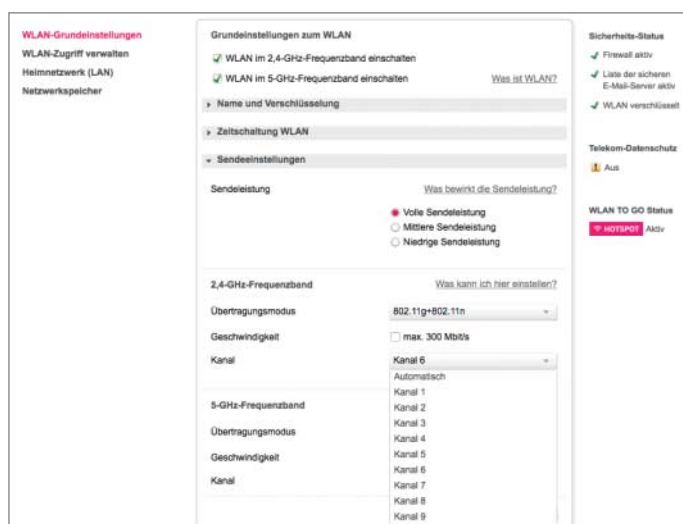
Schalten Sie wenn möglich auf WPA2 mit der AES-Chiffre um. Alle WLAN-Geräte, die für den 802.11n-Betrieb ausgelegt sind, eignen sich für die AES-Verschlüsselung. Falls Sie ältere WLAN-Geräte nutzen, die nur TKIP beherrschen, und diese nicht ausrangieren können, kann es hilfreich sein, diese über ein separates Funkband oder einen eigenen AP zu versorgen.

Nach der Änderung des Verschlüsselungsverfahrens im Router sollten Sie gleich auch die WLAN-Verbindung der Clients prüfen. Nicht alle stellen sich automatisch darauf um. Am einfachsten ist es dann, den jeweiligen Eintrag zu löschen und den Client neu mit dem Router zu verbinden. Auf Windows lässt sich die Verschlüsselung in den Eigenschaften des WLAN-Geräts im Bereich „Sicherheit“ ändern.

## Windows-10-Optimierung

Microsoft hat in Windows 10 eine Funktion eingeführt, die die Firma „WLAN-Optimierung“ nennt – deshalb gehen wir im Rahmen dieses Artikels auch darauf ein, obwohl die Funktion genau besehen weder Geschwindigkeit noch Reichweite optimiert. Damit lassen sich WLAN-Passwörter kontrolliert an in

**Einige WLAN-Adapter sind nicht für die in Europa und Japan zulässigen Kanäle 12 und 13 ausgelegt. Bessere Router kann man so einstellen, dass sie solche Kanäle selbstständig meiden. Wenn das nicht geht, schaltet man sie per Hand auf einen der Kanäle darunter.**



der Adressdatenbank eingetragene Kontakte weiterreichen. Nutzt man Microsofts Voreinstellungen, ist diese Funktion aktiviert; manche Nutzer kennen Sie von Windows-Phone-Geräten.

Dabei werden Passwörter nicht automatisch weitergegeben; man muss zuvor für jedes gewünschte WLAN das zugehörige Passwort eintragen und für eine oder mehrere Kontaktgruppen freigeben. Das kann hilfreich sein, wenn Sie Gäste mit Windows-Phone- und Windows-10-Geräten erwarten – für Gäste mit anderen Clients kommen Sie nicht um die Einrichtung eines üblichen Gäste-WLAN und manuelle Weitergabe des zugehörigen Passworts herum.

Bei Microsofts Dienst wird das freigegebene Passwort verschlüsselt an die Windows-Geräte der Kontakte übertragen, aber nicht angezeigt. So kann es nicht beliebig weitergegeben werden. Ist die Fete vorbei, lässt sich die Freigabe blockieren. Umgekehrt erhält man selbst Zugriff auf die WLANs, die die eigenen Kontakte freigegeben haben.

Die Freigabe kann man beim ersten Zugang zu einem neuen WLAN erteilen; dafür blendet Windows 10 unter dem Feld für die Passwordeingabe die Option „Netzwerk für Kontakte freigeben“ ein.

Die Verwaltung der WLAN, an die sich Windows bereits angemeldet hat, finden Sie im Menü „Einstellungen“, „Netzwerk und Internet“, „WLAN“, „WLAN-Einstellungen verwalten“, „Bekannte Netzwerke verwalten“. Wenn dort Einträge vorhanden sind, kann man mit einem Klick darauf den Dialog zur Verwaltung öffnen und Freigaben nach Bedarf aktivieren oder zurücknehmen. Wenn Sie sie zurücknehmen, empfiehlt es sich, zusätzlich die SSID oder das Passwort des betreffenden WLAN zu ändern, denn es können einige Tage ins Land ziehen, bis Microsoft die Änderungen weitergibt.

Man sollte die Funktion nur dosiert einsetzen, weil bei einem Versehen leicht auch der Zugang zu einem vertraulichen WLAN geöffnet werden kann. Man kann die Gefahr immerhin ein wenig reduzieren, indem man die SSID eines vertraulichen WLAN mit „\_optout“

ergänzt, also zum Beispiel Heise.de\_optout. Ein solches WLAN ist dann in Windows 10 und Windows Phone von der Freigabe ausgeschlossen.

Zum kompletten Abschalten der Funktion öffnen Sie „Einstellungen“, „Netzwerk und Internet“, „WLAN“, „WLAN-Einstellungen verwalten“ und schalten Sie die Option „Verbindung mit Netzwerken herstellen, die von meinen Kontakten freigegeben werden“ aus.

## WLAN-Leiden kurieren

Falls Sie Ihren WLAN-Router im 2,4-GHz-Band auf Kanal 12 oder 13 betreiben, können ihn nicht alle WLAN-Adapter finden. Es sind nämlich nicht alle WLAN-Adapter für die nur in Europa und Japan zugelassenen Kanäle oberhalb 11 ausgelegt. In diesem Fall ist Abhilfe einfach: Stellen Sie den WLAN-Router auf manuelle Kanalwahl um und auf einen Kanal darunter ein. Bessere Router lassen sich so einstellen, dass sie auch bei automatischer Kanalwahl die beiden Kanäle selbstständig meiden.

In manchen Fällen erkennen WLAN-Adapter nach dem Aufrüsten auf Windows 10 anscheinend keine Funknetze mehr. Das Problem können Netzwerkfiltertreiber älterer VPN-Programme von Cisco und SonicWall verursachen (Deterministic Network Enhancer). Microsoft beschreibt das Problem auf seinen Support-Seiten und führt dort auch eine Lösung auf (siehe c't-Link), bei der ein fehlerhafter Registry-Eintrag und die Netzwerk-konfiguration korrigiert werden. (dz@ct.de)

## Literatur

- [1] Dušan Živadinović, Gehüpft und gesprungen, Wie die Umgebung den WLAN-Empfang beeinflusst, c't 4/12, S. 104
- [2] Ernst Ahlers, Schlauer funken, Linksys EA8500: Erster WLAN-Router mit MU-MIMO-Beschleunigung, c't 23/15, S. 114
- [3] Ernst Ahlers, Ethernet extra flott, 10-Gigabit-Ethernet im Praxistest, c't 17/14, S. 144

**ct** Messtools und Troubleshooting-Link:  
[ct.de/ympp](http://ct.de/ympp)





Ernst Ahlers, Lutz Labs

# Netzerweiterung

## Zehn WLAN-Repeater stopfen Funklöcher

Repeater oder Range Extender dehnen die Funkabdeckung des heimischen WLAN-Routers im Handumdrehen aus: Einstecken, per Tastendruck mit dem Router koppeln, fertig – zumindest im Prinzip. Damit die Reichweitenerhöhung so einfach klappt, muss man aber auf Feinheiten achten, die nicht immer im Datenblatt stehen. Wir haben zehn Repeatern für modernes Dualband-WLAN hinter die Antennen geguckt. Fast die Hälfte scheiterte schon an einer alltäglichen Anforderung fürs 5-GHz-Funkband.

Seit einigen Jahren verbreiten sich WLAN-Router als Internetzugangsgерäte, die gleichzeitig in den beiden Funkbändern 2,4 und 5 GHz senden. Damit kann man durch Umverteilen der Clients das überlaufene und deshalb störungsanfällige 2,4-GHz-Band entlasten. WLAN reicht im noch weitgehend freien 5-GHz-Bereich zwar nicht so weit wie

bei der niedrigeren Frequenz, funkt dort aber nach dem aktuell schnellsten WLAN-Standard IEEE 802.11ac deutlich flotter als mit 802.11n im angestammten 2,4-GHz-Band. Die höhere 11ac-Maximalrate von bis zu 1300 MBit/s brutto kommt allen Clients zugute, weil die schnellen weniger Sendezeit für ihre Datenübertragungen brauchen und

so das geteilte Übertragungsmedium Funk eher wieder freigeben.

Wir haben uns zehn Dualband-Repeater für modernes WLAN beschafft und ausprobiert, wie flott sie Daten weiterleiten, ob sie mit dem sich weiter verbreitenden Internet-Protokoll Version 6 (IPv6) klarkommen und Multicast-IPTV (Telekom Entertain, 1&1



IPTV) so weitergeben, dass das Bild auf Mobilgeräten genießbar ist. Die Spanne der Prüflinge reicht vom Billigangebot für 35 Euro (Edimax EW-7438AC) bis zum 100 Euro teureren Edel-Repeater (Netgear EX7000). Dabei stellte sich – wenig überraschend – heraus, dass mehr Geld auch mehr Performance bringt.

Genügte es bisher, bei der Anschaffung eines Repeaters darauf zu achten, dass er geschwindigkeitsmäßig zum Router passt, gilt es nun, weitere Merkmale zu berücksichtigen: Funkt der Router in zwei Bändern gleichzeitig (Simultan-Dualband), dann sollte das auch der Repeater tun.

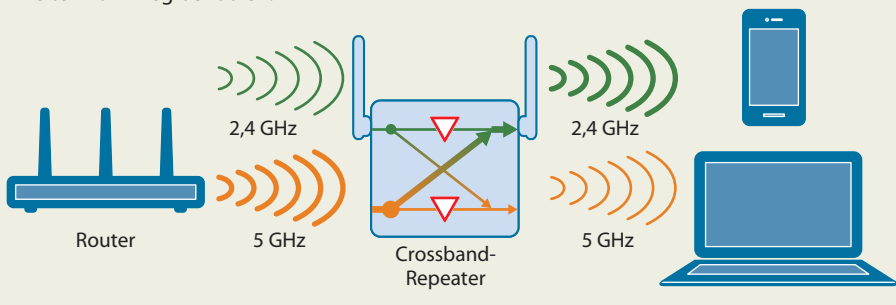
Bevor sie es auf demselben Funkkanal wieder aussenden dürfen, müssen Repeater ein Datenpaket erst komplett vom Router empfangen haben. Denn gleichzeitiges Senden und Empfangen auf derselben Frequenz klappt (noch) nicht. So belegt dasselbe Datenpaket bei simplen Range Extendern das Shared Medium Funkkanal zweimal, was den Summendurchsatz drückt (Repeater-Effekt). Das gilt prinzipiell auch bei Dualband-Repeatern.

Diese Hürde lässt sich aber umschiffen, wenn ein Dualband-Repeater beim Weiterleiten der Daten en passant das Funkband wechselt (Crossband): Sendet der Router ein Paket im 5-GHz-Band an den Repeater, kann der es auf 2,4 GHz fast unverzüglich an den Client weiterreichen. Denn durch die Frequenztrennung besteht ein zweiter, unabhängiger Funkweg. Wenn sonst im WLAN nichts los ist, kann dieser Trick mal eben den Nutzdurchsatz verdoppeln [1].

Das Ganze funktioniert natürlich auch in Gegenrichtung (Client sendet an Router) und mit vertauschten Funkbändern. Voraussetzung dafür ist aber, dass der Repeater Crossband beherrscht und optimalerweise eine Verbindung in beiden Bändern zum Router hält. Dann profitieren alle mit dem Repeater verbundenen Clients, gleich ob sie auf 2,4 oder auf 5 GHz funken.

## Crossband-Repeater

Herkömmliche WLAN-Repeater können ein Datenpaket erst dann vom Router zum Client weiterleiten, wenn der Funkkanal wieder frei ist. Weil das Paket so zweimal auf demselben Funkkanal läuft, leidet der Durchsatz. Crossband-Repeater reichen die Daten dagegen fast unverzüglich durch, weil sie das Frequenzband wechseln und so einen zweiten Funkweg benutzen.



## Ab Werk defekt

Im 5-GHz-Band dürfen WLAN-Geräte hierzulande die Kanäle 36 bis 140 benutzen. Moderne Router wie Fritzboxen, Speedports oder Airport Extreme wechseln regelmäßig auf hohe Kanäle ab 52, um Nachbar-WLANs auszuweichen, die ohne DFS (Dynamic Frequency Selection) nur auf den unteren Kanälen 36 bis 48 funken dürfen. Beim modernen 11ac-WLAN belegt das 80 MHz breite Funk-signal auch gleich diesen ganzen Block aus den vier 20-MHz-Kanälen 36, 40, 44 und 48.

Suchen die Repeater das Stamm-WLAN nur dort unten, dann bekommen sie keine Verbindung zu einem Router, der sich auf einen hohen Kanal gesetzt hat. Leider gibt es auch WLAN-Adapter mit dieser Macke. Solche Geräte muss man als „defekt ab Werk“ betrachten, denn genau so wirken sie auf den arglosen Käufer. Deshalb fallen die Repeater von D-Link, Linksys (Belkin), Sitecom und sogar der teure Netgear-Bolide in diesem Test als alltagsuntauglich durch. Sie wurden mit einer Abwertung bei der Note für Funktionen bedacht.

Ein „Gut“ für Funktionen haben wir den Repeatern gegeben, die drei nützliche Dinge mitbringen: Sie sollten WLAN-Clients per WPS-Tastendruck anbinden können, Multicast-IPTV störungsfrei weiterleiten [2] und auch mehrere LAN-Hosts über einen zwischengeschalteten Switch über ihren Ethernet-Port ins Netz einbinden können.

Eine weitere Nützlichkeit ist der Betrieb als Access Point: Gibt es im Funkloch ein LAN-Kabel, das zum Router führt, dann schließt man dort den Repeater an und stellt ihn auf den AP-Modus um. Das Gerät wird damit zur zusätzlichen WLAN-Basis, die auf anderen Funkkanälen arbeitet als der Router. So entsteht mehr Kapazität für alle.

## WLAN vermessen

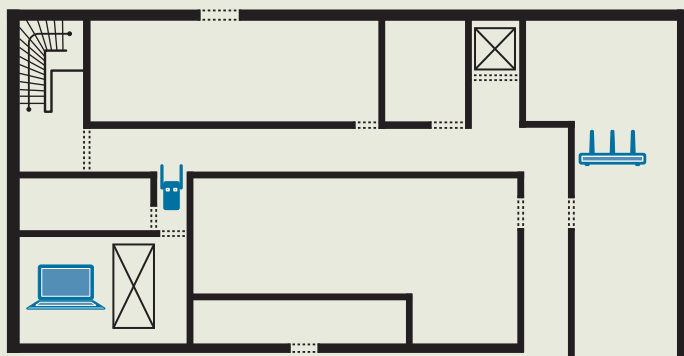
Was die Repeater beim Weiterleiten von Daten zu leisten vermögen, haben wir im Keller des Verlagsgebäudes erprobt, wo keine fremden WLANs stören. Damit sind die Ergebnisse zwar nicht auf Ihre Funkumgebung übertragbar, aber untereinander vergleichbar. Als Basis diente ein WLAN-Router Asus RT-AC66U. Den WLAN-Client bildete ein MacBook Pro. Es ist zurzeit das einzige Notebook, das mit integriertem 3-Stream-WLAN bis zu 1300 MBit/s brutto im 5-GHz-Band schafft und so dem RT-AC66U ebenbürtig ist.

Zwischen diesen voneinander 26 Meter ohne Sicht entfernten Enden musste der 20 Meter vom Router entfernte Prüfling die Verbindung herstellen. Dann maßen wir mit iperf3, welcher Nettodurchsatz in verschiedenen Konstellationen in Downstream-Richtung, also von der Basis zum Client floss.

Die Sameband-Ergebnisse zeigen die Performance im regulären Repeater-Betrieb, bei dem die Daten im selben Funkband weitergeleitet werden. Durch Abschalten eines Router-Funkmoduls erzwangen wir Crossband-Betrieb, wo der Repeater die Daten im jeweils anderen Funkband zum Client weiterleitet. Schließlich maßen wir auch, welchen Durchsatz ein an den LAN-Port des Repeaters angeschlossener Client bekommt.

## WLAN-Messstrecke

Im Redaktionskeller stören keine fremden WLANs die Durchsatzmessungen. Der Repeater steht dort, wo sonst Notebooks, Tablets und Smartphones beweisen müssen, wie gut sie sich über 20 Meter durch Wände mit einem WLAN-Router Asus RT-AC66 verstehen. Als Client dient, 6 Meter ohne Sicht weiter weg, ein MacBook Pro.





**Asus RP-AC56:** Stromstecker drehbar, streamt per DLNA auf Audioausgang, durchschnittliche WLAN-Leistung



**AVM Fritz!WLAN Repeater 1750E:** versteht sich am besten mit Fritzboxen, gute Performance und niedriger Energiebedarf



**D-Link DAP-1620:** per IPv6 ansprechbar, durchschnittliche WLAN-Performance, eingeschränkt 5-GHz-tauglich

Weil die Hersteller ihre Repeater mal mit Schmalband-WLAN (n-300 mit 2 Streams auf 2,4 GHz, ac-433 mit nur einem Stream auf 5 GHz) ausgestattet haben und mal mit 3-Stream-Modulen in beiden Bändern (n-450/ac-1300), streuen die Ergebnisse deutlich. Dennoch haben wir sie über den gleichen Kamm geschoren: Wenn im Sameband-Betrieb im ungünstigeren Fall weniger als 25 MBit/s beim Client ankamen, werteten wir das als „Schlecht“, ab 50 MBit/s gab es eine gute Note. Die Schwellen orientieren sich am maximalen Durchsatz, den man aus heute verbreiteten VDSL-Internetanschlüssen bekommt. Für den Crossband-Betrieb, der prinzipiell schneller arbeitet, haben wir die Notenschwellen um 25 MBit/s angehoben.

Wie die WLAN-Performance variierte auch die im Ruhezustand gemessene Leistungsaufnahme stark, die maßgeblich die Energiekosten bestimmt. Repeater, die mit weniger als 3 Watt auskamen, bekamen die Note „Gut“. Ab 6 Watt gab es eine schlechte Note. Denn verbreitete Router wie Fritzboxen oder Speedports brauchen trotz weit mehr Funktionen mit 8 bis 9 Watt auch nicht viel mehr Leistung. Da sollte ein Repeater, der ja weniger Aufgaben hat, deutlich drunter liegen.

## Besonderes und Eigenartiges

Der **Asus RP-AC56** wartet mit zwei Besonderheiten auf: Das Gerät besitzt einen analogen Audioausgang, über den es DLNA- und iTunes-Streams ausgibt, die nachgeschaltete Aktivboxen hörbar machen. Der Stromstecker ist um 90 Grad drehbar, was den Repeater flexibler platzierbar macht.

**AVMs Fritz!WLAN Repeater 1750E** ist auf das Fritzbox-Ökosystem ausgerichtet. Der Repeater übernimmt beim Koppeln über die WPS-Taste automatisch auch die Einstellungen für Gastnetze und WLAN-Zeitsteuerung, wenn er eine Fritzbox vorfindet. Für die WLAN-Messungen ließ sich kein Crossband-Betrieb erzwingen: Beim Abschalten des 2,4-GHz-Router-WLAN gingen keine Daten mehr über das 2,4er-WLAN des Repeaters, entsprechend mit 5 GHz. Blieben beide Router-WLANs aktiv, ergaben sich aber keine nennenswerten Durchsatzunterschiede zwischen den Repeater-Einstellungen Automatik, Crossband und Sameband. Laut AVM liegt das am 20-MHz-Betrieb unseres Testrouters im 2,4-GHz-Band. Dieser Flaschenhals habe den Durchsatz begrenzt, sodass keine Unterschiede zu sehen waren.

Gibt es im WLAN des Routers IPv6, dann setzt sich der **D-Link DAP-1620** auf Wunsch auch eine IPv6-Adresse und ist darüber per Browser konfigurierbar. Das Testmuster konnte sich aber nur auf einem Funkband mit dem Router verbinden, auch wenn der beide anbot. Crossband-Repeating ist damit wie bei den Geräten von Asus, Netgear und Trendnet immer nur für ein abgehendes Funkband möglich und man muss festlegen, welche Clients profitieren dürfen.

## Unerwünschte Gäste

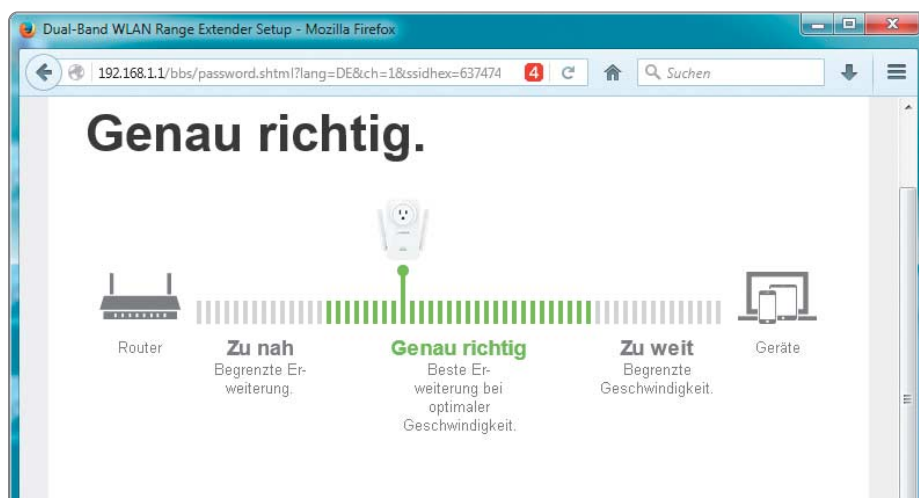
Mit dem Ein-Schalter am **Edimax EW-7438AC** kann man auch wählen, ob der Repeater mit voller oder auf ein Viertel reduzierter Sendeleistung arbeiten soll. Wer das Gerät darüber schlafen legt, sollte beim Wiedereinschalten darauf achten, ihn wieder auf maximale Sendeleistung zu stellen. Sonst kommt die Verbindung zum Router entweder nicht mehr zustande oder ist langsamer als vorher. Zwar bot der EW-7438AC Gastnetze an, aber diese waren nur am Repeater vom Stammnetz getrennt: Gäste am Repeater konnten Hosts im (W)LAN des Routers durchaus erreichen. Lassen Sie diese Funktion deshalb lieber ausgeschaltet.

Wer sich nicht darauf verlassen will, dass die Crossband-Automatik im **Linksys RE6700** stets die optimale Lösung findet, kann die Funktion an diesem Gerät sehr detailliert vorgeben, nämlich getrennt für den Router-Link und die vom Repeater abgehenden Funkzellen. Wie das Asus-Gerät gibt auch der RE6700 DLNA/iTunes-Audiostreams analog auf eine 3,5-mm-Stereoklinkenbuchse aus.

Sehr geschickt gelöst fanden wir beim Einrichtungsassistenten des Linksys-Repeaters die Anzeige der Signalqualität. Man erkennt sofort, ob der gewählte Standort zu nah am Router liegt oder zu weit entfernt ist.

## Fast ein Router

Schon vom Äußeren her machte der **Netgear EX7000** den Eindruck, eigentlich ein Router zu sein: Er glänzt mit fünf Gigabit-Ports, über die man Geräte per LAN-Kabel ins



Der Assistent des Linksys RE6700 zeigt bei der Inbetriebnahme anschaulich, wie gut das Router-WLAN an der gewählten Repeater-Position ankommt.

Anzeige



**Edimax EW-7438AC:** mäßige WLAN-Performance, Gastnetz nicht vom Stamm-WLAN getrennt, aber energiesparsam



**Linksys RE6700:** Strom-Steckdose bleibt dank Durchführung nutzbar, nur eingeschränkt 5-GHz-tauglich



**Netgear EX7000:** hohe WLAN-Performance, aber eingeschränkt 5-GHz-tauglich, stromhungrig und teuer

Netz holen kann, die keine WLAN-Schnittstelle besitzen. Pro belegtem Port kletterte die hohe Leistungsaufnahme nochmal um 0,2 Watt.

Daneben gibt es einen USB-3-Port zum Anschluss von Massenspeichern, deren Inhalt der EX7000 im (W)LAN bereitstellt. Zwar maßen wir mit einer USB-3-SSD beim Schreiben auf eine Windows-Freigabe halbwegs flotte 25 MByte/s und 42 MByte/s beim Lesen. Weil es aber keine brauchbare Nutzerkonten- und Rechteverwaltung gibt, taugt diese NAS-Funktion nur als Datentümpel und DLNA-Medienserver für die Familie. Wer mehr Durchsatz und feinere Zugriffsrechte braucht, sollte lieber ein richtiges NAS an den Router anschließen.

Erstaunlicherweise war Crossband-Repeating, was bei Netgear als Erfinder der Technik FastLane heißt, ab Werk ausgeschaltet – laut Hersteller absichtlich, weil man darin keinen Vorteil sehe. Crossband funktionierte auch nur für ein Funkband, weil der EX7000 die Verbindung zum Router nicht auf beiden Bändern gleichzeitig hielt. Sowohl korrekte Multicast-IPTV-Weiterleitung als auch vollständige 5-GHz-Fähigkeit will Netgear mit kommenden Firmware-Updates nachliefern, Letzteres möglicherweise noch im März.

Der **Sitecom WLX-5100** erleichtert das Koppeln des Repeaters mit dem Router durch zwei Knöpfe: Man kann mit der einen WPS-Taste gezielt im 2,4-GHz-Band verbinden, anschließend mit der zweiten auf

5 GHz. Bei den anderen Repeatern muss man dagegen den Browser bemühen, um sicherzustellen, dass sie auf beiden Bändern gekoppelt sind. Sitecom bestätigte, dass der WLX-5100 „by design“ weder Crossband-Repeating beherrscht noch die hohen 5-GHz-Kanäle nutzt: „This requires DFS which we don't support.“

Der **TP-Link RE450** bot nicht nur eine moderne, Gadget-freundliche Weboberfläche zum Konfigurieren, sondern reagierte auch unerwarteterweise auf eine SSH-Verbindung. Indes öffnete sich nach Eingabe des Passworts keine Shell, sodass darüber auch keine Angriffe möglich sind.

Beim **Trendnet TEW-822DRE** bekommen die abgehenden Funkzellen immer denselben Namen, sie waren nicht einzeln umbenennbar. So kann man nicht per Wahl der SSID entscheiden, auf welchem Band sich der Client mit dem Repeater verbinden soll.

Im AP-Modus beherrscht das Gerät zwar IGMP-Snooping für störungsfreie Multicast-IPTV-Weitergabe, aber die Option muss man erst per Browser suchen und einschalten. Als einziger Repeater im Test konnte der TEW-822DRE als AP auch mehrere logische Funkzellen aufspannen (Multi-SSID). Doch das entpuppte sich als Gimmick, um verschiedene Verschlüsselungstypen (WPA2, WPA, WEP etc.) anzubieten. Denn die Hosts landeten am Ende alle im selben Netz, weil es kein VLAN-Tagging gibt, um sie auch im LAN zu separieren.

Über die „One Connect“-Funktion lässt sich der **Zyxel WRE6505** per App steuern, doch funktioniert das anscheinend nur, wenn der Repeater mit einem One-Connect-fähigen Router verbunden ist.

Ferner lauschte der Prüfling am Telnet-Port. Mit dem per Browser eingestellten Passwort und den Nutzernamen „admin“ beziehungsweise „root“ bekamen wir einen Shell-Zugang. Für den Admin war das Dateisystem nur lesbar, doch als Root durften wir mehr. Dieses Entwicklungsüberbleibsel dürfte in einer der nächsten Firmware-Versionen geschlossen werden.

## Fazit

Die Repeater von D-Link, Linksys (Belkin), Netgear und Sitecom fielen im Test als alltagsuntauglich durch. Sie bauten im 5-GHz-Band keine Verbindung zum Router auf, wenn der sich für einen Funkkanal oberhalb von 48 entschieden hatte. Hier könnten die Hersteller leicht mit einem Firmware-Update nachbessern, was Netgear bereits in Aussicht gestellt hat.

Arbeitet ein moderner Router mit MIMO über zwei oder drei Antennen, dann darf der Repeater nicht zum Flaschenhals werden. Deshalb passieren den zweiten Auswahl-schritt nur solche, die auch im 5-GHz-Band mindestens mit zwei MIMO-Streams arbeiten, also 867 oder 1300 MBit/s brutto als Maximalrate schaffen (ac-867/ac-1300 in der Tabelle). Diese Geräte brachten im Test mehr

## Repeater-Durchsatz und Leistungsaufnahme

	Sameband 2,4 GHz (MBit/s) besser ➤	Sameband 5 GHz (MBit/s) besser ➤	Crossband 5->2,4 GHz (MBit/s) besser ➤	Crossband 2,4->5 GHz (MBit/s) besser ➤	Leistungsaufnahme (Watt) ➤ besser
Asus RP-AC56	40	100	93	69	4,0
AVM Fritz!WLAN Repeater 1750E	94 <sup>1</sup>	132 <sup>1</sup>	90	134	2,9
D-Link DAP-1620	29	51	95	53	3,2
Edimax EW-7438AC	36	9	61	47	2,4
Linksys RE6700	49	76	85	109	3,6
Netgear EX7000	60	117	113	139	8,7
Sitecom WLX-5100	27	18	0	0	2,6
TP-Link RE450	60	109	96	84	2,8
Trendnet TEW-822DRE	20	58	93	53	4,4
Zyxel WRE6505	31	48	38	54	2,6

<sup>1</sup> Sameband-Betrieb war nicht sicher messbar



Anzeige



Sitecom WLX-5100: nicht Crossband-fähig, magere WLAN-Leistung, eingeschränkt 5-GHz-tauglich, aber energiesparam



TP-Link RE450: guter und günstiger Allrounder, lässt sich aber nicht zum Access Point umkonfigurieren



Trendnet TEW-822DRE: mäßige WLAN-Performance, leitet Multicast-IPTV nicht brauchbar weiter, dafür zu teuer

## WLAN-Repeater – technische Daten und Testergebnisse

Hersteller	Asus	AVM	D-Link	Edimax
Bezeichnung/Typennummer	RP-AC56	Fritz!WLAN Repeater 1750E	DAP-1620	EW-7438AC
Mitgelieferte Extras	–	Patchkabel	–	–
Getestete Firmware-Version	3.0.0.4.378-6655	6.32	1.01b5	1.07
Quelltexte verfügbar	✓	✓	✓	✓
<b>Anschlüsse / Hardware</b>				
LAN / USB	1 (GE) / –	1 (GE) / –	1 (GE) / –	1 (FE) / –
Bedienelemente	Ein, WPS, Reset	WPS/WLAN, Reset	WPS, Reset	WPS/Reset, WLAN
Statusleuchten / abschaltbar	3 / –	8 / ✓	4 / –	6 / –
<b>Konfiguration</b>				
Auch per https / Telnet / SSH	– / ✓ / –	✓ / – / –	– / – / –	– / – / –
Oberfläche auch deutsch / brauchbare Onl.-Hilfe / Wizard/Assi.	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / – / ✓
Assistent vergisst	Zeiteinstellungen	–	–	Konfigurationspasswort, Zeiteinstellungen
Fernüberwachung: SNMP / Syslog / E-Mail	– / – / –	– / – / ✓	– / – / –	– / – / –
NTP-Server frei einstellbar / Sommerzeit korrekt	✓ / ✓	– / ✓	– / k. A.	– / –
Besonderes	Stromstecker um 90° drehbar, Analog-Audioausgang (3,5-mm-Klinkenbuchse)	leitet auch Gastzugang von Fritzboxen weiter	–	Gastnetze
<b>WLAN</b>				
IEEE-802.11-Versionen / nutzt alle 5-GHz-Kanäle	n-300 + ac-867 / ✓	n-450 + ac-1300 / ✓	n-300 + ac-867 / –	n-300 + ac-433 / ✓
Anzahl Antennen / abnehmbar	2 / –	k. A. / –	2 / –	k. A. / –
Live-Signalstärkeanzeige in Hardware / im Browser	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –
Crossband-Repeating / Router-Link simultan 2,4 und 5 GHz	✓ / –	✓ / ✓	✓ / –	✓ / ✓
Zeitgesteuert / AP-Modus	– / ✓	– / ✓	– / ✓	✓ / ✓
Ab Werk sicher / WPS / Radius (IEEE 802.1x)	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / –	– / ✓ / –
WPS kommand: PBC / PIN vom AP / PIN vom Client	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –
WPS gehend: PBC / PIN vom AP / PIN vom Client	– / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓
Unterschiedliche SSID kommand/gehend	✓	✓	✓	✓
Client-Bridge ins LAN / für mehrere PCs über Switch	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
IPv6 am LAN-Port / im gehenden WLAN	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Multicast-IPTV am LAN-Port / im gehenden WLAN	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
<b>AP-Modus</b>				
Nutzt alle 5-GHz-Kanäle / WLAN-Zeitsteuerung	✓ / ✓	✓ / ✓	– / –	✓ / ✓
DHCP-Client / Feste IP	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
WPS-PBC / WPS-PIN / Radius (IEEE 802.1x)	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –	✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓
Multi-SSID / mit VLAN-Tagging	– / –	– / –	– / –	– / –
IPv6 im WLAN / Multicast-IPTV im WLAN	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
<b>WLAN-Durchsatz und Leistungsaufnahme</b>				
Sameband 2,4 GHz / 5 GHz (20 + 6 m, Downstream)	40 / 100 MBit/s	(94 / 132 MBit/s) <sup>3</sup>	29 / 51 MBit/s	36 / 9 MBit/s
Crossband 5->2,4 GHz / 2,4->5 GHz	93 / 69 MBit/s	90 / 134 MBit/s	95 / 53 MBit/s	61 / 47 MBit/s
LAN-Client-Durchsatz 2,4 / 5 GHz (20 m)	69 / 234 MBit/s	106 / 275 MBit/s	38 / 123 MBit/s	– / 92 MBit/s
Leistungsaufnahme	4,0 Watt	2,9 Watt	3,2 Watt	2,4 Watt
Jährliche Stromkosten (Dauerbetrieb, 30 ct/kWh)	10,52 €	7,63 €	8,42 €	6,31 €
Straßenpreis	90 €	75 €	50 €	35 €
<b>Bewertung</b>				
Funktionen	○	⊕	⊖ <sup>4</sup>	○
Repeater-Durchsatz Sameband / Crossband	○ / ○	⊕ / ⊕	○ / ○	⊖ / ○
Energieverbrauch	○	⊕	○	⊕

<sup>1</sup> führt mit Standardkonto auf BusyBox, Nutzer admin hat aber keine Schreibrechte

<sup>2</sup> reagiert auf SSH-Verbindung, fragt Passwort ab, öffnet aber keine Shell

<sup>3</sup> Sameband-Performance nicht sicher messbar, siehe Text

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe



**Zyxel WRE6505: noch brauchbare Performance trotz Schmalspur-WLAN im 5-GHz-Band, günstig und energiesparsam**

Performance als die Single-Stream-Modelle (ac-433) von Edimax und ZyXel.

So bleiben die Repeater von Asus, AVM, TP-Link und Trendnet übrig. Will man Entertainment-IPTV auf einem mobilen Gerät schauen, das über den Repeater vernetzt ist, dann scheidet der TEW-822DRE aus, weil er Multicasts unbrauchbar weiterleitet. Vom Rest stellt der TP-Link RE450 die preislich interessanteste Alternative dar, doch verzichtet man dabei auf die Option, das Gerät auch als Access Point einzusetzen.

Wie das verbleibende Duell zwischen dem RP-AC56 und dem Fritz!WLAN-Repeater 1750E ausgeht, entscheiden Sie: Das etwas billigere AVM-Gerät brachte in unserem Test mehr Durchsatz bei geringeren Energie-

kosten. Dafür ist der Asus-Repeater mit seinen ausrichtbaren Antennen besser an die individuellen Funk-Gegebenheiten anpassbar und kann als DLNA-Datensenke Audio-Streams an seinem Analogausgang wiedergeben.

(ea@ct.de)

## Literatur

- [1] Dušan Živadinović, Wechselsprecher, WLAN-Repeater optimal einsetzen, c't 7/13, S. 96
- [2] Ernst Ahlers, Schlauere Zustellung, Probleme bei Multicast im (W)LAN finden und beheben, c't 14/14, S. 76
- [3] Peter Jensen, WLAN-Evolution, Wie sich WLAN trotz Patentquerelen weiterentwickelt, c't 4/16, S. 152

	Linksys (Belkin)	Netgear	Sitecom	TP-Link	Trendnet	Zyxel
	RE6700	EX7000	WLX-5100	RE450	TEW-822DRE	WRE6505
	–	Standfuß	Patchkabel	Patchkabel	Patchkabel	Patchkabel
	1.0.01.010	1.0.0.38	1.06	1.0.0 r51835 (20151203)	1.00	1.00(AAQB.2)C0
	–	✓	auf Anfrage	–	✓	auf Anfrage
	1 (GE) / –	5 (GE) / 1 × 3.0	1 (FE) / –	1 (GE) / –	1 (GE) / –	1 (FE) / –
	Ein, WPS, Reset	Ein, WPS, Reset	Ein, 2 × WPS	Ein, WPS, Reset, LED	WPS, Reset, Modus	Ein, WPS, Modus
	3 / –	10 / –	6 / –	6 / ✓	4 / ✓	5 / –
	– / – / –	– / – / –	– / (✓) <sup>1</sup> / –	– / – / (✓) <sup>2</sup>	– / – / –	– / ✓ / –
	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / – / ✓	– / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	– / – / ✓
	Zeiteinstellungen	–	Konfigurationspasswort	Zeitzone	Zeiteinstellungen	–
	– / – / –	– / – / –	– / – / –	– / – / –	– / ✓ / ✓	– / – / –
	– / k. A.	– / ✓	– (keine Zeitfunktionen)	– / k. A.	✓ / ✓	✓ / ✓
	durchgeführte Steckdose, Analog-Audioausgang (3,5-mm-Klinkenbuchse)	USB: NAS mit Platte oder Printer-Sharing	2 WPS-Tasten	–	–	Speed- und Range-Boost-Modi
	n-300 + ac-867 / –	n-450 + ac-1300 / –	n-300 + ac-433 / –	n-450 + ac-1300 / ✓	n-300 + ac-867 / ✓	n-300 + ac-433 / ✓
	2 / –	3 / ✓ (RP-SMA)	k. A. / –	3 / –	2 / –	k. A. / –
	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –
	✓ / ✓	✓ / –	– / ✓	✓ / ✓	✓ / –	✓ / ✓
	– / –	✓ / ✓	– / –	– / –	– / ✓	– / ✓
	– / ✓ / –	– / ✓ / –	✓ / ✓ / –	– / ✓ / –	✓ / ✓ / –	– / ✓ / –
	– / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –
	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	– / – / –	✓ / – / –	✓ / ✓ / –
	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
	✓ / ✓	✓ / –	✓ / –	✓ / ✓	✓ / –	✓ / ✓
	– (kein AP-Modus)	– / –	– (kein AP-Modus)	– (kein AP-Modus)	✓ / ✓	✓ / ✓
	–	✓ / ✓	–	–	✓ / ✓	✓ / ✓
	–	✓ / ✓ / –	–	–	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –
	–	– / –	–	–	✓ / –	– / –
	–	✓ / –	–	–	✓ / ✓	✓ / ✓
	49 / 76 MBit/s	60 / 117 MBit/s	27 / 18 MBit/s	60 / 109 MBit/s	20 / 58 MBit/s	31 / 48 MBit/s
	85 / 109 MBit/s	113 / 139 MBit/s	– / –	96 / 84 MBit/s	93 / 53 MBit/s	38 / 54 MBit/s
	109 / 155 MBit/s	141 / 291 MBit/s	71 / – MBit/s	103 / 273 MBit/s	24 / 94 MBit/s	58 / 92 MBit/s
	3,6 Watt	8,7 Watt	2,6 Watt	2,8 Watt	4,4 Watt	2,6 Watt
	9,47 €	25,51 €	6,84 €	7,36 €	11,57 €	6,84 €
	90 €	135 €	60 €	65 €	90 €	41 €
	⊖ <sup>4</sup>	⊖ <sup>4</sup>	⊖ <sup>4</sup>	○	○	⊕
	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / –	⊕ / ⊕	⊖ / ○	○ / ⊖
	○	⊖	⊕	⊕	○	⊕

<sup>4</sup> Abwertung, weil Repeater keine WLANs auf hohen 5-GHz-Kanälen (52 bis 140) findet



Dušan Živadinović

# WLAN ohne Router

## Ad-hoc-Dateiübertragung und Repeater-Funktion mit WiFi Direct

Ohne Router kein Internet im Heimnetz. Wenig bekannt ist aber, dass für die schnelle Foto- oder Video-Übertragung zum Beispiel von Smartphone zu Smartphone ein Router überflüssig ist – er bremst die Übertragung sogar. Wir fassen zusammen, wie man alternative Techniken und Apps nutzt.

Es gibt diverse Methoden, um WLAN in jeden Winkel eines Hauses zu bringen – beispielsweise, indem man Funkwellen mittels spiegelndem Material in schlecht versorgte Bereiche lenkt, signaldämpfende Gegenstände aus dem Funkweg räumt, dem Router bessere Antennen spendiert oder das WLAN-Signal mit einem Repeater auffrischt. Einzelheiten dazu finden Sie in den Beiträgen ab Seite 86, 88 und 92. Alle darin genannten Methoden päppeln letztlich die Verbindung zum WLAN-Router auf. Diese sind aber nur erforderlich, wenn Sie bei schwachem WLAN-Signal aufs Internet oder auf Server im LAN zugreifen wollen.

Wenn es Ihnen um die Dateiübertragung von einem WLAN-Gerät zu einem anderen geht, etwa weil Sie Partygästen Fotos übermitteln wollen, brauchen Sie den Router nicht und können ihn sogar von unnötigem WhatsApp-, Dropbox- oder Mail-Verkehr entlasten – denn manche Nutzer verwenden solche Anwendungen aus Gewohnheit für Foto- und Video-Übertragungen, selbst wenn es ressourcenschonender und schneller geht. Sind nämlich Sender und Empfänger im selben Raum, ist eine direkte WLAN-Verbindung von Gerät zu Gerät die schnellere Alternative. So bleibt mehr WLAN- und DSL-Kapazität für die Anwendungen übrig, die sich an Adressa-

ten fernab der Fete richten, und auch das Mobilfunkvolumen bleibt unangetastet.

Mit Bluetooth oder NFC geht das prinzipiell auch, aber beide Nahfunker sind für heutige Foto- und Video-Größen viel zu langsam und Zwischenlager wie SD-Karten, via USB angekoppelte PCs oder per WLAN erreichbare Fileserver im Heim-LAN sind für ein, zwei Fotos unpraktisch.

Techniken für direkte WLAN-Verbindungen gibt es unter diversen Bezeichnungen von verschiedenen Herstellern. Heute nutzen die meisten letztlich WiFi Direct, darunter Apples iOS-Geräte, Linux, Android, BlackBerry, Windows, Windows Phone, Xbox, etc. Auf



WiFi Direct setzen mehrere Anwendungen. Details dazu finden Sie im Kasten „Halbwegs WiFi“. Im Weiteren geht es um die Ad-hoc-Dateiübertragung und um die Repeater-Funktion, die man mit vielen WiFi-Direct-fähigen WLAN-Chips nutzen kann.

WiFi Direct kann je nach Leistung der Geräte und Qualität der Funkverbindung schon in der einfachsten Fassung Durchsatzraten bis 20 MBit/s erreichen. Im schnelleren 802.11n-Modus sind prinzipiell Spitzenwerte bis 250 MBit/s möglich. Die Reichweite beträgt in Gebäuden wie bei herkömmlichem WLAN 10 bis 20 Meter, bei Sichtkontakt im Freien bis zu 200 Meter. Grundsätzlich bestimmt das langsamere Gerät die Verbindungsgeschwindigkeit – ein schneller WLAN-Vertreter mit üblichem IEEE 802.11n muss auf 802.11g zurückschalten, wenn der Partner nur die langsame Technik an Bord hat. Man kann bei WiFi Direct keine WLAN-typischen Eigenschaften konfigurieren oder auswählen: Geschwindigkeit, Funkband (2,4 oder 5 GHz), alles handeln die Geräte selbst aus – bis auf die Authentifizierung.

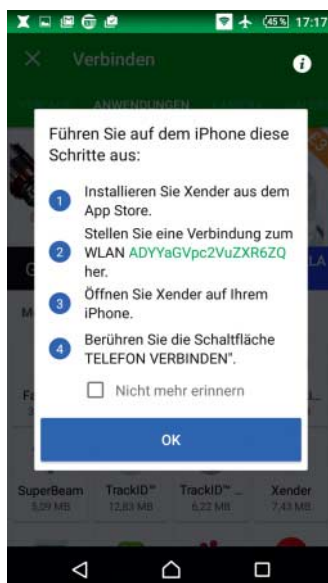
## Die Crux

Die Spezifikation beschreibt jedoch nur, wie Geräte einander finden, authentifizieren und Daten übertragen. Eine Spezifikation für ein einheitliches User-Interface fehlt. Daher sieht die Implementierung auf jedem Betriebssystem anders aus.

Auf Linux kamen erste Implementierungen mit dem HostAP-Daemon und dem Madwifi-Treiber auf ([madwifi-project.org](http://madwifi-project.org)). Damit können Linuxer schon lange auf einem einzigen WLAN-Modul mehrere logische Schnittstellen mit unterschiedlichen Aufgaben gleichzeitig betreiben (Multi-SSID, auch virtual WiFi). Intel bot eine Zeit lang mit „My WiFi“ ein ähnliches Verfahren für Windows an, verfolgte es aber ab Windows 7 nicht weiter, seitdem Microsoft die Treiber-Umgebung für WiFi Direct schuf [1]. Ein grafisches User-Interface fehlt, man muss Windows per Kommandozeile aus der Nase ziehen, ob sich die Hardware für WiFi Direct eignet.

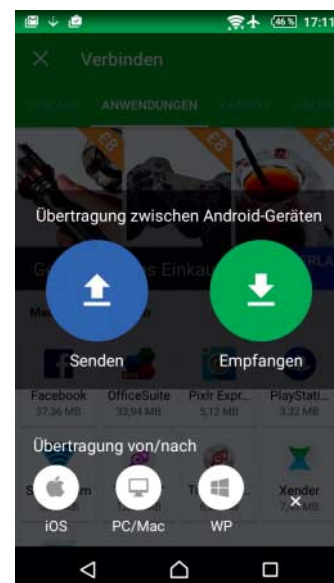
Immerhin kann man mit Bordmitteln eine Soft-AP-Funktion aktivieren. Damit spannt etwa ein Laptop eine eigene Funkzelle auf. Wie das konkret geht, beschreiben wir ab dem Abschnitt „Repeater auf Reisen“. Den Verkehr von Clients, die daran ankoppeln, steckt Windows mittels der Internet-Freigabe über seine eigene Client-Verbindung zum WLAN-Router durch. Daher kann man die Soft-AP-Funktion nutzen, um die Funkblase des WLAN-Routers wie mit einem herkömmlichen Repeater zu vergrößern – ganz ohne Zusatzkosten, wenn das Laptop einen geeigneten WLAN-Chipsatz an Bord hat.

Für die Ad-hoc-Dateiübertragung per WiFi Direct bringt Windows keine Applikation mit; man muss dafür eines der separat erhältlichen Programme installieren. Schade, denn ansonsten hatte sich Microsoft viel Mühe gegeben, die Technik zu fördern: Treiber, die für den Betrieb von WLAN-Modulen auf



**Gewusst, womit:**  
Man kann durchaus Fotos oder auch Videos zwischen Android- und iOS-Geräten drahtlos übertragen.

**Noch einfacher geht es freilich von Android zu Android oder von iOS zu iOS.**



Windows erforderlich sind, mussten die Hosted-Network-Funktion enthalten, um das Windows-7-Logo zu erhalten.

## Android-Vielfalt

Google liefert mit seinem Smartphone-Betriebssystem seit Android 4.0 für die Ad-hoc-Dateiübertragung ein eigenes, Android Beam genanntes Verfahren mit. Android Beam nutzt anfangs nur das langsame NFC (maximal 424 kBit/s, Reichweite bis zu 20 cm). Ab Android 4.1 können die Geräte NFC weiterhin zur Kopplung nutzen, für die Datenübertragung aber auch Bluetooth einsetzen (max. 2,2 MBit/s, Reichweite üblicherweise 10 Meter).

Das weit schnellere WiFi Direct liegt auf vielen Android-Geräten brach. Google legt keine App dafür bei und führt Nutzer auch nicht zum Play-Store, wo man etliche solcher Apps finden kann. Samsung baut immerhin ein eigenes User-Interface namens „S Beam“ in seine Android-Versionen ein. Damit kann man sehr bequem Dateien zwischen Samsung-Geräten übertragen. Um WiFi Direct auch für die Kommunikation mit anderen Betriebssystemen nutzen zu können, kommt man aber auch als Samsung-Nutzer nicht ums Nachrüsten mit einer App herum.

## AirDrop

Apples PCs, Laptops, Smartphones und Tablets eignen sich zwar Hardware-seitig auch für WiFi Direct, aber der Hersteller setzt mit AirDrop eine eigene Variante ein, welche für die Geräte- und Dienstesuche Bluetooth Low Energy und Bonjour kombiniert (siehe c't-Link am Ende des Artikels). Deshalb müssen für AirDrop sowohl Bluetooth als auch WLAN eingeschaltet sein und so hängt die AirDrop-Reichweite von Bluetooth ab, das Smartphone-übliche 10 Meter weit reicht.

WLAN respektive WiFi Direct setzt AirDrop nur im letzten Schritt für die eigentliche Datenübertragung ein. AirDrop gibt es in zwei

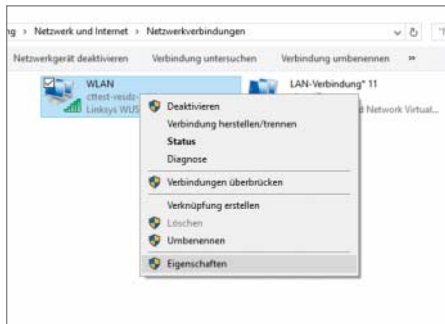
Varianten. Sie sind weder zueinander kompatibel noch zu WiFi-Direct-Geräten (siehe c't-Link am Ende des Artikels).

## Apps zum Kopieren

Brücken zu anderen Betriebssystemen lassen sich mit einer Hand voll von Programmen schlagen. Dazu gehören Shareit, Feem oder Superbeam. Keines der Programme eignet sich für die Kommunikation mit einem der anderen; Nutzer brauchen also auf jedem Smartphone Programme desselben Herstellers. Nur wenige der Apps hinterließen im Test einen guten Eindruck. Vielen mangelt es an einer klaren Benutzerführung, sodass Gerätesuche und Kopplung holperig ablaufen. Obendrein gehen manche der Apps bei Übertragungen zwischen verschiedenen Betriebssystemen doch den Weg über den Router.

Zu den besseren Apps gehören Xender und Zapy. Beide sind für Android, iOS, Windows und Mac OS X erhältlich. Automatische WiFi-Direct-Verbindungen bauen beide Programme jedoch nur zwischen Smartphones auf, die das gleiche Betriebssystem nutzen; Xender setzt auf Android NFC ein und auf iOS nutzt die App AirDrop. Zapy verwendet auf beiden Systemen die etwas langsamere Konfiguration per QR-Code. Über NFC und QR-Code wird die Verbindung zugleich autorisiert. Die jeweiligen Verbindungen hat man trotz dieses Unterschieds sowohl mit Xender als auch mit Zapy umgehend aufgebaut.

Wenn plattformübergreifende Kommunikation gefragt ist, muss man zunächst auf einem der Geräte eine WiFi-Direct-Funkzelle aufsetzen (group owner, Gruppeneigner). Das geht sowohl mit Xender als auch mit Zapy ohne Umschweife. Anschließend koppelt man die Client-Geräte per Hand an diese Funkzelle wie an einen gewöhnlichen Access Point an. Die Owner-Geräte helfen immerhin dabei, indem sie den Namen ihrer Zelle nennen (z. B. d2B82cmVzamy93) und den Benut-



**Wenig bekannt: Viele Laptops lassen sich auch als Repeater nutzen. Dafür legt man auf Windows per Kommandozeile einen neuen, virtuellen WLAN-Adapter an (rechts).**

zer mit Hilfetexten zu den WLAN-Einstellungen leiten. Das ist zwar längst nicht so flink wie technisch eigentlich möglich, braucht aber nur wenig Übung.

Die Kopplung zwischen iOS und Android geriet mitunter hakelig, weil sich die Funkzellen nicht immer auf Anhieb finden ließen. Aber mit ein wenig Geduld klappten letztlich alle Verbindungen.

Der Xender-Entwickler hat sich eine Software für Windows und Mac OS X gespart, er nutzt stattdessen Browser. Bei näherem Hinsehen fällt auf, dass er für die Dateiübertragung zu PCs und Macs einen eigenen Cloud-Dienst als Zwischenspeicher einsetzt (web.xender.com, läuft auf Amazon-AWS-Servern). Der Dienst ist auf Dateigrößen bis 10 MByte limitiert.

Zapya kommt ohne diesen Umweg aus. Um einen PC oder Laptop in eine Zapya-Gruppe zu bringen, bucht man ihn zunächst per Hand über die üblichen WLAN-Einstellungen in die WLAN-Zelle des Owners ein. Startet man Zapya anschließend auf Windows oder Mac, meldet es sich automatisch in der Gruppe an und kann Dateien senden oder ohne Rückfrage empfangen. Empfangene Dateien lassen sich in Zapya löschen.

Im Test lieferten beide Programme deutlich höheren Durchsatz als NFC oder Blue-

tooth, ließen aber auch Raum für Verbesserungen. Ein erstes Video von 40 MByte Größe schaffte es ohne besondere Vorkehrungen in 90 Sekunden zum Zielgerät (iPhone 6 auf iPad mini, rund 3,5 MBit/s). Deutlich schneller geht es, wenn man die Antennen der beiden Geräte direkt aufeinander ausrichtet. So erreichten die Geräte leicht Durchsatzraten von 5 bis 5,5 MBit/s. Dennoch klingt das gemessen an den Brutto-Raten, die WLAN in der einfachsten 11n-Ausführung erreicht (brutto bis zu 150 MBit/s), noch bescheiden.

## Repeater auf Reisen

Manche Geräte, darunter viele Laptops, lassen sich mittels WiFi Direct als vollwertige Repeater betreiben – das ist praktisch auf Reisen, wenn ein WLAN-Hotspot nur einen Client pro Passwort vorsieht, aber zum Beispiel auch das Smartphone ins Internet soll. Man kann die Funktion auch nutzen, um vor dem Kauf zu prüfen, ob ein Repeater die Abdeckung einer Wohnung verbessern würde. Weil dafür eine virtuelle WLAN-Schnittstelle eingerichtet wird, heißt diese Funktion auch Soft-AP, Software-Access-Point.

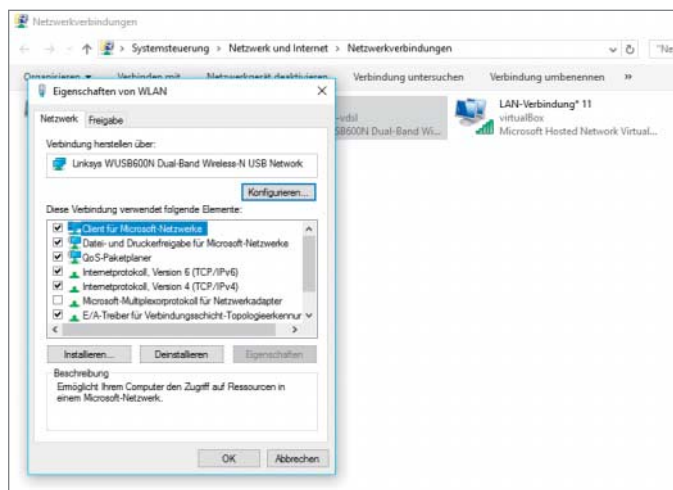
Wir spielen die Einrichtung auf Windows 10 durch und setzen voraus, dass Ihr PC oder Laptop bereits per WLAN mit einem Router gekoppelt ist. Auf älteren Windows-Systemen funktionieren dieselben Befehle, lediglich im grafischen User-Interface gibt es einige marginale Unterschiede.

Den Soft-AP richtet man auf Windows über Netshell-Befehle ein. Microsoft nennt die Funktion „Hosted Network“. Prüfen Sie zunächst, ob Ihr WLAN-Adapter für diese Betriebsart ausgelegt ist und welche der Optionen implementiert sind. Öffnen Sie dazu eine Shell als Administrator und geben Sie ein:

```
netsh wlan show wirelesscap
```

Der Befehl liefert etliche Informationen über das WLAN-Modul. Für den Soft-AP müssen in der netsh-Ausgabe lediglich die Optionen „Wi-Fi Direct-Gerät“ und „Softwarezugriffspunkt“ als „unterstützt“ ausgewiesen sein.

Falls Ihr System keinen geeigneten Adapter meldet, brechen Sie an dieser Stelle ab.



**Auch ältere WLAN-USB-Sticks eignen sich für die Repeater-Funktion; dazu aktiviert man auf dem USB-Stick die Internet-Freigabe.**

## Halbwegs WiFi

WiFi Direct gründet auf der IEEE-Spezifikation 802.11z und nutzt den TDLS-Modus zur Übertragung (Tunneled Direct Link Setup). TDLS definiert verschlüsselte Verbindungen zwischen den Geräten. Eines der Geräte setzt dabei wie ein Router eine Funkzelle im Infrastrukturmodus auf, die übrigen koppeln daran als WLAN-Clients an. Der Unterschied zu üblichen Router-Verbindungen besteht darin, dass WiFi-Direct-Geräte einen Teil der umständlichen WLAN-Konfiguration vereinfachen, also etwa die Gerätesuche und das Koppeln. Doch die Spezifikation legt nur die Methoden für den Verbindungsaufbau fest und nicht auch noch das User-Interface. So ist auf jedem Betriebssystem ein Wildwuchs entstanden.

WiFi Direct wurde für mehrere Anwendungen spezifiziert: zur Ad-hoc-Dateiübertragung, als Soft-Access-Point zur Vernetzung (Soft-AP), zur Übertragung von Fotos und Videos an Displays (Intels bisher wenig bekannte Miracast-Technik), zum Ankoppeln von DLNA-Medienservern und zum direkten Drucken vom Smartphone, Tablet oder PC. Einige Hersteller setzen WiFi Direct für eigene Applikationen ein. Beispielsweise senden so einige Drive-HD-Kameras des Herstellers Cobra Videostreams an iOS-Geräte.

Solche Anwendungen können direkt miteinander kommunizieren, also vorbei am WLAN-Router. Mit etwas Glück wählen sie dafür einen anderen Funkkanal als der Router und belegen dann keine Bandbreite des übrigen WLAN. Sie sind im Prinzip auch nicht auf gute Funkversorgung des Routers angewiesen. Wenn also am betreffenden Ort kein schneller Internet-Zugang erforderlich ist, kann man sich den Ausbau des Netzwerks etwa mittels Repeatern ganz sparen.

WLAN-Chipsätze mit TDLS sind recht verbreitet; zu den Herstellern gehören beispielsweise Broadcom, Intel, Marvell oder auch Qualcomm. Die WiFi Association führt eine Liste von zertifizierten Geräten. Dazu gehören etwa Tablets, Smartphones und Laptops. Die Liste ist aber bei weitem nicht vollständig.

Oft ist aber gar nicht sichtbar, dass sich ein Gerät für WiFi Direct eignet. Microsoft erwähnt den Begriff auf Windows nicht, dennoch können viele PCs oder Laptops über „Einstellungen“, „Geräte“, „Projizieren“ an ein geeignetes Display ankoppeln (z. B. an Geräte von LG oder Sony). Manche Hersteller haben die Technik abgewandelt und unter eigenem Namen implementiert (AnyNet von Samsung etwa).

Anzeige

Andernfalls informiert Windows erst spät und unpräzise, dass es nicht weitergeht (group or resource is not in the correct state to perform the requested operation). Im Test war das zum Beispiel mit dem HP-Laptop SpectreX360 der Fall.

Falls Sie die Funktion dennoch benötigen, lässt sie sich etwa mittels USB-WLAN-Sticks nachrüsten. Im Test funktionierte beispielsweise der aktuelle Adapter Asus USB-N66 und auch der in Ehren ergraute Linksys WUSB600N spielte wie gewünscht. Der schnelle D-Link DWA-192 ist zwar auch für WiFi Direct ausgelegt, aber nicht für den Soft-AP-Betrieb (siehe auch c't 3/16, S. 54). Für welche der Funktionen sich ein Stick eignet, lässt sich vor dem Kauf nur schwer ermitteln, diese Angaben sparen sich die meisten Hersteller.

## Adapterwahl

Wenn Windows auf einem Rechner mehr als einen Adapter findet, der sich für WiFi Direct eignet, bestimmt es selbst, auf welchem es die Funktion aktiviert. Man kann sie aber durchaus auf einem bestimmten Adapter einrichten. Dafür genügt es, jene Adapter, die man nicht nutzen will, vorübergehend zu deaktivieren.

Wenn mindestens ein Adapter für den Soft-AP-Modus geeignet ist, fahren Sie fort. Der Soft-AP-Modus wird mit zwei Befehlen konfiguriert und aktiviert. Legen Sie zunächst den Namen der WLAN-Zelle (SSID) und das Passwort für die Verschlüsselung fest (key):

```
netsh wlan set hostednetwork mode=allow >
ssid=virtualBox key=geheim
```

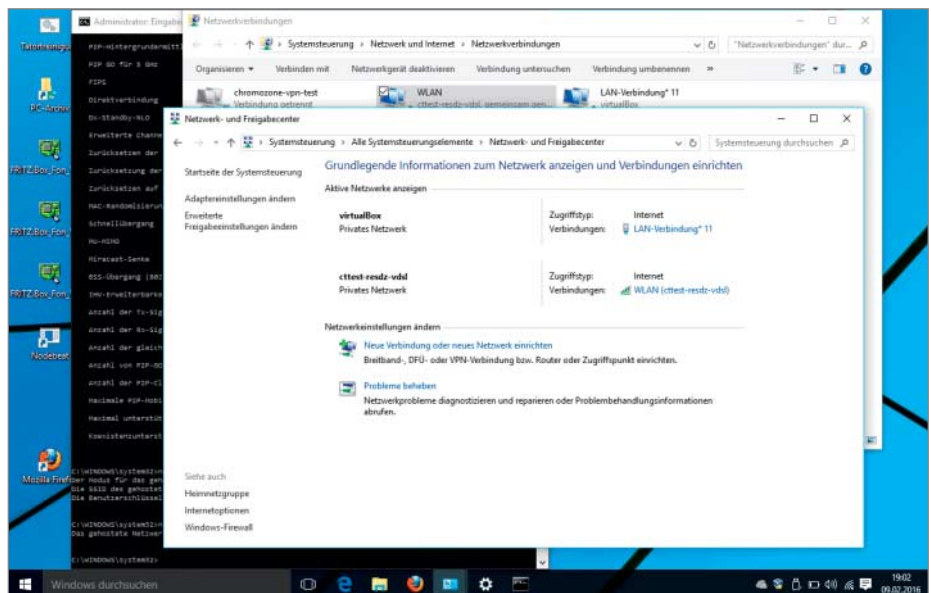
Diese Einstellung bleibt auch nach einem Neustart erhalten. Um den Soft-AP zu starten, genügt dieser Befehl:

```
netsh wlan start hostednetwork
```

Den muss man bei Bedarf nach jedem Neustart neu eingeben. Öffnen Sie anschließend im „Netzwerk- und Freigabecenter“ die Adaptereinstellungen. Dort sollte Windows schon mal einen neuen Eintrag zeigen. Warten Sie mit weiteren Schritten, bis Windows mit der „Netzwerkidentifizierung“ fertig wird (ein bis zwei Minuten). Anschließend ist der virtuelle Adapter betriebsbereit und trägt den von Hand vergebenen SSID-Namen (im Beispiel virtualBox).

## Freigabe aktivieren

Klicken Sie nun auf das physische WLAN-Modul, das mit dem WLAN-Router verbunden ist, über das also das Laptop ins Internet kommt. Öffnen Sie über das Kontextmenü „Eigenschaften“ und „Freigabe“. Gestatten Sie den Benutzern, die Verbindung des Computers als Internetverbindung zu verwenden. Windows setzt dafür das Internet Connection Sharing ein, aktiviert also im Hintergrund einen DHCP-Server und richtet eine Network Address Translation ein (NAT), um den Verkehr der angekoppelten Clients wei-



Über eine virtuelle WLAN-Schnittstelle, im Beispiel virtualBox genannt, können Laptops etwa im Hotel weitere Geräte, zum Beispiel Smartphones in restriktiv konfigurierte Hotspots bringen.

terzurouten. Falls vorhanden, stellen Sie sicher, dass auch im Menü darunter die Netzwerkverbindung eingetragen ist, über die das Laptop ins Internet kommt. Dieses Menü blenden Laptops ein, wenn darauf mehr als eine Netzwerkverbindung aktiv ist. Verlassen Sie die Einstellungen über „OK“.

Öffnen Sie nun das Kontextmenü des virtuellen Adapters und wählen Sie dort „Status“ aus. Dort sollte der Medienstatus „aktiviert“ sein und Windows sollte zumindest für „IPv4-Konnektivität“ den Verbindungsstatus „Internet“ melden – falls vom Router angeboten, auch für IPv6-Konnektivität. Der Soft-AP sollte nun nicht nur Client-Verbindungen annehmen, sondern den Clients auch IP-Adressen zuordnen (z. B. aus dem Bereich 192.168.137.x). Ist das der Fall, sollten Clients auch Internet-Verbindungen aufbauen können, also etwa Webseiten öffnen.

Im Test hat das nicht nur auf Windows-PCs und -Laptops geklappt, sondern auch mit Windows 10 als Gastbetriebssystem auf einem Mac in VirtualBox und einem WLAN-USB-Stick. Für eine solche Einrichtung empfiehlt es sich, die von VirtualBox bereitgestellten Netzwerkadapter vorübergehend zu deaktivieren.

## Abschalten und Troubleshooting

Falls nicht mehr erforderlich, kann man die Internet-Freigabe wie erwartet in den Adaptereinstellungen im Bereich Freigabe abschalten. Den Soft-AP kann man, falls nicht benötigt, wie einen üblichen Netzwerkadapter deaktivieren – aber nach einem Windows-Neustart läuft er ja ohnehin nicht automatisch.

Falls Sie den Internet-Zugang versehentlich auf dem virtuellen Netzwerkadapter freigeben haben, können sich Clients zwar

darin anmelden, aber sie erhalten keine IP-Adresse vom Laptop. In diesem Fall kann man sich behelfen, indem man die Freigabe des virtuellen Adapters abschaltet (Kontextmenü „Eigenschaften“, „Freigabe“).

Auf manchen Laptops stellt Windows die Internet-Freigabe falsch ein und legt die Trasse für die Weiterleitung des Client-Verkehrs zum LAN-Adapter an – selbst wenn kein Ethernet-Kabel angesteckt ist. In diesem Fall arbeitet der Laptop nicht als WLAN-Repeater.

Um die Fehleinstellung zu korrigieren, stellen Sie sicher, dass das Hosted Network aktiv ist; dann lässt sich auch die Internet-Freigabe des physischen WLAN-Adapters abschalten (andernfalls blendet Windows kein User-Interface dafür ein). Ist das erledigt, deaktivieren Sie das Hosted Network und anschließend den LAN-Adapter, damit er während der Neukonfiguration aus dem Weg ist. Starten Sie Windows und das Hosted Network neu und aktivieren Sie dann die Internet-Freigabe des physischen WLAN-Moduls. Nun sollten Client-Daten vom Soft-AP zum WLAN-Router geleitet werden. Ist das der Fall, können Sie den LAN-Adapter wieder aktivieren.

Falls sich Clients am Soft-AP anmelden können, aber nicht ins Internet kommen, haben sie vermutlich keine IP-Adresse erhalten. Diesen Fehler verursachen manche Router-Programme für Windows (z. B. Virtual Router Manager oder Connectify). Diese Routerprogramme eignen sich ohnehin nicht, um ein Laptop im Repeater-Modus zu betreiben, deinstallieren Sie sie also einfach. (dz@ct.de)

## Literatur

[1] Dušan Živadinović, Seelenwanderung, WLAN-Adapter als Router und Repeater, c't 24/09, S. 188

ct Literatur und Tools: [ct.de/ydvb](http://ct.de/ydvb)



Anzeige



Ulrich Hilgefort, Stefan Labusga, Joachim Sauer

# Abenteurer

## Aktuelle Action-Cams im Test

**Sie halten durch, wenn andere Kameras kneifen: am Strand und im Schnee, am Fahrradlenker oder auf dem Motorradhelm. Narrensichere Bedienung mit wenigen Knöpfen und hochwertige Linsen, kombiniert mit einem robusten, kompakten Gehäuse – fertig ist das Erfolgsmodell. Oder?**

**M**arktführer GoPro hats vorgemacht – seitdem finden Spezialvideokameras für Sport und Stunt, für riskante Einsätze im Wasser und bei hohem Tempo reißenden Absatz. Jenseits dessen, wofür sich normale Camcorder eignen, liefern Action-Cams scharfe Aufnahmen, auf denen dank Superweitwinkel immer alles Wichtige drauf ist. Kein Sucher, kein Zoom, keine Blende und

kein manueller Weißabgleich: Wo kaum Knöpfchen sind, bleibt auch wenig Gelegenheit für Bedienfehler.

### Auf Knopfdruck

Von aktuellen Action-Cams erwartet man aber mehr Möglichkeiten: verschiedene Video- und Fotoauflösungen, Fernsteue-

rung per WLAN – und das alles in einem kleinen Gehäuse, das kaum Platz für Knöpfe und Display bietet. Mit jeder zusätzlichen Funktion steigt allerdings das Risiko, auf der Ski-Piste oder beim Motorrad-Trip mit Handschuhen die falsche Taste zu erwischen. Dann findet man am Ende des Tages eine Bilderserie vor statt eines Videos – oder Aufnahmen im falschen Format. Da man das Material auf dem Speicherchip kaum direkt prüfen kann, entdeckt man solche Fehler oft erst zu Hause – oder muss ein Notebook mitschleppen.

Eine Lösung besteht darin, ein Smartphone als WLAN-gekoppelte Fernbedienung zu nutzen. Dann greift eine App über ein Ad-hoc-WLAN auf die Action-Cam zu. Darüber kann man die Kamera aus der Ferne steuern (Start/Stopp), in Echtzeit durch den Sucher der Kamera blicken oder sogar aufgenommenes Material anschauen.

Alle hier vorgestellten Geräte lassen sich mit Android- und iOS-Smartphones fernsteuern. Das funktionierte im Test beileibe nicht fehlerfrei: Bei Garmin und GoPro endete die drahtlos gestartete Aufnahme, sobald



man das Smartphone in der Jackentasche verstaute und das Display in den Strom-Spar-Modus wechselte. Komfortabler, aber deutlich teurer ist die Fernbedienung fürs Handgelenk, wie sie Sony für seine Modelle anbietet.

## Gemeinsames

Die hier vorgestellten Action-Cams kombinieren eine robuste Bauweise, die auch derbe Erschütterungen übersteht, mit einer ausgeprägten Weitwinkel-Optik. Blickwinkel zwischen 102 und 170 Grad haben ausgeprägte Verzerrungen zur Folge. Dazu kommt eine je nach Ausführung weitgehende Wasserdichtigkeit, für die oft ein zusätzliches Schutzgehäuse sorgt.

Um die Action-Cam effektiv einsetzen zu können, muss sie sich einfach und sicher befestigen lassen – ob am Lenker, Mast oder Helm. Hierfür braucht man vibrationsarme oder fest zupackende Halterungen; praktisch ist auch ein Stativgewinde. Für längere Einsätze sollte sich der Akku mit möglichst wenig Aufwand wechseln lassen.

Aber auch die Grundwerte dürfen nicht zu kurz kommen: Auflösung, Bildwiederholrate und Schärfe. Ebenso von Belang ist die Lichtempfindlichkeit – nicht jedes Abenteuer findet bei strahlender Sonne statt.

## Trennendes

Für diesen Test durchliefen die Geräte einen anspruchsvollen Parcours. Die Handhabung der Menüs und Knöpfe wurde ebenso geprüft wie die Laufzeit einer Akkuladung; hierfür aktivierten wir alle wichtigen Funktionen, die das jeweilige Gerät bietet. Unsere Tests bei schnellen Bewegungen und unterschiedlichen Lichtsituationen gipfelten in bis zu 60 km/h schnellen Fahrten auf der Gokart-Bahn von Kart-O-Mania in Laatzen. In der großen Halle hatten alle Action-Cams bei schneller Fahrt erhebliche Mühe mit starken Kontrasten und vergleichsweise schwacher Beleuchtung. Deutlich besser sahen bei Tageslicht entstandene Videos von einer knapp

60 km/h schnellen Schussfahrt im Schnee aus. Die Ergebnisse und Bewertungen fasst die Tabelle auf Seite 112 zusammen, die auch die technischen Eckdaten der Geräte auflistet.

## Garmin Virb X/XE

Seine jüngsten Action-Cams hat Garmin in zwei Varianten herausgebracht. Die Modelle unterscheiden sich vor allem durch die möglichen Bildformate: Während die Virb X maximal 1080p30 (1920 × 1080, 30 fps) aufnimmt, speichert die 50 Euro teurere Virb XE zusätzlich in 1440p30 und 1080p60, bietet also eine höhere Framerate bei der Full-HD-Auflösung und zusätzlich das 4:3-Format 1440p (1920 × 1440).

Das wasserdichte Gehäuse der Virb ist im Querformat angelegt. Hinter der von vorn zu öffnenden Abdeckung befinden sich Akku und Speicherkarte sowie ein Päckchen Trockenmittel. Eine normale USB-Buchse fehlt; zum Anschluss benötigt man ein spezielles Kabel, ohne das sich die Cam weder laden noch auslesen lässt. Beim Setup sucht die Virb nach Satelliten, um anhand der GPS-Daten Datum und Uhrzeit einzustellen. Garmin legt nur ein gerades und ein gebogenes Klebepad bei, weitere Halterungen muss man separat kaufen.

Den recht großen Start-Stopp-Hebel auf der Oberseite findet man auch mit behandschuhten Fingern oder auf dem Helm wieder. Für Fotos gibt es einen separaten Auslöser. Der elektronische Bildstabilisator der XE bügelt feine Erschütterungen halbwegs aus; kräftige Ruckler fängt die Virb kaum ab.

Die Korrektur der Weitwinkel-Verzerrungen arbeitet erfreulich gut, schränkt allerdings den maximalen Blickwinkel von 117 Grad etwas ein. Im Zoom-Modus reduziert sich der Blickwinkel auf etwa 94 Grad – das entspricht dem Ergebnis bei aktiver Bildstabilisierung und Verzerrungskorrektur. Normalerweise nicht aktiv ist eine Profi-Video-Option, die Korrekturen für Empfindlichkeit (ISO), Schärfe, Farbe, Weißabgleich und Belichtung gestattet.

Das kleine Display auf der Oberseite zeigt nur ein Menü an, dessen Bedienung mit den drei Tasten am Gehäuse einigermaßen fummelig ist. Erst die App zeigt auf dem Smartphone eine Vorschau – mit fast einer Sekunde Verzögerung. Beim Start einer Aufnahme bleibt das Kontrollbild für ein paar Sekunden stehen, bevor es weiterläuft.

Über die App könnte man auch die Menüeinstellungen vornehmen. Doch die über die Tasten an der Kamera gewählten Parameter wirken sich nicht auf die App aus. Hat man etwa im Kameramenü PAL gewählt, beharrt die Anzeige in der App bei 1080p auf 60 statt PAL-korrekten 50 Bildern/s. Tatsächlich zeichnet die Virb, wie an der Kamera eingestellt, mit 50 Vollbildern/s auf.

Im Test wurden mehrfach per App gewählte Einstellungen bedingt durch einen WLAN-Verbindungsabbruch nicht übernommen – nach dem Reconnect muss man erst mal nachsehen, welche Änderung akzeptiert wurde und welche nicht. Überhaupt war die WLAN-Verbindung recht wackelig; oft ließ sich die Virb zwar mit dem Smartphone verbinden, reagierte dann aber nicht auf Befehle der App.

Auf Wunsch nimmt die Virb den Ton nicht mit dem eingebauten Mikro auf, sondern mit einem per Bluetooth gekoppelten Headset oder Mikrofon, das abgesetzt von der Kamera aufnimmt. Die Akkulaufzeit fällt selbst bei aktivem Bluetooth, WLAN und Bewegungserfassung mit 85 Minuten zufriedenstellend aus.

In Sachen Videoqualität bleibt die Virb etwas hinter der GoPro Hero 4 Session zurück. Die Farben wirken selbst bei der Einstellung „leuchtend“ recht neutral. Die Schärfe verdient eine gute, aber keine Spitzen-Note. Der aufgezeichnete Ton klingt etwas dumpf – wohl eine Folge des wasserdichten Gehäuses.

Dank GPS kann die Virb auch Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Ausrichtungsdaten speichern oder auf dem Top-Display anzeigen. Hat man den optionalen Trittfrequenz- oder Pulssensor angekoppelt, landen auch deren Daten im Video; die kostenlose Software Virb Edit bindet sie am PC als Untertitel ein.

Das ODB-II-Datenrelais bekommt man sowohl separat als auch im Bundle mit der Action-Cam. Über das Relais lässt sich die Virb an ein Auto mit dieser Schnittstelle ankopeln. Dann speichert die Cam beispielsweise Drehzahl, Drehmoment, Wassertemperatur, Lufttemperatur und Motorlast im Video. Damit überholt Garmin den Marktführer GoPro, der solche Funktionen nicht bietet.

**Die rasante Fahrt auf der Kart-Bahn aufzunehmen, forderte die Wandler und Bildprozessoren der Action-Cams besonders heraus: Hier wechseln Beleuchtung und Kontraste rasend schnell.**





Von außen nicht zu unterscheiden: Beide Garmin Virb-Modelle überstehen im robusten Gehäuse harte Stöße und tiefes Wasser – und liefern ansehnliche Aufnahmen.



Klein, würfelförmig, erst mit Smartphone gut bedienbar: Die GoPro Hero 4 Session steht für scharfe Videos, aber knappe Ausstattung – mit neuen Halterungen.



Leicht, klein und robust: Die Panasonic HX-A1M filmt mit natürlichen Farben, aber nur bei guter Beleuchtung und ruhiger Hand auch ausreichend scharf.

## GoPro Hero 4 Session

Auf den ersten Blick hält man sie nicht für eine GoPro: Der Hersteller hat sich von der bisherigen rechteckigen Form verabschiedet; die Hero 4 Session ist ein Würfel. Der Akku ist nicht wechselbar; den Deckel zum Kartenschacht hält ein Scharnier. Am schwarzen, robust aussehenden Gehäuse findet man nur zwei Knöpfe, um das Gerät zu steuern, sowie ein winziges Schwarzweiß-Display und die obligaten, bei laufender Aufnahme rot leuchtenden LEDs an zwei Gehäuse-Ecken – das wars. Wasserdicht ist die 4 Session bis 10 Meter Tauchtiefe. Im Vergleich zu den Vorgängermodellen lässt sie sich bei immer noch hoher Videoqualität weniger elegant bedienen.

Ihren Nutzwert verdankt die GoPro erst der App, mit der man die Cam fernbedienen kann. Dank der Kombination von WLAN und Bluetooth lässt sich die Kamera aus der Ferne sogar ein- und ausschalten. Die App zeigt sich übersichtlich und gut strukturiert. Die Live-Vorschau kommt mit spürbarer Verzögerung; bei laufender Aufnahme zeigte sie in Full-HD nur 25 und 30, nicht jedoch 50 oder 60 Vollbilder/s. Videos lassen sich direkt von der SD-Card der Cam auf dem Smartphone abspielen.

Wir brauchten etliche Versuche, um eine WLAN-Verbindung zwischen Cam und Smartphone zu bekommen. Doch die brach immer wieder zusammen. Oft misslang die WLAN-Kopplung, weil das auf der Cam angezeigte Passwort vom Smartphone nicht akzeptiert wurde. Dass sich die GoPro zum Stromsparen schnell wieder abschaltet, war dabei nicht hilfreich.

Sind alle Parameter wunschgemäß festgelegt, reicht ein kurzer Druck auf die rote Aufnahmetaste des Würfels, um die GoPro mit

etwa vier Sekunden Verzögerung in den Aufnahmemodus zu schicken. Dumm, dass sich die Kamera nach gestoppter Aufnahme gleich wieder abschaltet. Drückt man länger auf den roten Knopf, aktiviert dies den Foto-Burst-Modus.

Die Bedienung ist alles andere als konsistent. Wenn man die Kamera bei aktivem WLAN per Hand einschaltet, bleibt sie nach der Aufnahme an. Dann muss man sie durch einen Druck auf die zweite Taste und Bestätigung mit der Aufnahmetaste ausschalten, will man den Akku nicht unnötig leersaugen. Hat man die Cam verloren, hilft die via WLAN ausgelöste Funktion „Locate Camera“. Dann piept die Cam, bis man sie gefunden hat – oder der Akku aufgibt.

Für ambitionierte Zwecke eignet sich der ProTunes-Modus, bei dem man die Empfindlichkeit zwischen 400 und 1600 ISO umschalten kann; obendrein lässt sich eine Bildschärfung aktivieren. Die GoPro-Studio-Software installiert den Cineform-Codec, der einen größeren Spielraum für nachträgliche Bildkorrekturen lässt.

Um die 4 Session befestigen zu können, gibt es einen Gehäusekäfig, der die Kamera sicher einspannt. Die mitgelieferte Kugelpf-Halterung für die Würfelkamera ist mit fest verschweißten Metallverschraubungen ausgestattet; sie hält die Kamera sicher – und erlaubt trotzdem bequeme Anpassungen der Kameraposition.

Im Test reichte die Akku-Kapazität für rund 85 Minuten Aufnahmezeit – das ist vergleichbar mit den Vorgängermodellen der Black Edition. Bei rund 123 Grad Blickwinkel fallen die Bildverzerrungen im SuperView-Modus deutlich aus; etwas besser wird das im normalen Weitwinkel. Farbabstimmung und Kontraste verdienen gute Noten – nur die Schärfe enttäuschte: Bei schnellen Fahr-

ten kann von Detailzeichnung keine Rede mehr sein. Ton nimmt die GoPro vergleichsweise leise auf.

## Panasonic HX-A1M

Klein, leicht, unauffällig: Mit rund 45 Gramm eignet sich die HX-A1M auch für den fliegenden Einsatz. Sie hat das Format eines Feuerzeugs und wird über drei Tasten gesteuert, um sie ein- und auszuschalten, zwischen Video- und Foto-Modus zu wechseln und die WLAN-Funktion zu aktivieren. Diese Bedienelemente genügen zum Starten und Beenden einer Videoaufnahme oder zum Auslösen eines Fotos. Die kleinen Knöpfe sind leicht erhaben angeordnet, sodass man sie durch dünne Handschuhe ertasten kann. Sechs LEDs signalisieren, ob Kamera und WLAN eingeschaltet sind, ob der Foto-, Time-lapse- oder Video-Modus aktiv ist und ob man gerade aufnimmt. Im prallen Sonnenschein kann man deren Status aber kaum erkennen.

Alle weiteren Funktionen stellt erst die „Image App“ bereit. Ihre Ausstattung entspricht dem, was andere bieten. Die Live-Vorschau bleibt auch während der laufenden Aufnahme sichtbar. Das Vorschaufenster der App ist relativ klein, hier verschenkt Panasonic unnötig Platz mit einem breiten Rahmen. Videos und Fotos von der Cam kann man sich direkt auf der App anschauen – oder die Dateien auf das Smartphone übertragen.

Die A1M kommt mit recht überschaubarem Zubehör. Neben Stativadapter, USB-Ladekabel sowie einem Montage-Kit für den Lenker, ergänzt um mehrere Klebänder, findet man nur noch eine IR-Glasabdeckung für den Nachtmodus im Karton. Wenig begeistern konnten die mitgelieferten Halterungen. Die Multi-Halterung VW-MK A1 G



könnte man am Helm festkleben, wenn nicht das dazu erforderliche Klebe-Pad fehlen würde. Für die Testfahrt auf der Ski-Piste musste die Cam mit Panzerband auf dem Helm befestigt werden. Damit waren die Bedienknöpfe nicht mehr erreichbar und die Cam ließ sich nicht mehr ausrichten – außerdem sah es bescheuert aus.

Für 100 Euro extra gibt es eine Akku-Erweiterung, die mit der Kamera verschraubt wird; das Ganze sieht anschließend wie ein Mikrofon aus. Das Gewicht erhöht sich dabei auf insgesamt 134 Gramm, die Akkulaufzeit um rund 70 Minuten – dann auf insgesamt sehr gute 136 Minuten. Ohne die Erweiterung war im Test schon nach 66 Minuten Feierabend.

Mit gut 100 Grad fällt der Blickwinkel der Panasonic relativ eng aus. Trotzdem weisen die Aufnahmen eine ausgeprägte Verzerrung auf. Mangels Stabilisator zeigen die Aufnahmen von der sparsam beleuchteten Kart-Bahn wenig Brauchbares. Auch kleinere Erschütterungen dringen voll ins Video durch, so dass die Clips mit 30 Bildern/s unscharf, verrauscht und verwackelt waren. Die Ski-Aufnahmen dagegen sehen bei Tageslicht deutlich besser aus: Sie zeigen eine akzeptable Schärfe und ordentliche Kontraste. Auf Lichtwechsel reagiert die Panasonic eher träge. Gut gelungen ist dagegen die Farbabstimmung. Der Ton klingt eher basslastig. Und tauchfest ist die A1M nur bis 1,5 Meter Wassertiefe.

### Rollei Actioncam 410 / 420

Im Preisbereich unter 200 Euro ist Rollei gleich mit zwei Modellen vertreten, die sich vor allem bei Gehäuse und Bedienkonzept unterscheiden. Dennoch gibt es große Ähnlichkeiten. Die kleinere 410 kommt zum Preis von 140 Euro mit spritzwassergeschützten Anschlüssen und SD-Kartenslot, Display und drei Tasten, während die 420 für 60 Euro mehr vier Tasten und ein Stativgewinde aufweist. Außerdem nimmt die Rollei 420 4K-Videos auf – allerdings mit gerade mal 10 Bildern/s. Die 420 sollte man ohne Schutzgehäuse keinem schlechten Wetter aussetzen.

Beide Modelle lassen sich per WLAN fernsteuern und werden mit einem bis 40 Meter Wassertiefe tauchfähigen Schutzgehäuse geliefert. Die gleich großen Displays zeigen eine ziemlich ähnliche Video-Vorschau; indes ist das Bild der 420 spürbar heller.

Auch die relativ großzügig bemessene Ausstattung – Lenker- und Stangenhalterung, Klebepads und dazugehörige Helmhalterungen – ähnelt sich weitgehend. Rollei liefert die 420 mit Safety Pads aus; damit löst sich die Kamera vom Helm, wenn sie beispielsweise gegen einen Ast schlägt, bevor man sich gefährliche Verletzungen zuzieht.

Die Bedienung der 410 erfolgt über zwei Tasten auf der Oberseite und die Taste auf der Gehäusefront, die auch das WLAN aktiviert. Sich damit durch das Menü zu hangeln, ist mühsam und fehleranfällig. Das verbessert auch die zusätzliche Taste der 420 nicht.



**Ähnliche Technik in unterschiedlichen Gehäusen: Die Displays der Rollei-Cams erleichtern die Bedienung, doch die Video-Qualität bleibt hinter den Erwartungen zurück.**

Abstürze der Kamera-Software waren im Test an der Tagesordnung; zum Neustart mussten wir den Akku herausnehmen. Nach nur 10 Minuten Aufnahme waren beide Rolleis sehr warm; nur die TomTom Bandit heizte noch intensiver. Die Akku-Laufzeiten lagen mit 52 (410) sowie 60 Minuten (420) am unteren Ende des Testfeldes.

Etwas bequemer lassen sich die Rollei-Cams per App steuern. Darüber kann man Auflösung und Framerate sowie einen Selbstauslöser einstellen; außerdem wird grob der Batteriestand angezeigt. Zudem kann man den automatischen Weißabgleich deaktivieren und die SD-Card in der Cam formatieren. Das Monitorbild wird auch bei laufender Aufnahme angezeigt, allerdings leicht verzögert. Die App bietet einen separaten Foto-Auslöser und für die Videoaufnahme einen Start/Stop-Button sowie einen Überblick über die Aufnahmen. Fotos und Videos lassen sich löschen oder aufs Smartphone übertragen.

Bei der 410 kann man aufgezeichnete Videos nicht direkt per App anschauen; dazu muss man sie erst auf das Smartphone kopieren. Fotos werden jedoch angezeigt; auch sie können auf Wunsch auf das Smartphone geladen werden. Die Apps für iOS und Android sehen sich bei gleichem Funktionsumfang sehr ähnlich. Die 420 erlaubt gegenüber der 410 zusätzlich eine Wiedergabe von Fotos und Videos via WLAN und bietet auch Datumsstempel, Über-Kopf-Korrektur und Zeitlupe.

Beide Rolleis lassen sich über eine mitgelieferte Armband-Fernbedienung starten, pausieren und stoppen. Das Aufladen des Akkus dauert überdurchschnittlich lange.

Die Qualität der Aufzeichnungen rangiert im unteren Segment. Schärfe und Kontrast sind gerade noch befriedigend. Der Ton klingt vor allem im Schutzgehäuse eher dumpf und sehr leise. Die 12-MPixel-Fotos sehen bei guter Beleuchtung recht ansehnlich aus.



**Farbdisplays auf der Rückseite erleichtern die Ausrichtung der Kamera und die Kontrolle der Aufnahmen. Sie sind allerdings nur bei den preiswerten Action-Cams des Testfeldes vertreten, den beiden Modellen von Rollei und der Somikon DV-4017.**

## Somikon DV-4017 Wifi

Mit einem Verkaufspreis von nur 150 Euro liegt die Somikon-Kamera am unteren Ende der Preisskala – und bietet trotzdem eine satte Ausstattung. Von Helm- und Lenkradbefestigungen über Draht-Leash und Kabelbindern ist alles dabei, um gleich loszulegen.

Im Gehäuse brachten die Entwickler eine vergleichsweise gut bedienbare Steuerung, einen auswechselbaren Akku und ein Farbdisplay unter, das bei der Ausrichtung der Kamera ebenso gute Dienste leistet wie zur Kontrolle, ob die Aufnahmen gelungen sind.

Neben dem wasser- und staubdichten Schutzgehäuse legt der Hersteller ein offenes Käfig-Gehäuse bei, das sich für weniger schmutzgefährdete Einsätze oder für Aufnahmen mit Ton empfiehlt. Es lässt sich auch kopfüber an einem Foto-Stativ befestigen. Ohne das wasserdichte Schutzgehäuse liegen die Buchsen für HDMI, USB und SD-Card allerdings frei – da sollte man schon sehr sicher sein, dass man mit der Kamera nicht baden geht ...

Die Cam startet ohne Verzögerung nach dem Knopfdruck auf den Ein-Taster. Die Bedienung über die vier Tasten läuft deutlich logischer und verständlicher ab als bei den Rollei-Cams. Die Apps für Android und iOS bieten da kaum einen Vorteil. Die App „FinalCam“ stellte einen sehr schnellen WLAN-Kontakt bereit – und baute eine stabile Verbindung zur Cam auf. Indes kann man damit nur die Videoqualität in vier Stufen verändern. Ein Wechsel der Framerate ist nicht vorgesehen: Das 4K-Format kann man nur direkt an der Kamera anwählen.

Die Live-Vorschau bleibt während der Aufnahme zunächst an – wenn auch mit über einer Sekunde Verzögerung. Nach einiger Zeit schaltet die App die Anzeige ab – auch wenn die Aufnahme weiterläuft. Zur Wiedergabe direkt aus dem Speicher der Cam erscheinen Videos und Fotos in der App-Galerie zunächst nur mit Dateinamen und ohne Miniaturvorschau. Erst wenn man sie auswählt, erscheint eine erkennbare Vorschau.

Ein Beipackzettel in der Verpackung informiert über eine alternative App namens „Ca-

**Viel Kamera für wenig Geld: Die Somikon DV-4017 WiFi kommt mit Farbdisplay und viel Zubehör und lässt sich passabel bedienen. Die Videos leiden aber unter starkem Rauschen.**



nany“. Doch deren Android-Version bietet auch nicht mehr Einstellmöglichkeiten als „FinalCam“. Nur die Canany-App für iOS bietet ein paar Funktionen mehr; das 4K-Format lässt sich aber auch hier nicht aktivieren.

Solange die Kamera nicht bewegt wird, zeigen die aufgenommenen Videos eine brauchbare Schärfe und akzeptable Kontraste, außerdem eine ordentliche Helligkeitsverteilung. Bei schnellen Bewegungen der Kamera und bei nachlassendem Licht leidet die Schärfe drastisch. Trotz der eingebauten Stabilisierung dringen auch leichte Erschütterungen ins Video durch. Die Farben kommen halbwegs ordentlich, bei nachlassender Beleuchtung rauschen die Bilder stark. Die Audioaufnahme klingt ohne Schutzgehäuse durchaus brauchbar.

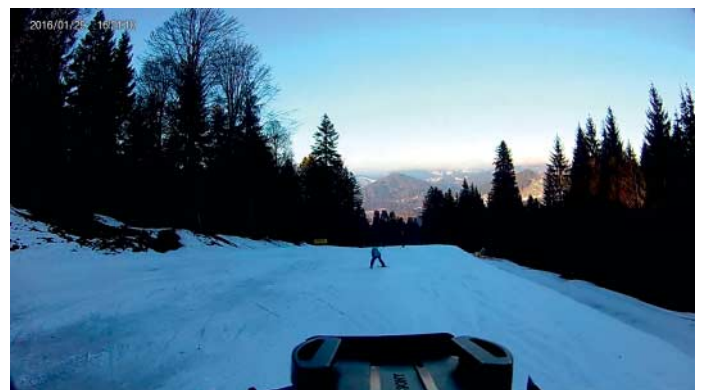
## Sony HDR-AZ1

Neben der Panasonic stellt Sony die kleinste und unauffälligste Action-Cam im Testfeld. Dafür wurde der GPS-Empfänger wie die meisten Bedienelemente in die optionale, 150 Euro teure Armband-Fernbedienung ausgelagert. An der Cam selbst gibt es nur den Ein-/Ausmacher, die WLAN-Taste, mit der man auch zwischen Video-, Foto- und Intervall-Modus wechselt, und die vor Fehlbedienung verriegelbare Aufnahmetaste, mit der man bei ausgeschaltetem Gerät zugleich Kamera und Aufnahme aktiviert. Der Akku ist auswechselbar, ein HDMI-Ausgang fehlt.

Eine kleine Halterung, die am Kameragehäuse eingehakt und schraubgesichert wird, stellt das übliche 1/4-Zoll-Stativgewinde bereit. Damit kann man die Action-Cam auch ohne Gehäuse befestigen. Die weitere Ausstattung fällt in der 250 Euro teuren Basisversion sehr sparsam aus: Stativadapter, Wasserschutzgehäuse, Klebepad – das wars.

Auch ohne Schutzgehäuse ist die AZ1 laut Hersteller bereits spritzwassergeschützt. Doch für Taucheinsätze eignet sie sich selbst im mitgelieferten Unterwassergehäuse nicht, denn das übersteht lediglich maximal fünf Meter Wassertiefe. Der Zubehörkatalog von Sony bietet auch keine tiefergängige Alternative.

Den kompletten Funktionsumfang und alle Menüs der AZ1 stellt erst die Funkfernbedienung zur Verfügung, ohne die sich nicht mal die Videoauflösung wechseln lässt. Nur mit der Fernbedienung dokumentiert die AZ1 auch den Drehort. Sie ist aber allein schon wegen des 3,8 Zentimeter großen, praktischen Displays ein essenzieller Dazukauf. Über die Anzeige lässt sich das Video auch dann kontrollieren, wenn die Kamera außer Griffweite ist – wenn auch nicht im prallen Sonnenschein.



Im Licht der schräg stehenden Sonne sah die Schneelandschaft sehr reizvoll aus – aber nicht auf allen Videos. Während die GoPro (links) detailreiche und kontraststarke Clips lieferte, sahen die Winter-Impressionen bei der Rollei 410 (rechts) mit Sepia-Blau-Tönung eher verwaschen aus.



**Beste Videoqualität, aber bescheidene Ausstattung:** Die Sony HDR-AZ1 profitiert von ihrem Bildstabilisator. Mager sind dagegen die Akku-Kapazität und das mitgelieferte Zubehör.



Bei der ersten Inbetriebnahme ließ sich die Kamera nicht mit der Fernbedienung koppeln. Laut Kurzanleitung soll die AZ1 nach der Kopplung mehrere lange Signaltöne von sich geben – was wir als Hinweis darauf lasen, dass man die WLAN-Taste länger gedrückt halten soll. Doch die langen Signaltöne kamen erst nach dem langen Druck auf die WLAN-Taste. Es erforderte schon Erfindungsgeist, um die WLAN-Verbindung aufzubauen ... Etwas einfacher gelang die Kopplung mit dem Smartphone; dazu benötigt man aber die auf der Kamera gespeicherten, per USB ausgelesenen Zugangsdaten.

Ein digitales Handbuch muss man im Internet suchen. Immerhin lässt sich die Sony dank der Fernbedienung am Handgelenk komfortabler nutzen, vor allem dank der deutlich besser lesbaren Menüs.

Leichter und angenehmer als per Fernbedienung klappt die Grundkonfiguration mit der „Play Memories“-App für iOS und Android. Sie stellt einen satten Funktionsumfang bereit, einschließlich der Wiedergabe von Videos und Fotos direkt aus der Cam. Die Live-Vorschau überträgt nur wenige Frames pro Sekunde, weshalb schnelle Bewegungen im Bild auf dem Smartphone ruckeln.

Dank des leistungsstarken Stabilisators sehen die Aufnahmen der AZ1 erfreulich ruhig und glatt aus. Selbst auf der Kart-Bahn drückte der elektronische Entwackler einiges an Erschütterungen weg. Schärfe und Farbwiedergabe rechtfertigen gute Noten; auch die Lichtempfindlichkeit schneidet gut ab. Ohne Schutzgehäuse liefert die AZ1 eine gute Audio-Wiedergabe.

Größter Kritikpunkt neben der kargen Ausstattung ist zweifellos der schwache Akku. Mehr als eine gute Stunde darf man nicht erwarten. Man sollte also besser einen Ersatz-Akku dabei haben – Kostenpunkt: 60 Euro.

### Tomtom Bandit

Bisher war Tomtom für seine Navigationsgeräte bekannt. Jetzt machen die Niederländer es dem Navi-Marktführer Garmin nach und bringen eine eigene Action-Cam heraus. Die Tomtom Bandit vermittelt einen wertigen und stabilen Eindruck, was auch am Gewicht liegen dürfte: Mit knapp 200 Gramm ist die Bandit die schwerste Cam im Testfeld.

Auch das Gehäuse ist ungewöhnlich. Akku und Speicherkarte kommen in einem herausnehmbaren Modul, das man einzeln nach-

kaufen kann. Die Kamera ist innerhalb ihrer Halterung um 180 Grad verdrehbar; allerdings wäre eine straffere Befestigung mit weniger Spiel wünschenswert, um ein unerwünschtes Verdrehen zu vermeiden.

Die auch mit Handschuhen bedienbare Schnellkupplung kann man mit zwei Fingern öffnen. So lässt sich die Cam kurzerhand abnehmen und entgegengesetzt andocken, um in die Gegenrichtung zu filmen. Auch die Schnellkupplung weist relativ viel Spiel auf, weshalb manche Erschütterungen ins Video durchschlagen. Ein zu den älteren GoPro-Halterungen kompatibler Adapter wird mitgeliefert, doch er erwies sich im Test als nicht sonderlich zupackend; die schwere Cam kippte des Öfteren nach vorn.

Auf der Oberseite der Bandit befindet sich ein auch im prallen Sonnenlicht gut ablesbares Monochrom-Display. Gesteuert wird die Kamera über eine Vier-Quadranten-Taste zusammen mit Enter- und Start-Taste. Damit lässt sich die Bandit vollständig und logisch verständlich bedienen. Eingeschaltet wird sie durch längeres Drücken der rückwärtigen Taste. Ein erneuter Tastendruck startet die Aufnahme, was von einem Signaltönen und rot blinkenden LEDs bestätigt wird.



Auf der Gokart-Bahn hatten alle Kandidaten Probleme mit den krassen Kontrasten auf dem schnellen, kurvenreichen Parcours. Dank ihres Stabilisators schaffte die Sony AZ1 (links) es, akzeptable Clips zu filmen, während die Somikon DV-4017 (rechts) von den harten Lichtverhältnissen und dem hohen Tempo überfordert wurde.



**Robust, massig, gut bedienbar: Ordentliche Bildqualität verbindet die Tomtom Bandit mit einer bequem zu öffnenden Halterung. Der wechselbare Akku hielt am längsten durch.**

Der Ton zum Video gefiel dank klarer Übertragung, wenn auch hier und da laute Windgeräusche störten. Die Aufnahmen auf der Kart-Bahn bei laufendem Motor waren durchweg übersteuert.

Eher sparsam fällt die Ausstattung mit Halterungen und Zubehör aus. Ergänzungen werden vergleichsweise teuer verkauft. So verlangt Tomtom zum Beispiel für eine einfache Befestigungsschleife für das Handgelenk satte 30 Euro, dasselbe kostet eine simple Klemme für einen Rucksack. Eine

Teleskopstange für Selfie-Videos schlägt mit 70 Euro zu Buche, eine einfache 2-Knopf-Fernbedienung ohne Display für das Handgelenk mit 50 Euro. Dank der eingebauten Sensoren für Geschwindigkeit und Beschleunigung lassen sich Szenen etwa mit maximalem Tempo entsprechend markieren. Optional ist auch ein Brustgurt zur Messung des Pulsschlages erhältlich; besonders hohe Herzfrequenzen werden auf Wunsch im Video dokumentiert.

## Fazit

Statt abenteuerlustig erwiesen sich die getesteten Action-Cams als abenteuerlich – insbesondere in der Bedienung. Vielleicht könnte man sich mit den wenigen Knöpfen und kargen Menüs besser arrangieren, wenn die App-Anbindung funktionierte. Statt-

Merkwürdig fanden wir, dass die 4K-Videoaufnahme – mit nur 15 Vollbildern/s eher uninteressant – und deutlich spannendere 2,7k-Videoaufnahme mit 30 Vollbildern/s nicht im Video-Modus, sondern in einem gesonderten Film-Menü zugänglich sind. Das höher als Full-HD auflösende 2,7K-Format ermöglicht eine nachträgliche Bildstabilisierung, die nahezu verlustfrei entwackelte Full-HD-Videos ergibt. PAL-typische Bildwiederholraten (25 und 50 Bilder/s) fehlen, was beim Filmen mit 30 oder 60 Bildern/s unter Leuchtstoffröhren zu Geflicker führen kann.

Noch bequemer als mit den Tasten lässt sich die Kamera mit der Tomtom-App für iOS und Android bedienen. Die auf dem Smartphone angezeigte Vorschau ist extrem schnell und selbst während laufender Aufnahme fast verzögerungsfrei. Die Wiedergabe der Fotos und Videos läuft direkt per WLAN. Die App stellt außerdem die wichtigsten Funktionen wie Videomodus (Normal, Zeitlupe/-raffer, Foto) und die Wahl von Frame-Rate, Auflösung sowie Bildwinkel (weit/normal) bereit.

Im Test kam es immer wieder zu Übertragungsabbrüchen, woraufhin die WLAN-Verbindung neu aufgebaut werden musste. Noch nerviger: Beim Einschalten erschien häufig die Meldung, dass die SD-Karte repariert werden müsse. Auch nach der „Reparatur“ durch die Cam tauchte diese Warnung immer wieder auf.

Laut Hersteller soll die Bandit drei Stunden ohne Unterbrechung in HD filmen. Im Test endete die Akku-Kapazität nach 2 Stunden, wenn man in HD mit 720p30 (1280 × 720, 30 fps) filmte. Dennoch erzielte die Laufzeit der Bandit damit den Spitzenplatz im Testfeld. Allerdings setzt die Cam viel Energie in Wärme um; das Gehäuse wird extrem heiß.

In Sachen Bildqualität überzeugte die Bandit weniger. Zwar arbeitet die Belichtungssteuerung prompt und gut, doch insbesondere bei schneller Fahrt wird das Video unscharf. Etwas kraftlos fällt die Farbabstimmung aus, dafür wird der Kontrast etwas zu stark angehoben. Schwache Beleuchtung führt zu deutlichem Farbrauschen. Mit 115 Grad sowohl in Full-HD als auch 4K arbeitet die Bandit im üblichen Bildwinkel.

## Action-Cams

Name	Garmin Virb X	Garmin Virb XE	GoPro Hero 4 Session
<b>System</b>			
Sensorgroße	1/2,3 Zoll	1/2,3 Zoll	1/2,3 Zoll
Sensorauflösung	12,4 MPixel	12,4 MPixel	8 MPixel
Aufnahmewinkel	117 Grad	117 Grad	123 Grad
<b>Video</b>			
Bildformat: 4K 16:9 (3840 × 2160)	–	–	–
2K7 16:9 (2560 × 1440)	–	–	–
Full HD 4:3 (1920 × 1440)	–	✓, 30 fps	✓, 30 fps
Full HD 16:9 (1920 × 1080)	✓, 30 fps	✓, 60 fps	✓, 60 fps
HD 4:3 (1280 × 960)	✓, 30 fps	✓, 30 fps	✓, 30 fps
HD 16:9 (1280 × 720)	✓, 60 fps	✓, 60 fps	✓, 100 fps
SD 16:9 (848 × 480)	✓, 120 fps	✓, 120 fps	✓, 120 fps
Dateiformat / Codec	MP4 / MPEG-4 AVC (Audio: AAC LC)	MP4 / MPEG-4 AVC (Audio: AAC LC)	MP4 / MPEG-4 AVC (Audio: AAC LC)
Datenrate	25 MBit/s	25 MBit/s	25 MBit/s
<b>Audio</b>			
Tonaufnahme (Mono/Stereo)	Stereo	Stereo	Mono
Mikrofonanschluss	optional	optional	–
<b>Foto</b>			
Auflösung	12 MPixel	12 MPixel	12 MPixel
Intervall-Fotofunktion	✓	✓	✓
<b>Ausstattung</b>			
Bildstabilisator	–	✓	–
Status-/Video-Display (Diagonale)	✓/–	✓/–	✓/–
Objektiv drehbar/180°-Korrektur	–/✓	–/✓	–/✓
Spritzwasserschutz/wasserdicht bis	✓/✓/50 m	✓/✓/50 m	–/✓/10 m
mit Unterwassergehäuse	✓	✓	✓
GPS-Empfänger/WLAN	✓/✓	✓/✓	–/✓
Speicherkarten-Slot	Micro-SDHC	Micro-SDHC	Micro-SDHC
Akku auswechselbar	✓	✓	–
Akkulaufzeit (lt. c't-Messung)	85 Minuten	85 Minuten	94 Minuten
Anschlüsse	Spezial-USB	Spezial-USB	USB, HDMI
Laden über USB	✓	✓	✓
<b>Lieferumfang</b>			
mitgelieferte Befestigungsmöglichkeiten	Klebehalterung, sonstige Halterung	Klebehalterung, sonstige Halterung	Klebehalterung, sonstige Halterung
Abmessungen (L × B × H)	3,8 cm × 8,0 cm × 6,7 cm	3,8 cm × 8,0 cm × 6,7 cm	3,6 cm × 3,8 cm × 3,8 cm
Gewicht	152 g	152 g	74 g
<b>Bewertung</b>			
Farbwiedergabe/Lichtempfindlichkeit	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ⊕
Schärfe/Kontraste	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ⊕
Weitwinkelverzerrung	⊕	⊕	⊕
Foto/Audio	○ / ○	○ / ○	⊕ / ⊕
Ausstattung/Handhabung	○ / ○	⊕ / ○	○ / ⊕
Fernsteuerung per App	⊕	⊕	⊕
Preis	400 €	450 €	250 €
⊕⊕ sehr gut   ⊕ gut   ○ zufriedenstellend   ⊖ schlecht   ⊖⊖ sehr schlecht			



dessen hagelte es Verbindungsprobleme, Abstürze der Kamera-Firmware, angeblich defekte Speicherkarten und winzige, kryptisch beschriftete Menüs. Von der Bedienungsanleitung der Sony AZ1 fühlten wir uns direkt in den April geschickt: Hier wollten Beschreibung und Gerät nicht zueinander passen.

Freut man sich eben noch mit Skiern oder Taucherflaschen auf den bevorstehenden Freizeitspaß, flucht man Minuten später darüber, dass man sich die eigenwilligen Tastenkombinationen nicht merken konnte, um die Action-Cam ins gewünschte Format zu schalten oder zur Aufnahme zu bewegen. Wenns dann endlich losgehen kann, muss man sich beeilen: Die vielen zusätzlichen Funktionen reduzieren die Laufzeit der meisten Action-Cams drastisch und lassen sich nur im Ausnahmefall abschalten.

Die beste Videoqualität lieferte die Sony AZ1 dank hoher Sensor-Auflösung und bewährtem Bildstabilisator – den guten Eindruck trüben jedoch die geringe Akkukapazität und die fehlende Tauchfähigkeit. Die längste Laufzeit bietet die unterwassertaugliche Tomtom Bandit, die in einer etwas schlechteren Videoqualität speichert, sich aber gut bedienen lässt; hier muss man allerdings Abstriche bei der Befestigung hinnehmen. Eine sehr robuste Befestigung bekommt man mit den unterwassertauglichen Garmin-Cams, deren Bedienkonzept akzeptabel ausfällt; billig sind sie aber nicht.

Ausgerechnet die preiswerten Action-Cams warten oft mit reichlichem Zubehör auf und stellen brauchbare Displays bereit, um Blickwinkel und Aufnahme zu kontrollieren. Jetzt müssten sie nur noch lernen, bessere Videos zu liefern. Vor allem das Mo-

dell des Marktführers GoPro zwingt den Anwender zum Blindflug, zu unsinnigem Gefummel mit nur zwei Tasten – oder zur Nutzung der App, wenn sie mal fehlerfrei verbunden wird. Mitten in der Action ist ein zerbrechliches Smartphone aber fehl am Platze.

Die technischen Eckwerte der Geräte spielen vor dem Hintergrund der oft mäßigen Bedienbarkeit und Betriebssicherheit eine untergeordnete Rolle. Hochgestochene Bildformate und megapixelstarke Wandler helfen nicht weiter, wenn die Kamera nicht vernünftig zu handhaben ist. Statt der mäßigen 4K-Videos, die wir im Test zu sehen bekamen, sollte man Action lieber in ordentlicher Full-HD-Qualität filmen können. (uh@ct.de)

**ct** Action-Cam-Video: [ct.de/yzfa](http://ct.de/yzfa)

Panasonic HX-A1M	Rollei 410	Rollei 420	Somikon DV-4017 WiFi	Sony HDR-AZ1	Tomtom Bandit
k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1/2,3 Zoll	k. A.
3,5 MPixel	4 MPixel	12 MPixel	16 MPixel	18,9 MPixel	16 MPixel
102 Grad	150 Grad	170 Grad	170 Grad	138 Grad	115 Grad
–	–	✓, 10 fps	✓, 24 fps	–	✓, 15 fps
–	–	–	✓, 30 fps	–	✓, 30 fps
–	–	✓, 30 fps	–	–	–
✓, 30 fps	✓, 60 fps	✓, 60 fps	✓, 60 fps	✓, 60 fps	✓, 60 fps
–	–	–	–	–	–
✓, 60 fps	✓, 120 fps	✓, 120 fps	✓, 120 fps	✓, 120 fps	✓, 120 fps
✓, 30 fps	–	–	–	–	–
MP4 / MPEG-4 AVC (Audio: AAC LC)	MOV / MPEG-4 AVC (Audio: PCM)	MOV / MPEG-4 AVC (Audio: PCM)	MP4 / MPEG-4 AVC (Audio: AAC LC)	MPEG-4/H.264/XAVCS	MP4 / MPEG-4 AVC (Audio: AAC LC)
15 MBit/s	18,4 MBit/s	22,6 MBit/s	20,3 MBit/s	51,5 MBit/s	20 MBit/s
Mono	Mono	Mono	Mono	Stereo	Mono
–	–	–	–	–	optional
3,5 MPixel	4 MPixel	12 MPixel	16 MPixel	11,9 MPixel	16 MPixel
✓	✓	✓	✓	✓	✓
–	–	–	✓	✓	–
✓/–	✓/✓, 5,08 cm	✓/✓, 5,08 cm	✓/✓, 5,1 cm	✓/✓ (3,8 cm in Fernbedienung)	✓/–
360 Grad/✓	–/✓	–/✓	–/–	–/✓	–/✓
✓/✓/1,5 m	✓/✓/40 m	–/✓/40 m	–/✓/30 m	✓/✓/5 m	✓/✓/50 m
–	✓	✓	✓	–	✓
–/✓	–/✓	–/✓	–/✓	✓/✓	✓/✓
Micro-SDHC	Micro-SDHC	Micro-SDHC	Micro-SDHC	Micro-SDHC/Memory Stick Micro	Micro-SDHC
–	✓	✓	✓	✓	✓
66 Minuten	52 Minuten	60 Minuten	60 Minuten	68 Minuten	120 Minuten
USB	USB, HDMI	USB, HDMI	USB, HDMI	USB	USB
✓	✓	✓	✓	✓	✓
Klebehalterung, sonstige Halterung	Klebehalterung, sonstige Halterung	Klebehalterung, Stativadapter, sonstige Halterungen	Klebehalterung, sonstige Halterung	Klebehalterung, Stativgewinde, sonstige Halterung	Klebehalterung, sonstige Halterung
8,4 cm × 2,5 cm × 2,5 cm	5,4 cm × 3,7 cm × 5,1 cm	6,2 cm × 4,5 cm × 3,5 cm	6 cm × 4,1 cm × 2,9 cm	8 × cm 3,5 cm × 5,4 cm	9,4 cm × 4,0 cm × 5,5 cm
44 g	78 g	65 g	65 g	122 g	192 g
⊕ / ⊖	⊖ / ⊕	⊖ / ⊕	⊖ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊖
⊖ / ⊕	⊖ / ⊖	⊖ / ⊖	⊖ / ⊖	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕
⊖	⊖	⊖	⊕	⊖	⊖
⊕⊕ / ⊖	⊖ / ⊕	⊖ / ⊕	⊕⊕ / ⊖	⊕ / ⊕	⊖ / ⊕⊕
⊖ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊖	⊖ / ⊕	⊖ / ⊕
⊖	⊕	⊖	⊕	⊕	⊖
200 €	150 €	200 €	150 €	250 €	430 €
✓ vorhanden	– nicht vorhanden	k. A. keine Angabe			

Rudolf Opitz

# Arbeitstiere

## Laser-Farbmultifunktionsgeräte für Arbeitsgruppen

Aktuelle Multifunktionsdrucker für Arbeitsgruppen bewältigen problemlos sehr hohe Druckaufkommen und lassen sich übers Netzwerk bequem und sicher bedienen. Mit Smartphones und Tablets kommunizieren sie ebenso zuverlässig wie mit Mailservern und Netzwerkspeichern.



Für Büros mit sechs bis zwanzig Arbeitsplätzen ist ein leistungsfähiger Multifunktionsdrucker fürs ganze Team meist die bessere Wahl, als jeden Schreibtisch mit einem kleineren Arbeitsplatzgerät zu bestücken. Solche Drucker für Arbeitsgruppen haben abgesehen von der Druckleistung meist eine deutlich bessere Ausstattung, mehr Erweiterungsoptionen und geringere Betriebskosten. Außerdem begrenzen sie die Laserdrucker-typischen Ausdünstungen auf eine Druckerecke oder besser noch einen separaten Druckerraum.

Die Laser-Farbmultifunktionsdrucker in diesem Test sollten mindestens für eine Maximalauslastung (duty cycle) von 50 000 Seiten im Monat ausgelegt sein. Dieser Wert gilt jedoch nur für Ausnahmefälle. Für die regelmäßige Druckmenge empfehlen die Hersteller je nach Gerät pro Monat 1500 bis 6000 Seiten. Weitere Voraussetzungen waren Duplexbetrieb (automatisches beidseitiges Drucken, Scannen und Kopieren), ein Papierfach für mindestens 250 Blatt, Erweiterbarkeit mit Zusatzfächern und Netzwerkbetrieb. Das Testfeld besteht aus dem Brother MFC-L8850CDW, dem Dell S2825cdn, dem Color LaserJet Pro MFP M477fdw von HP, dem Ecosys M6535cidn von Kyocera, dem Oki MC760dn und dem Samsung ProXpress C2680FX.

Für Arbeitsgruppen taugliche Geräte wie die Modelle von Dell und HP bekommt man bereits für weniger als 500 Euro. Für die Kandidaten von Kyocera und Oki, die mit einigen Daten und Ausstattungsmerkmalen schon in den Bereich der Abteilungsdrucker rücken, muss man mindestens das Dreifache kalkulieren.

Beim Papierhandling gibt es auf den ersten Blick wenig Unterschiede: Außer den 250-Blatt-Fächern für DIN-A4-Normalpapier – nur der Oki MC760dn hat schon in der Grundausstattung ein Fach für 530 Blatt – nehmen alle Drucker im Test Papier verschiedener Formate über einen Multifunktionseinzug entgegen. Anders als die kleinen Arbeitsplatzdrucker [1], die hier meist nur einzelne Blätter akzeptieren, lassen sich die Einzüge der Arbeitsgruppengeräte mit mindestens 50 Blatt Normalpapier oder je nach Dicke 10 bis 20 Briefumschlägen bestücken.

Achten sollte man bei der Geräteauswahl auch auf die Papierablage: Drucken mehrere Nutzer größere Aufträge, kann es hier bei den kleineren Testgeräten mit einer Ablage für 150 Blatt schnell eng werden. Die Drucker von HP, Kyocera, Oki und Samsung haben immerhin Sensoren, die rechtzeitig eine volle Ablage melden, sodass das Gerät den Druck stoppt. Die Modelle von Brother und Dell drucken dagegen munter weiter, bis die bedruckten Blätter auf dem Boden landen oder einen Papierstau verursachen.

## Druckkosten

Laserdruck ist im Büro nach wie vor die Drucktechnik der Wahl. Die exzellente Qualität beim Textdruck – alle Testgeräte produzierten lupenrein saubere Buchstabenkanten

und hohe Schwarzdeckung – erreichen Tintengeräte nur auf optimalem Papier und zu Lasten der Geschwindigkeit. Laserdrucker liefern sie schon im schnellen Normalmodus auf Kopierpapier. Das Drucken von Fotos gehört dagegen wegen des gröberen Rasters nicht zu ihren Stärken.

Bei den laufenden Kosten schneiden Farblaserdrucker fast immer schlechter ab als vergleichbare Tintengeräte. Mit 7,65 Cent Tonerkosten für eine Farbnormseite nach ISO/IEC 24712 druckt der Kyocera M6535 noch am günstigsten, der teuerste im Test ist HPs Color LaserJet mit 15 Cent pro Normseite. HP hat weitere Verbrauchsmaterialien wie Fototrommel und Resttonerbehälter allerdings in die Kartuschen integriert. Beim Kyocera-Modell muss man die Kosten für sonstiges Verbrauchsmaterial hinzurechnen, womit die Druckkosten pro ISO-Seite schon auf 8 Cent steigen. Tintendrucker fürs Büro liegen dagegen bei 4 bis 6 Cent pro Farbseite, als Verbrauchsmaterial fällt zusätzlich höchstens ein Tintenauffangbehälter an.

Tonersparen lohnt also. Alle Testgeräte kennen für Alltagsdrucke einen Tonerspar- oder Öko-Modus, in dem sie etwa Buchstaben nicht komplett schwärzen. Dadurch sieht das Schriftbild etwas blasser aus, es blieb aber bei allen Testgeräten gut lesbar. Am saubersten sahen die im Sparbetrieb gedruckten Texte bei Brother, Kyocera und Samsung aus.

Alle Testkandidaten enthalten als Neugerät nur knapper als die Standard-Kartuschen befüllte „Starterkartuschen“. Geht eine Farbkartusche zur Neige, kopieren alle schwarz-weiß weiter, auch der monochrome Direkt-Druck vom angesteckten USB-Stick funktio-



**Im Tonersparmodus füllen die Drucker Buchstaben nicht ganz aus, wodurch der Druck blasser aussieht, aber lesbar bleibt. Je weniger die Buchstabenränder vom Raster durchbrochen werden, desto sauberer bleibt das Schriftbild.**

niert dann noch. Anders war es beim Drucken vom PC: Die Treiber der Geräte von Dell und Kyocera blockierten Schwarzweiß-Aufträge auch dann, wenn der Drucker nur eine leere Gelb-Kartusche gemeldet hatte.

Ein weiterer Kostenfaktor ist der Energiebedarf der Lasergeräte: Beim Drucken brauchen sie mindestens das Zehnfache an Leistung wie Tintendrucker. Der Grund: Sie müssen die Fixiereinheit, die das Tonerpulver mit dem Papier verschmilzt, auf etwa 200 Grad aufheizen. Auch beim Warten auf den nächsten Auftrag heizen die Laserdrucker periodisch, um möglichst schnell die nächste Seite ausgeben zu können. Erst nach dem

## Leistungsaufnahme

[Watt]	Aus ◀ besser	Sparmodus 2 ◀ besser	Sparmodus 1 ◀ besser	Bereitschaft ◀ besser	Kopieren ◀ besser
Brother MFC-L8850CDW	0,08	1,95	–	50,8	543
Dell S2825cdn	0,25	1,9	18,4	36,4	369
HP CLJ Pro MFP M477fdw	0,07	2,9	–	18,2	571
Kyocera Ecosys M6535cidn	0,21	9,8	–	87,5	574
Oki MC760dn	0	1,3	30	90	623
Samsung ProXpress C2680FX	0	9,7	12,6	18,4	534

## Ausgabezeit erste Seite

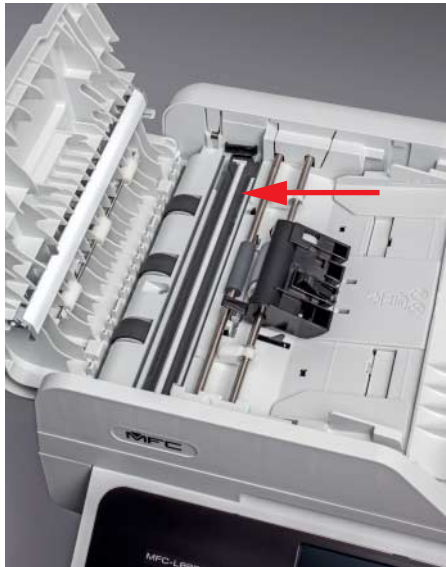
[s]	Sparmodus 2 ◀ besser	Sparmodus 1 ◀ besser	Bereitschaft ◀ besser
Brother MFC-L8850CDW	26	–	11
Dell S2825cdn	24	11	10
HP CLJ Pro MFP M477fdw	11	–	9
Kyocera Ecosys M6535cidn	21	–	7
Oki MC760dn	33	22	11
Samsung ProXpress C2680FX	25	17	13

## Verbrauchskosten Toner<sup>1</sup>

[Cent / ISO-Seite]	Normalpatrone		günstigste XL-Patrone	
	Farbe ◀ besser	Schwarzanteil ◀ besser	Farbe ◀ besser	Schwarzanteil ◀ besser
Brother MFC-L8850CDW	20,7	2,7	12,6	1,65
Dell S2825cdn	26,95	5,55	14	2,25
HP CLJ Pro MFP M477fdw	19,95	4,1	15	2,4
Kyocera Ecosys M6535cidn	7,15	1,3	–	–
Oki MC760dn	9,35	1,35	–	–
Samsung ProXpress C2680FX	9,55	1,55	–	–

<sup>1</sup> Herstellerangabe





Der Brother MFC-L8850 hat wie die Geräte von Dell, HP und Samsung eine zweite Scanzeile im Vorlageneinzug, mit der er beide Dokumentenseiten in einem Durchgang einlesen kann.

Wechseln in den Energiespar- oder Schlafmodus bleibt die Heizung aus. Dadurch dauert es im Schnitt 10 bis 20 Sekunden länger, bis die erste Seite des folgenden Druckauftrags in der Ausgabe liegt. Kommt es auf die Sekunden nicht an, lohnt es, die Multifunktionsdrucker so schnell wie möglich einschlafen zu lassen.

## Auftragsvergabe

Die bei älteren Multifunktionsdruckern üblichen Tastenfelder mit Dutzenden von Funktionstasten sind langsam passé: Alle Testgeräte lassen sich per Touch-Display bedienen. Bei den Geräten von Brother und HP spielt sich fast alles über den Touchscreen ab, die anderen haben zusätzlich Tasten zur Zifferneingabe oder zur Auswahl von Menüs.

Zum Ausdrucken von PDF-Dokumenten oder Bildern direkt vom Speicherstick stellen

alle Testkandidaten einen USB-Host-Anschluss bereit. Angesteckte USB-Sticks kann man außerdem bei allen als Scanziel auswählen. Solche USB-Ports am Multifunktionsgerät sind praktisch – allerdings auch für unberechtigte Interessenten an vertraulichen Unterlagen. Der Administrator kann den USB-Zugang daher bei allen Testgeräten aus Sicherheitsgründen lahmlegen.

Vom PC aus bedient man die Geräte durchweg über die Treibereinstellungen: Hier aktiviert man auch den Tonersparmodus oder „Secure Print“. Beim sicheren Drucken wartet das Multifunktionsgerät, bis der Auftraggeber sich über eine PIN oder eine NFC-Smartcard ausgewiesen hat, und druckt den Auftrag erst dann aus. Ein NFC-Tag hat nur der HP Color LaserJet, doch er verwendet es nur zum schnellen Koppeln mit Smartphones – das Authentifizieren per Smartcard funktioniert darüber nicht. Abgesehen vom Dell-Drucker gibt es für alle anderen Testgeräte ein NFC-Modul zum Nachrüsten.

## Netz-Handwerk

Das bei allen Testgeräten über die Eingabe der IP-Adresse des Druckers im Browser aufrufbare Web-Frontend ist dem Administrator vorbehalten – oder sollte es sein. Hier konfiguriert man auch Netzwerkprotokolle und Dienste wie die Registrierung bei Google Cloud Print oder die Weiterleitung von Faxen an eine E-Mail-Adresse.

Entweder ist das Frontend im Werkszustand ungesichert (Brother, HP) oder es fordert zum Ändern von Einstellungen ein Standard-Passwort, das man durch eine Google-Abfrage meist schneller herausfindet als durch einen Blick ins Handbuch. Der erste Schritt des Administrators sollte daher immer die Eingabe eines neuen Passworts sein. Dann gilt es festzulegen, was der normale Nutzer zu sehen bekommt und worauf er Zugriff haben soll.

Dem Administrator geben die Frontends auch Auskunft über Nutzungsstatistiken und melden Zustandsberichte, fehlenden Toner sowie Störungen per E-Mail. Dazu lässt sich

bei allen Geräten im Test eine Verbindung zu einem SMTP-Server konfigurieren, die auch zum Versand von Scans oder für die Fax-Weiterleitung genutzt wird. Alle Verschlüsselungen der Kommunikation mit dem Server auf Wunsch per SSL/TLS. Die Drucker von Kyocera und Oki verwalten eigene Nutzer-Accounts und stellen ihnen Speicher auf der internen Festplatte – beim Kyocera M6535 ist sie optional – für eigene Dokumente oder als Scanziel bereit.

## Scannen und faxen

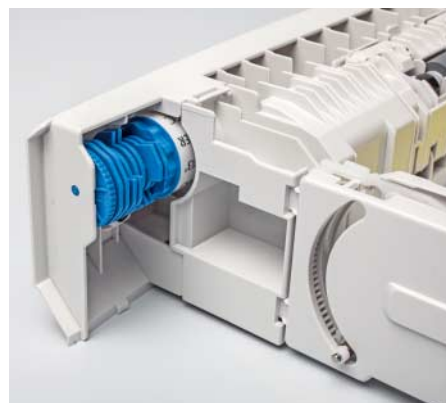
Soll ein Multifunktionsgerät auch zügig kopieren, muss der Scanner geschwindigkeitsmäßig mithalten können. Die Vorlageneinzüge (ADF, Automatic Document Feeder) aller Testgeräte sind dazu duplexfähig. Die Einzüge von Kyocera und Oki ziehen die Vorlagen sehr schnell ein, wenden sie und scannen auch die Rückseite. Die Scanner von Brother, Dell, HP und Samsung enthalten dagegen eine zweite Scanzeile, wodurch das Wenden der Vorlage entfällt. Dafür können die Einzüge dann etwas langsamer zu Werke gehen. Staus und Hänger haben wir im Test dabei nicht beobachtet. Auch unsere Brief-typisch verknickten Vorlagen bereiten keinem der Geräte Probleme.

Mit Ausnahme des Kyocera M6535, der einen CCD-Scanner (Charge-coupled Device) besitzt, sind alle Testgeräte mit CIS-Scannern (Contact Image Sensor) ausgestattet. CIS-Scanner benötigen weniger Platz, haben jedoch nur eine sehr geringe Tiefenschärfe von wenigen Millimetern. Die spielt eine Rolle, wenn man Seiten aus dicken Büchern kopieren oder scannen will. Buchstaben werden zum Buchrücken hin schnell unscharf, wenn das Buch nicht plan auf die Glasscheibe gequetscht wird. Beim CCD-Scanner von Kyocera kann der Buchrücken dagegen ohne Schärfeverlust zwei Zentimeter über der Scheibe schweben. Mit Ausnahme des HP-Geräts lassen sich zum Buch-Scannen bei allen die Scannerklappen in den Scharnieren anheben.

Zum Scannen vom PC aus nutzen alle Kandidaten ein Twain-Modul, das man aus Grafikprogrammen oder Dokumenten-Managern heraus aufruft und das direkt in die Anwendung scannt. Brother, Dell und Oki liefern das Document-Management-Programm PaperPort mit. Letzteres greift wiederum auf das Twain-Modul zurück. Da PaperPort eine Texterkennung (OCR, Optical Character Recognition) enthält, lassen sich damit durchsuchbare PDFs zum Archivieren von Akten oder der Korrespondenz erstellen. Brother, HP und Samsung haben eine OCR in ihr Scanprogramm integriert.

Alle Geräte geben ohne PC-Hilfe Scans an Mail-Adressen, an FTP-Server und Netzwerkfreigaben weiter oder speichern sie auf angesteckte USB-Sticks. Auch eingehende Faxe kann man bei fast allen an Mail-Adressen oder Netzspeicher weiterleiten. Nur dem HP LaserJet fehlen diese Optionen; er reicht Faxe lediglich an andere Faxnummern weiter.

Bis auf den Oki MC760dn versenden alle Geräte Faxe über ein eingebautes Modem, das für analoge Leitungen gedacht ist, aber



Die meisten Drucker fragen nach Entfernen des Papierfachs nach dem eingelegten Format. Bei den Fächern von Oki (rechts) und Kyocera (links) muss man das Format über ein mechanisches Rad einstellen, das man beim Hantieren schnell unabsichtlich verdreht.



## Laser-Multifunktionsdrucker für Arbeitsgruppen

### Brother MFC-L8850CDW

Der Multifunktionsdrucker von Brother ist schon in der Grundausstattung ohne zweites Papierfach recht hoch. Bei der Bedienung am Gerät, die fast ausschließlich über den Touchscreen stattfindet, stört die Winkelhängigkeit des Displays; anklicken lässt es sich nicht. Mit den Menüs kommt man auch ohne Handbuch schnell zurecht; oft genutzte Einstellungen speichert man praktischerweise als Favoriten ab, die sich mit wenigen Fingertippen aufrufen lassen. Auch das Web-Frontend bietet eine gute Übersicht, Funktionsgruppen sind nach Reitern sortiert. Von Haus aus ist es frei zugänglich, empfiehlt aber die Eingabe eines Admin-Passworts.

Texte druckte der L8850CDW zügig und in bester Qualität, auch unsere Grafikseite landete sauber in der Ausgabe. Störend fanden wir die schlechte Farbwiedergabe: Blauflächen gerieten zu dunkel, Fotos zeigten einen Rotstich und Streifen. Der Leise-Modus reduziert die Druckgeräusche um gut zwei Sone, braucht aber 60 Prozent länger als beim Normaldruck.

Das Rendern des 200-Seiten-PDFs übernahm der PCL-Treiber komplett, sodass der Drucker ohne Renderpausen zügig durch-

arbeiten konnte. Da dem Ausgabefach ein Papiersensor fehlt, muss man es regelmäßig leeren, sonst landen Blätter irgendwann auf dem Boden.

Als einziger Testkandidat druckt das Brother-Gerät Indexseiten von auf USB-Stick gespeicherten Fotos und Dokumenten. Das Rendern von Fotos dauerte beim Direktdruck ungewöhnlich lange, was auch für den AirPrint-Druck vom iPhone galt. Unter Android hat man die Wahl zwischen den Plug-ins von Brother und Mopria – letzteres produzierte bei Grafik eine bessere Qualität. Kopien erstellte der L8850CDW zügig, die Buchstabenkanten und feine Linien wurden aber nicht sehr sauber wiedergegeben. Bei Schwarzweißkopien von Text auf farbigem Papier hatte er trotz Hintergrundentfernung und maximaler Helligkeit Probleme mit Rot und Grün; erst bei zusätzlichem Maximalkontrast gelangen einigermaßen lesbare Kopien.

Scans von Fotos und Grafik waren leicht unscharf und gaben Farben nicht korrekt wieder. Besser gefiel die im Control Center integrierte OCR. Sie schwächelte nur bei sehr großen und kleinen Schriftarten.



#### Merkmale

- 👍 einfache Bedienung
- 👍 Leise-Modus
- 👎 schlechte Farbwiedergabe

### Dell S2825cdn

Der kompakte Dell S2825cdn gehört zu den günstigsten Geräten im Testfeld. Die Scannerklappe lässt sich in den Scharnieren nur etwa 1,5 Zentimeter anheben – für dickere Vorlagen sehr wenig. Der unsensible Touchscreen ignorierte leichtere Berührungen. Das Hauptmenü bietet wenig Übersicht, per Wischgeste muss man ständig blättern. Obwohl der Drucker ein zusätzliches Tastenfeld besitzt, kann man die Kopienzahl nur durch wiederholtes Antippen des „+“-Symbols erhöhen – lästig.

Auch dem umfangreichen Web-Frontend fehlt es an Übersicht. Beim Registrieren des Geräts bei Google Cloud Print druckt es eine Seite mit URL und QR-Code aus. Eine direkte Weiterleitung zur Google-Seite wäre einfacher.

Der S2825cdn hat zwar ein schnelles Druckwerk, doch entstanden selbst bei kleineren Druckaufträgen regelmäßig Pausen zum Reinigen und Kalibrieren, die den Drucker ausbremsen. Text druckte er makellos, bei Grafik und Fotos fiel das grobe Raster auf. Fotos gerieten zu dunkel und detailarm. Der Tonersparmodus kennt drei Stufen; in der sparsamsten druckte das Dell-Gerät deutlich blasser, aber noch lesbar.

Über den Multifunktionseinzug zugeführte Umschläge verknitterte der S2825cdn leicht am Rand. Beim 200-Seiten-Dokument brauchte er viel Zeit zum Rendern. Die Ablage fasste die 200 Blatt ohne Probleme, einen Ausgabe-voll-Sensor gibt es aber nicht.

Zum Drucken vom Smartphone gibt es die App „Dell Document Hub“; die Anmeldung am gleichnamigen Cloud-Dienst kann man überspringen. Druckvorgänge dauern lange und liefern mäßige Qualität, zum Beispiel einen Braunstich in Graufächern. Unter iOS wird der Drucker von AirPrint erkannt, für Android-Mobilgeräte empfiehlt sich das Mopria-Plug-in.

Beim Kopieren bot der Dell-Drucker eine gute Qualität bei Text- und Foto-Vorlagen, Graufächern gab er aber nicht sauber wieder. Von Text mit rotem und grünem Farbhintergrund erzeugte er bei maximaler Helligkeit lesbare Schwarzweißkopien. Die in PaperPort 14 integrierte OCR stellt durchsuchbare PDFs her und lieferte auch bei kleinen Schriften gute Ergebnisse. Qualifizierte Fax-Sendeberichte druckt der S2825cdn, wenn man in den Einstellungen das Protokoll für „Faxübertragung“ aktiviert.



#### Merkmale

- 👍 preiswertes Gerät
- 👍 gute OCR
- 👎 unübersichtliche Bedienung
- 👎 hohe Druckkosten

## Laser-Multifunktionsdrucker für Arbeitsgruppen

### HP Color LaserJet Pro MFP M477fdw

Der HP M477fdw stellt den kleinsten und leichtesten Drucker im Test. Man bedient ihn ausschließlich über den kleinen, anklippbaren Touchscreen und seine intuitiven Menüs. Die komplette Scannereinheit lässt sich hochklappen, um besser an die Papierablage darunter zu kommen. Das NFC-Feld dient nur zum einfachen Kopieren mit Smartphones, nicht für Smartcards. Auf der Rückseite gibt es einen zweiten USB-Port für eine externe Festplatte.

Am frontalen USB-Port angeschlossene PictBridge-Kameras erkennt der Bürodrukker erwartungsgemäß zwar nicht, führt aber DPOF-Aufträge (Digital Print Order Format) vom USB-Stick aus. Außerdem kann er als Einziger im Test nicht nur Dateien mit den Endungen .jpg und .pdf vom USB-Stick drucken, sondern sogar .doc und .docx

Das Web-Frontend ist übersichtlich nach Funktionen gegliedert und im Werkszustand nicht passwortgeschützt. Um den M477fdw bei Google Cloud Print zu registrieren, muss man wie bei HP üblich zunächst den firmeneigenen Dienst HP Connected aktivieren. Dieser weist dem Drucker eine Mail-Adresse zu, die dann zur Cloud-Print-Registrierung benutzt wird.

Dank eines schnellen Duplexers und optimierter Papierführung legt das HP-Gerät beim beidseitigen Drucken ein hohes Tempo vor. Die Druckqualität konnte sich bei Text und Grafik sehen lassen, Fotos gerieten dagegen zu dunkel und detailarm.

Im „EconoMode“ genannten Tonersparmodus des M477fdw gedruckt, wirken Prints leicht blasser, bleiben aber lesbar. Beim 200-Seiten-Dokument wurden die Seiten zügig ausgedruckt, da der PC-Treiber das Rendern übernahm. Nach gut 100 Seiten meldete der Drucker „Ablage voll“.

Der Scanner ist für Text optimiert, was man an den Scans wie auch an Kopien sieht: Textkopien gelangen ihm in guter Qualität, bei Grafiken störten unterbrochene Linien, in Fotos Farbstiche und fehlende Details. Von Text auf farbigem Papier produziert der M477fdw nur dann lesbare Schwarzweißkopien, wenn man Helligkeit und „Hintergrund entfernen“ maximiert. Zur mitgelieferten Software gehört die gute OCR-Engine ReadIris, die nur bei kleinen Tabellenschriften einige Fehler machte.



#### Merkmale

- ↑ platzsparendes Gerät
- ↑ schneller Duplexdruck
- ↓ keine Fax-Weiterleitung ins Netzwerk
- ↓ hohe Druckkosten

### Kyocera Ecosys M6535cidn

Nach dem Oki-Gerät ist der Kyocera M6535cidn der größte und ausladendste Drucker im Test. Gut gefiel uns die Bedienung am Gerät über das große Touch-Display. Für viele Funktionen gibt es Assistenten, die beim Einrichten helfen. Oft genutzte Arbeitsschritte speichert man als Favorit. Die Klappe des Multifunktionsfachs öffnete sich bei der kleinsten Berührung – meist unbeabsichtigt.

Das umfangreiche Web-Frontend ist wegen der vielen Optionen etwas unübersichtlich, dafür findet der Admin dort aber auch alle wichtigen Stellschrauben – sogar die Registrierung bei Google Cloud Print inklusive direktem Link auf die Google-Seite. Außerdem verwaltet man hier Anwender-Accounts und Kontakte.

Das Druckwerk des M6535 druckt mit mehr Tempo als die der anderen Testkandidaten. Das gilt aber nur für den einseitigen Druck: Im Duplexbetrieb bremste die Seitenwendeeinheit den Drucker merklich aus. Textseiten lieferte er wie alle Testgeräte in bester Qualität ab, Blau und Graufächen gerieten dagegen viel zu dunkel.

Den Tonersparmodus nennt Kyocera „Eco-Modus“. In ihm erhalten Buchstaben ein

schräges Linienraster – sparsam und gut lesbar. Wie das Brother-Gerät hat auch der M6535 einen Leise-Modus, der den Geräuschpegel von knapp elf Sone um zwei Sone absenkt. Er druckt und kopiert dafür aber auch gut 50 Prozent langsamer.

Beim Kopieren zeigt der schnelle Vorlageneinzug, dass er mit den Geräten mit zweiter Scanzeile gut mithalten kann, auch wenn er selbst die Vorlage wenden und erneut scannen muss. Fotos und Grafikvorlagen legt man besser auf die Glasfläche des CCD-Scanners, hier erhält man eine bessere Qualität. Schwarzweiß-Kopien von Text auf Farbhintergrund gelingen bei den Einstellungen maximale Helligkeit und „Hintergrundhelligkeit Automatisch“ – nur bei Rot zeigte die lesbare Kopie noch einen grauen Hintergrund.

Zum Scannen vom PC aus gibt es nur das Twain-Modul, das man vorher mit einem Tool einrichten muss. Fotos zeigen einen kräftigen Blautich, eine OCR für durchsuchbare PDFs fehlt. An einer Nebenstellenanlage wollte der M6535 nicht faxen: Weil sich die Wähltonerkennung unseres Testgeräts nicht abschalten ließ, legte es sofort wieder auf.



#### Merkmale

- ↑ schnellster Drucker im Test
- ↑ niedrige Druckkosten
- ↓ langsamer Duplexdruck
- ↓ keine OCR

Anzeige

## Laser-Multifunktionsdrucker für Arbeitsgruppen

### Oki MC760dn

Mit 50 Kilo Gewicht, einem 530-Blatt-Papierfach und einer Ablage für 500 Blatt könnte der Oki MC760 auch als Abteilungsdrucker durchgehen. Die schwere Scanner-einheit lässt sich komplett zur Seite klappen, um besser an die Ablage darunter zu gelangen. Das riesige Touch-Display reagiert zwar gut auf Eingaben, die Menüs sind wegen der vielen verteilten Reiter, Schaltflächen und Untermenüs aber sehr unübersichtlich. Dazu kommen separate Ziffern- und Funktionstasten. Zu den zahlreichen Druck-, Kopier- und Scanfunktionen kommt eine integrierte Verwaltung für Dokumente und Templates, die man über die Menü-taste aufruft. Fürs Kopieren, Scannen, Drucken und Faxen gibt es außerdem jeweils eine separate Funktionstaste.

Zur weiteren Ausstattung gehören zwei USB-Host-Ports – einer an der Front, einer an der Rückseite –, ein manueller Hefter und ein richtiger Netzschalter.

Der Admin-Bereich des komplexen Web-Frontends ist zwar passwortgesichert (werkseitig 123456), zeigt aber im frei zugänglichen Bereich Druckprotokolle mit Auflistung der Datei, des Benutzers und des Datums – Datenschutz geht anders.

Der Administrator kann die Anzeige allerdings unterbinden oder absichern, Nutzer-Accounts und Kontingente verwalten und die Netzwerkkommunikation SSL-verschlüsseln.

Trotz seiner Größe druckt der MC760 verglichen mit dem Kyocera-Modell eher behäbig, dafür aber in einer guten Qualität – sogar Fotos zeigten stimmige Farben, nur Graufächern sahen ungleichmäßig aus. Im Tonersparmodus benutzt der Drucker ein Streifenraster; Text bleibt gut lesbar. Obwohl er keine zweite Scanzeile hat und die Vorlage deshalb wenden muss, erstellte der MC760 mit seinem schnellen Vorlageneinzug sehr zügig Duplex-Kopien.

Das Twain-Modul „Remote Scan-Driver“ kann Hintergründe filtern, zeigt aber keine Vorschau an. Foto-Scans wirkten etwas blass, zeigten aber viele Details und stimmige Farben. Oki liefert die Nuance-OCR Omnipage – die als „Special Edition“ jedoch keine durchsuchbaren PDFs erstellt – und PaperPort als Dokumenten-Manager mit. PaperPort arbeitet ebenfalls mit der Omnipage-Engine, hat bei durchsuchbaren PDFs keine Einschränkung und überzeugte mit guter Erkennungsleistung.



#### Merkmale

- ➡ riesiger Funktionsumfang
- ➡ schneller Duplexdruck
- ➡ wirre Bedienung

### Samsung ProXpress C2680FX

Durch den großen Scanneraufbau wirkt der Samsung C2680FX recht klobig. Der kapazitive Touchscreen ist gut bedien- und lesbar, Grundfunktionen erkennt man dank der großen Symbole intuitiv. Der USB-Host-Anschluss sitzt etwas versteckt an der Seite des nicht anklappbaren Bedienpanels. Der zusätzliche USB-Port hinter einer Klappe dient nur für den Anschluss des kombinierten WLAN/NFC-Moduls, das 209 Euro extra kostet.

Das Web-Frontend zeigt zunächst nur einige Statusmeldungen wie den Tonerstand an. Erst nach Anmeldung erscheint das umfangreiche, aber noch übersichtliche Admin-Menü. Hier lassen sich unter anderem SMTP-Server zum Weiterleiten von Scans und Faxen oder für Meldungen an den Admin einrichten oder das Gerät bei Google Cloud Print registrieren.

Die Druckqualität des Samsung-Geräts war auch bei Grafik und Bildern ordentlich; bei der Geschwindigkeit konnte er mit dem Rest des Testfeldes nicht ganz mithalten. Unser 200-Seiten-Dokument druckte er dagegen recht flott, weil er das Rendern dem PC-Treiber überlässt. Der Papiersensor meldete nach 166 Seiten „Ablage voll“.

Der Tonersparmodus spart beim Druck runde Stellen aus; Textseiten sahen sehr sauber und nur etwas blasser aus als im Normalmodus gedruckte. Unter „Eco-Modus“ versteht Samsung eine einstellbare Kombination aus Tonersparmodus, Duplex- und Mehrseiten-Druck. Über eine Taste auf dem Panel kann man den Sparmodus auch zum Kopieren aktivieren.

Bei angestecktem USB-Stick zeigt der C2680FX zwar alle Dateien an, druckt aber nur JPEG, TIFF und PDF. Beim Kopieren lässt er sich Zeit. Erst bei Duplexkopien bringt der Vorlageneinzug mit zweiter Scanzeile Geschwindigkeitsvorteile. Von Text auf Farbhintergrund erzeugt das Gerät lesbare Schwarzweißkopien, wenn man die „Helligkeit“ minimiert – Samsung meint die Dichte – und „Hintergrund entfernen“ maximiert.

Der schnelle Scanner produzierte von unserem Testbild eine detailarme, leicht grünstichige Digitalkopie; bei Grafik gefielen die Ergebnisse besser. Die im Document Creator integrierte OCR erkannte große und kleine Schriften schlecht und Initiale gar nicht.



#### Merkmale

- ➡ gute Druckqualität
- ➡ kombinierter Sparmodus
- ➡ langsam



Anzeige

# Multifunktions-Farblaserdrucker für Arbeitsgruppen

Gerät	MFC-L8850CDW	S2825cdn	Color LaserJet Pro MFP M477fdw	Ecosys M6535cidn
Hersteller	Brother, www.brother.de	Dell, www.dell.de	HP, www.hp.com/de	Kyocera, www.kyocera.de
Auflösung (Fotodruck) <sup>1</sup>	2400 dpi × 600 dpi	600 dpi × 600 dpi	600 dpi × 600 dpi	600 dpi × 600 dpi
Papiergewichte <sup>1</sup>	60 g/m² ... 163 g/m²	60 g/m² ... 220 g/m²	60 g/m² ... 200 g/m²	60 g/m² ... 220 g/m²
Papierzufuhr	1 × Kasette 250 Blatt, Multifunktionseinzug 50 Blatt	1 × Kasette 250 Blatt, Multifunktionseinzug 50 Blatt	1 × Kasette 250 Blatt, Multifunktionseinzug 50 Blatt	1 × Kasette 250 Blatt, Multifunktionseinzug 100 Blatt
erweiterbar	1 × 500-Blatt-Kasette (203 €)	1 × 550-Blatt-Kasette (190 €)	1 × 550-Blatt-Kasette (155 €)	3 × 500-Blatt-Kassetten (280 € pro Kasette)
Papierablage <sup>1</sup> / autom. Duplexdruck	150 Blatt / ✓	150 Blatt / ✓	150 Blatt / ✓	250 Blatt / ✓
Drucken von USB-Stick	✓ (JPEG, TIFF, PDF)	✓ (JPEG, TIFF, PDF)	✓ (JPEG, PDF, DOC, DOCX)	✓ (JPEG, PDF, TIFF)
monatl. Druckvolumen (empf. / max.)	4000 S. / 60 000 S.	700 bis 3500 S. / 50 000 S.	750 bis 4000 S. / 50 000 S.	bis 15 000 S. / 100 000 S.
<b>Scannen</b>				
Scannertyp / Farbtiefe, Graustufen	Dual-CIS / 24 Bit, 8 Bit	Dual-CIS / 24 Bit, 8 Bit	Dual-CIS / 30 Bit, 8 Bit	CCD / 24 Bit, 8 Bit
Auflösung physikalisch <sup>1</sup>	2400 dpi × 1200 dpi, 1200 dpi × 600 dpi (ADF)	600 dpi × 600 dpi	1200 dpi × 1200 dpi	600 dpi × 600 dpi
Vorlageneinzug / Duplex	50 Blatt / ✓ (zweite Scanzeile)	50 Blatt / ✓ (zweite Scanzeile)	50 Blatt / ✓ (zweite Scanzeile)	75 Blatt / ✓
OCR-Software	✓ (CC integriert, PaperPort 12 SE)	✓ (PaperPort 14)	✓ (ReadIRIS)	–
Twain- / WIA-Modul	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
<b>Netzwerk- / Cloud-Funktionen</b>				
Scan to E-Mail / FTP / SMB-Freigabe	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓
Scan to USB-Stick / Cloud-Speicher	✓ / – (nachrüstbar)	✓ / Share Point	✓ / – (nachrüstbar)	✓ / – (nachrüstbar)
Druck-App	Brother iPrint&Scan (Android, iOS, Windows)	Dell Document Hub (Android, iOS)	HP ePrint (Android, iOS)	Kyocera Mobile Print (Android, iOS)
NFC / WiFi Direct	– (optional) / ✓	– / –	✓ / ✓	– (optional) / –
AirPrint / Android Print / Mopria	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / kein Hersteller-Plug-in / ✓
Hersteller-Dienst / Google Cloud Print	– / ✓	Dell Document Hub / ✓	HP Connected / ✓	– / ✓
<b>Kopieren und Faxen</b>				
Skalierung	25 % ... 400 % (1%-Schritte)	25 % ... 400 %	25 % ... 400 %	25 % ... 400 % (1%-Schritte)
automatische Duplex-Kopie	✓	✓	✓	✓
PC-Fax (senden / empfangen)	✓ / ✓	✓ / –	✓ / –	✓ / –
Kurzwahladressen	300	200	120	100 (200 Adressbucheinträge)
Fax-Speicher <sup>1</sup>	500 Seiten	200 Seiten (4 MByte)	400 Seiten	256 Seiten
qualifiz. Sendebericht mit Faxkopie	✓	✓	✓	✓
<b>Sonstiges</b>				
Schnittstellen	USB 2.0, Ethernet, WLAN (IEEE802.11n 2,4 GHz), WiFi Direct, RJ-11 (Fax, Telefon)	USB 2.0, Ethernet, RJ-11 (Fax, Telefon)	USB 2.0, Ethernet, WLAN (IEEE802.11n 2,4 GHz), WiFi Direct, RJ-11 (Fax, Telefon)	USB 2.0, Ethernet, RJ-11 (Fax, Telefon), WLAN optional
Betriebsabmessungen (B × T × H)	53 cm × 77 cm × 53 cm	52 cm × 75 cm × 50 cm	43 cm × 65 cm × 41,5 cm	51 cm × 73 cm × 62 cm
Gewicht	31 kg	32 kg	23 kg	35 kg
Speicher intern	256 MByte (auf 512 MByte erweiterbar)	1 GByte	256 MByte	1 GByte (auf 2 GByte erweiterbar), HD optional
Display	12,3-cm-Touchscreen (resistiv)	10,9-cm-Touchscreen (kapazitiv)	10,9-cm-Touchscreen (resistiv)	17,8-cm-Touchscreen (resistiv)
Treiber für Windows	ab Windows XP, ab Server 2003	ab Windows Vista, ab Server 2003	ab Windows Vista	ab Windows XP, ab Server 2003
Treiber für Mac / Sonstige	OS X ab 10.7.5 / Linux (CUPS, LPD/LPRng)	OS X ab 10.7.5 / Linux, SAP R/3 ab 4.6B	OS X ab 10.7 / Linux, SAP	OS X ab 10.5 / Linux, Unix
Software	ControlCenter 4, PaperPort 12SE (OS X: ControlCenter 2, Pagemanager 9)	PaperPort 14 Standard	ReadIRIS (Texterkennung), HP Device Toolbox	Net Direct Print, Net Viewer, File Management Utility
Speicherkarten / USB-Host	– / ✓	– / ✓	– / ✓ (2 Ports)	– / ✓
Sicherheit	Secure Print, IPPs, Kerberos, IPSec	Secure Print, IPPs, IPSec	Secure Print, HTTPs, IPPs, Firewall, Netzfilter, HP JetAdvantage Private Print	Secure Print, IPPs, HTTPs, IPSec
Druckersprachen	PCL 6, PS3, PDF 1.7, XPS	PCL 6, PS3, PDF 1.7, URF, XPS	PCL 6, PS3, PCLm, PDF, URF, native Office	Prescribe IIc, Emulationen: PCL6, KPDL3 (PS3-kompatibel), PDF 1.7, XPS
Besonderheiten	Leise-Modus, I-Fax	–	2. USB-Port für ext. Festplatte	HyPAS-Plattform, Leise-Modus, FilingBox
<b>Tonerkartuschen</b>				
Schwarz (Reichweite <sup>1</sup> )	TN-321BK (2500 S.); XL: TN-326BK (4000 S.); XXL: TN-329BK (6000 S.)	BK Standard (1200 S.); BK High Yield (3000 S.); BK Extra High Yield (5000 S.)	410A BK (2300 S.); XL: 410X BK (6500 S.)	TK-5150K (12 000 S.), keine XL-Kartuschen
Farbe (Reichweite <sup>1</sup> )	TN-321C,M,Y (je 1500 S.); XL: TN-326C,M,Y (je 3500 S.); XXL: TN-329C,M,Y (je 6000 S.)	C,M,Y Standard (je 1200 S.); C,M,Y High Yield (je 2500 S.); C,M,Y Extra High Yield (je 4000 S.)	410A C,M,Y (je 2300 S.); XL: 410X C,M,Y (je 5000 S.)	TK-5150C,M,Y (je 10 000 S.), keine XL-Kartuschen
Tonerpreis pro ISO-Seite (größte XL-Kartusche)	12,6 Cent, Schwarzanteil 1,65 Cent	14 Cent, Schwarzanteil 2,25 Cent	15 Cent, Schwarzanteil 2,4 Cent	7,65 Cent, Schwarzanteil 1,4 Cent
sonstiges Verbrauchsmaterial	Trommel-Set (25 000 S.), Transfereinheit (50 000 S.), Resttonerbehälter (50 000 S.)	4 Trommeln (je 50 000 S.), Resttonerbehälter (30 000 S.)	Fototrommeln und Resttonerbehälter in den Tonerkartuschen integriert	4 Trommeln (je 200 000 S.)
Verbrauchskosten pro ISO-Seite (größte XL-Kartusche)	13,55 Cent	14,45 Cent	15 Cent	8 Cent
<b>Bewertungen</b>				
Bedienung	⊕	○	⊕⊕	○
Netzwerkfunktionen	⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕⊕
Druckqualität Text / Grafik / Foto	⊕⊕ / ○ / ⊕	⊕⊕ / ○ / ○	⊕⊕ / ⊕ / ⊕	⊕⊕ / ○ / ⊕
Kopierqualität Text / Grafik / Foto	○ / ○ / ⊕⊕	⊕ / ⊕ / ⊕	⊕ / ⊕ / ⊕	○ / ○ / ○
Scanqualität / OCR	⊕ / ○	○ / ⊕	⊕ / ⊕	○ / –
Herstellergarantie	3 Jahre Vor-Ort	1 Jahr Bring-in	1 Jahr Bring-in	2 Jahre Bring-in
Gerätepreis (UVP/ Straße)	990 € / 940 €	550 € / 400 €	520 € / 470 €	1615 € / 1550 €
⊕⊕ sehr gut   ⊕ gut   ○ zufriedenstellend   ⊖ schlecht   ⊖⊖ sehr schlecht   ✓ vorhanden   – nicht vorhanden   k. A. keine Angabe <sup>1</sup> Herstellerangabe				

MC760dn		ProXpress C2680FX	
Oki, www.oki.de		Samsung, www.samsung.de	
1200 dpi × 600 dpi (PS-Treiber)		600 dpi × 600 dpi	
64 g/m <sup>2</sup> ... 220 g/m <sup>2</sup>		60 g/m <sup>2</sup> ... 220 g/m <sup>2</sup>	
1 × Kassette 530 Blatt, Multifunktionseinzug 100 Blatt		1 × Kassette 250 Blatt, Multifunktionseinzug 50 Blatt	
3 × 530-Blatt-Kassetten je 154 €, 2000-Blatt-Fach (546 €)		1 × 520-Blatt-Kassette (269 €)	
500 Blatt / ✓		150 Blatt / ✓	
✓ (JPEG, PDF)		✓ (JPEG, PDF, TIFF)	
6000 S. / 100 000 S.		k. A. / 60 000 S.	
CIS / 24 Bit, 8 Bit		Dual-CIS / 24 Bit, 8 Bit	
600 dpi × 600 dpi		600 dpi × 600 dpi	
100 Blatt / ✓		50 Blatt / ✓ (zweite Scanzeile)	
✓ (Omnipage 16 SE / PaperPort 11)		✓ (im Document Creator integriert)	
✓ / –		✓ / ✓	
✓ / ✓ / ✓		✓ / ✓ / ✓	
✓ / – (nachrüstbar)		✓ / –	
Oki Mobile Print (Android)		Samsung Mobile Print (Android, iOS)	
– / –		– (optional) / –	
✓ / kein Hersteller-Plug-in / ✓		✓ / ✓ / ✓	
– / – (nachrüstbar)		– / ✓	
25 % ... 400 %		25 % ... 400 %	
✓		✓	
nur I-Fax (Faxen per E-Mail)		✓ / –	
3000		500	
100 000 Seiten (1 GByte)		bis zur HD-Größe (320 GByte)	
✓		✓	
USB 2.0, Ethernet, WLAN optional		USB 2.0, Ethernet, RJ-11 (Fax, Telefon), WLAN optional	
58,5 cm × 83,5 cm × 68 cm		54,5 cm × 70,5 cm × 53 cm	
50 kg		28 kg	
2 GByte + 160 GByte HD		1 GByte (auf 2 GByte erw.), 320 GB HD	
23-cm-Touchscreen (resistiv)		17,8-cm-Touchscreen (kapazitiv)	
ab Windows XP, ab Server 2003		ab Windows XP, ab Server 2003	
OS X ab 10.4 / Linux, Unix		OS X ab 10.6 / Linux, Unix	
Omnipage 16 SE, PaperPort 11		Samsung Easy Printer Manager, Easy Document Creator, Printer Center, Printer Diagnostics	
– / ✓ (2 Ports)		– / ✓	
Secure Print, SSL, IPSec, MAC-Filter, HD-Verschlüsselung und Secure Erase		Secure Print, IPPs, Kerberos, IPSec	
PCL6, PS3, PDF, XPS		PCL6, PS3, PDF 1.7	
2. USB-Port, Hefter, FilingBox, Dokumenten-Manager, Netware		WLAN/NFC-Modul optional (209 €)	
45396304 BK (8000 S.), keine XL-Kartuschen		CLT-K505L BK (6000 S.), keine XL-Kartuschen	
45396303 C, 45396302 M, 45396301 Y (je 6000 S.), keine XL-Kartuschen		CLT-C505L C,M,Y (je 3500 S.), keine XL-Kartuschen	
9,35 Cent, Schwarzanteil 1,35 Cent		9,55 Cent, Schwarzanteil 1,55 Cent	
4 Trommeln (je 30 000 S.), Transfereinheit (60 000 S.), Fixiereinheit (60 000 S.)		Resttonerbehälter (3500 S.)	
12,6 Cent		10,3 Cent	
⊖		⊕	
⊕⊕		⊕⊕	
⊕⊕ / ○ / ⊕		⊕⊕ / ⊕ / ⊕	
⊕ / ⊖ / ⊕		⊕ / ○ / ○	
⊕ / ⊕		○ / ⊖	
3 Jahre <sup>2</sup> Vor-Ort		1 Jahr Vor-Ort	
1800 € / 1400 €		1380 € / 1100 €	
<sup>2</sup> nach Registrierung innerhalb 30 Tage nach Kauf			

auch an VoIP-Routern mit Analog-Anschluss funktioniert. Das Oki-Gerät versendet Faxe stattdessen als E-Mail (I-Fax), das Brother-Modell bietet diese Funktion zusätzlich an. Wer das Oki-Multifunktionsgerät mit Fax-Modem braucht, greift zum rund 200 Euro teureren MC760dnfax.

## Fazit

Wo es vor allem auf Platzersparnis und einfache Bedienung ankommt, empfiehlt sich der HP Color LaserJet Pro M477fdw. Er ist pflegeleicht, da Fototrommeln und Resttonerbehälter mit jeder neuen Kartusche ausgetauscht werden, druckt aber sehr teuer.

Bei hohen Druckaufkommen sollte man nicht am Gerät sparen – die günstigeren Ge-

räte im Test verursachen sehr hohe Druckkosten. Am günstigsten drucken der Ecosys M6535cidn von Kyocera und Samsungs ProXpress C2680FX.

Geschwindigkeitsmäßig kann sich der Kyocera M6535 vom Rest des Testfeldes absetzen. Er wird nur beim doppelseitigen Druck von seiner lahmen Duplex-Einheit ausgebremst. Der Oki MC760dn bietet den größten Funktionsumfang, lohnt aber nur, wenn man ein integriertes Dokumentenmanagement braucht. (rop@ct.de)

## Literatur

- [1] Rudolf Opitz, Text-Maschinen, Laser-Multifunktionsfarbdrucker bis 400 Euro für den Arbeitsplatz, c't 22/15, S. 96

## Kopierzeiten

[Minuten:Sekunden]	Farbe 20 Kopien ◀ besser	10 Blatt Duplex ◀ besser	A4-Foto ◀ besser
Brother MFC-L8850CDW	0:55	1:45	0:23
Dell S2825cdn	0:53	2:16	0:14
HP CLJ Pro MFP M477fdw	0:53	1:15	0:12
Kyocera Ecosys M6535cidn	0:40	1:22	0:08
Oki MC760dn	0:57	1:26	0:15
Samsung ProXpress C2680FX	1:07	1:52	0:18

## Scanzeiten PC

[s]	Vorschau A4 ◀ besser	Text A4 300 dpi ◀ besser	Foto A4 600 dpi ◀ besser
Brother MFC-L8850CDW	9	9	19
Dell S2825cdn	8	19	68
HP CLJ Pro MFP M477fdw	8	9	26
Kyocera Ecosys M6535cidn	8	9	11
Oki MC760dn	–	10	15
Samsung ProXpress C2680FX	13	14	19

## Druckleistung (ISO-Seite Farbe)

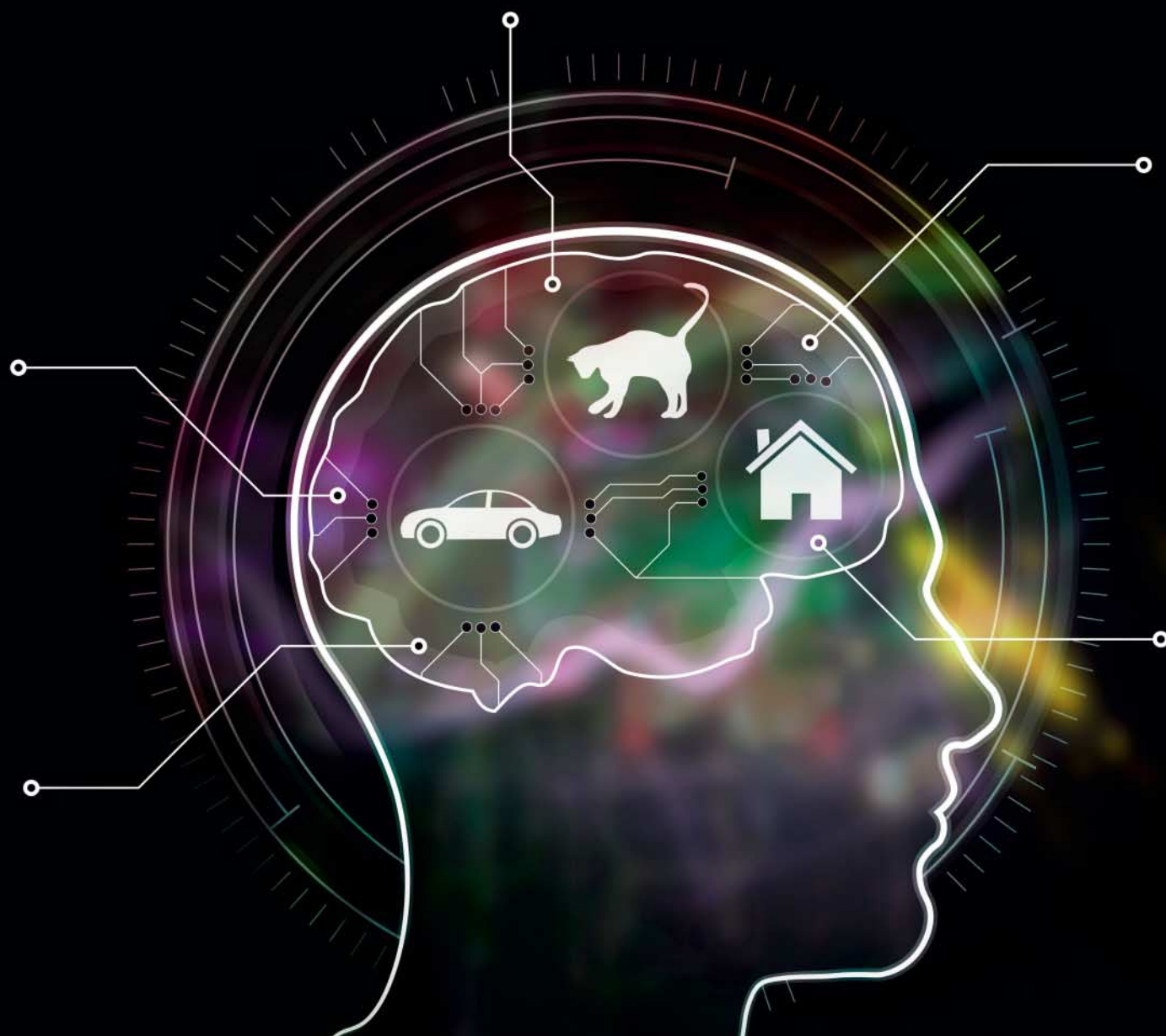
[Seiten / Minute]	Tonersparmodus besser ▶	normal besser ▶	Duplex besser ▶
Brother MFC-L8850CDW	25,1	23,8	13,3
Dell S2825cdn	23,4	23,4	16,8
HP CLJ Pro MFP M477fdw	25,2	25,2	22,2
Kyocera Ecosys M6535cidn	33,1	33,9	17,2
Oki MC760dn	25,6	25,6	23,1
Samsung ProXpress C2680FX	19,8	20,5	10,8

## Druckzeiten PC

[Minuten:Sekunden]	Fontseite ◀ besser	Foto A4 Normalpapier ◀ besser	Normal 50 Blatt duplex ◀ besser	200-Seiten-PDF simplex ◀ besser
Brother MFC-L8850CDW	0:12	0:18	7:31	8:46
Dell S2825cdn	0:11	0:25	5:58	18:25
HP CLJ Pro MFP M477fdw	0:10	0:15	4:30	9:46
Kyocera Ecosys M6535cidn	0:08	0:26	5:49	15:26
Oki MC760dn	0:13	0:23	4:20	17:51
Samsung ProXpress C2680FX	0:13	0:15	9:14	9:07

## Geräuscentwicklung

[Sone]	Drucken ◀ besser	ADF-Scannen ◀ besser	Bereitschaft ◀ besser
Brother MFC-L8850CDW	11,8	11,5	3,3
Dell S2825cdn	10,2	7	1,1
HP CLJ Pro MFP M477fdw	8	8	1,8
Kyocera Ecosys M6535cidn	10,9	10,8	4,1
Oki MC760dn	11,4	10,8	5,3
Samsung ProXpress C2680FX	11,3	9,6	0,8



Jo Bager

# Die KI-Revolution

Vom Siegeszug der lernenden Software

Künstliche Intelligenz: Eine Nischentechnik, so schien es lange. Doch plötzlich entstehen überall Anwendungen auf Basis lernender Verfahren. Günstige Hardware, riesige Mengen an Trainingsdaten und ausgefeilte Algorithmen befeuern die aktuelle Renaissance der KI, die das Wesen der IT nachhaltig verändern wird.

## Künstliche Intelligenz

Die Mathematik der neuronalen Netze	Seite 130
KI-Werkbank AzureML	Seite 136
Neuronales Netz selbst programmieren	Seite 142
Google-KI spielt Go	Seite 148



Google Photos erkennt in hochgeladenen Bildern automatisch Objekte wie Katzen, Berge und Strände; Skype transkribiert das Gesprochene nicht nur, sondern übersetzt es in Echtzeit in andere Sprachen; ein Schach-Programm namens Giraffe bringt sich innerhalb von 72 Stunden das Spiel selbst bei und hält anschließend mit Profis mit.

Dies sind nur drei Beispiele aus einer langen Liste von relativ neu erschienenen Diensten und Anwendungen, die alle eines gemein haben: Sie bauen auf künstlichen neuronalen Netzen auf. Diese Netze erleben derzeit ihren Durchbruch und befeuern einen Boom der künstlichen Intelligenz. Es vergeht keine Woche ohne neue bahnbrechende Produkte auf Basis von „KI“ – was auch immer im Einzelnen damit gemeint sein mag.

## Begriffswirrwarr

KI, AI, Deep Learning, neuronale Netze, Cognitive Computing et cetera ... Wer sich mit künstlicher Intelligenz befasst, wird sehr schnell mit Schlagwörtern zugeschmissen. Die Disziplin hat nun einmal viele Techniken und Bezeichnungen hervorgebracht und die Industrie tut ihr Übriges, um mit eingängigen Werbeslogans die Verwirrung zu vergrößern. Daher ist hier zunächst einmal ein wenig Begriffskunde angesagt.

Künstliche Intelligenz, kurz KI, oder das englische Pendant Artificial Intelligence (AI) lassen sich kurz und knapp am besten mit den Worten des Informatikers John McCarthy umschreiben, der den Begriff geprägt hat: „die Wissenschaft und die Entwicklung intelligenter Maschinen“. Es gibt viele abgehobene Diskussionen, was das genau bedeutet – zum Beispiel, was Intelligenz eigentlich ist und ob das deutsche Wort Intelligenz dem englischen Intelligence entspricht. Um aber eine Vorstellung davon zu bekommen, worum es geht, dürfte McCarthy's Beschreibung völlig ausreichen.

KI umfasst das sogenannte maschinelle Lernen; verbreiteter ist dafür der englische Begriff Machine Learning. Dabei kommen Algorithmen zum Einsatz, die während der Benutzung anhand der verarbeiteten Daten

hinzulernen oder die vor der Benutzung eine Trainingsphase durchlaufen haben. Es gibt etliche lernende Algorithmen. „Naive Bayes“ etwa kommt in Spam-Filtern zum Einsatz, „Collaborative Filtering“ (zu deutsch kollaboratives Filtern) bei Amazons Funktion „Kunden, die diesen Artikel gekauft haben, kaufen auch: ...“ [1].

Die aktuellen Superstars unter den lernenden Algorithmen aber sind die (künstlichen) neuronalen Netze, genauer gesagt, die Deep Neural Networks (DNN), also tiefe neuronale Netze. Neuronale Netze sind relativ einfache Nachbildungen des menschlichen Gehirns. Dabei sind Nervenzellen, Neuronen, in mehreren Schichten hintereinandergeschaltet. Von Deep Neural Networks spricht man, wenn zwischen der Eingangs- und Ausgangsschicht mehr als zwei weitere Schichten liegen. Der Artikel ab Seite 130 stellt die Funktionsweise neuronaler Netze und die verschiedenen Topologien im Detail vor.

## Erkennen, spielen, texten

Die besondere Stärke lernender Algorithmen ist die Mustererkennung, wie sie zum Beispiel bei der Objekterkennung bei Google Photos zum Einsatz kommt. Microsoft wiederum genügt ein Porträtfoto, um das Alter einer darauf dargestellten Person zu schätzen oder aber ihre Emotionen zu deuten. Der Dating-Dienst Bling gibt sogar eine Einschätzung der Attraktivität ab.

Einzelne Gegenstände oder Bildelemente zu erkennen ist aber nur der Anfang. Forscher der Universität Stanford haben ein System entwickelt, das automatisch komplette Szenen beschreiben kann, etwa „Mann benutzt seinen Laptop, während seine Katze auf seinen Bildschirm schaut“.

Nicht nur bei Bildern, sondern wo immer sich eine Problemstellung auf ein irgendwie geartetes Muster reduzieren lässt, eignen sich lernende Systeme. So helfen sie der Tastatur-App Swiftkey, die Worte zu erraten, die der Benutzer einzugeben beginnt. Auch bei der Erkennung gesprochener Sprache geht es um Muster: In einem kontinuierlichen Lautstrom gilt es, einzelne Wörter zu identifizieren. Spätestens mit den Assistenten Siri,

Cortana und Co. ist Spracherkennung ein Massenprodukt geworden [2].

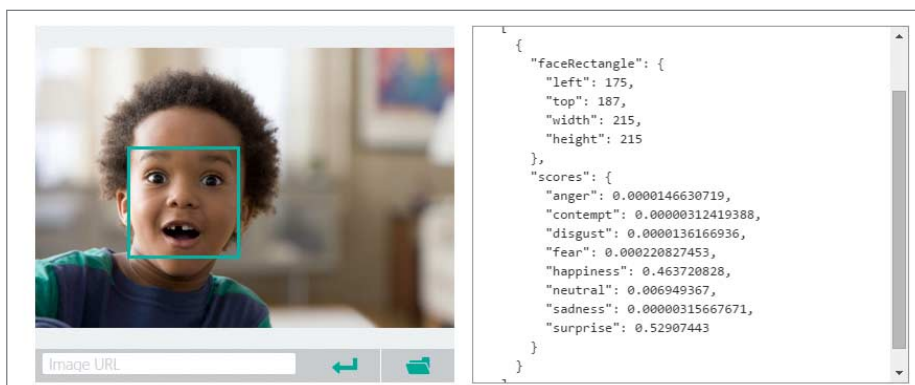
Ein beliebtes Betätigungsfeld von Neuronale-Netze-Forschern sind Spiele – weil sie klare Regeln haben, aber wohl auch ein wenig aus Marketinggründen, weil sich die KI dort publikumsträchtig mit menschlichen Spielern messen kann. So war die Go-Szene elektrisiert, als bekannt wurde, dass ein KI-System namens AlphaGo erstmals einen Profispieler geschlagen hat (siehe auch Seite 148).

Lernende Algorithmen können aber weit mehr als nur Muster erkennen und spielen. Sie verrichten in den verschiedensten Bereichen der Software-Industrie ganz unterschiedliche Aufgaben. Netflix benutzt einen lernenden Algorithmus, um seinen Nutzern auf Basis ihrer angeschauten Videos neue Filme zu empfehlen. Der Internet-Versender Zalando benutzt ein neuronales Netz, um die Wege der Picker in seinen Lagern zu optimieren.

Abermillionen Nachrichtenmeldungen, etwa zum Börsengeschehen, Sportereignissen oder dem Wetter, werden jeden Tag vollautomatisch von sogenannten Journalistenrobotern geschrieben – Programmen, die gelernt haben, aus reinen Daten wie Aktienkursen oder meteorologischen Angaben Texte zu generieren. Oft kommen lernende Verfahren zum Einsatz, ohne dass die Unternehmen darum viel Aufhebens machen. Wahrscheinlich benutzen Sie längst künstliche Intelligenz, ohne sie wahrzunehmen.

## Zwischen Pioniergeist und Ressourcenmangel

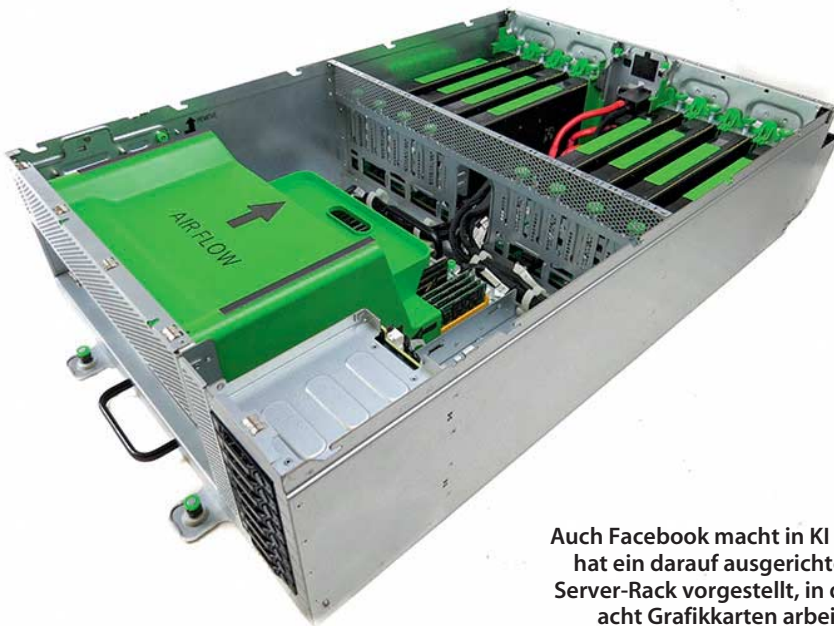
Wenn sich mit lernenden Algorithmen und allen voran mit neuronalen Netzen so vielfältige Aufgaben lösen lassen, stellt sich natürlich die Frage, warum sie erst heutzutage



Wie ist der denn drauf? Microsoft liest in Gesichtern Gefühle wie Zorn, Verachtung, Ekel, Glück oder Überraschung.



Erste KI-Systeme versuchen sich an der Analyse ganzer Szenen.



**Auch Facebook macht in KI und hat ein darauf ausgerichtetes Server-Rack vorgestellt, in dem acht Grafikkarten arbeiten.**

ihren Durchbruch erleben. Grundlegende Theorien und Methoden, um die Arbeitsweise von Neuronen und Synapsen technisch zu simulieren, wurden nämlich bereits in den 50er-Jahren entwickelt.

Das erste künstliche neuronale Netz geht auf den kürzlich verstorbenen Mathematiker und MIT-Forscher Marvin Minsky zurück: Der 40 Neuronen starke SNARC (Stochastic Neural Analog Reinforcement Computer) war noch eine echte Maschine, ein Konstrukt aus Motoren, Röhren und Kupplungen. Es simulierte die Situation einer Ratte, die in einem Irrgarten den richtigen Weg zum Futter finden sollte.

Die 80er- und 90er-Jahre lebten von großem Pioniergeist, letztlich wurden schon damals die wichtigsten Verfahren entwickelt – und die Größen von heute sind die Pioniere von gestern: unter anderem Geoffrey Hinton,

Yann LeCun, Yoshua Bengio und Jürgen Schmidhuber. Yann LeCun, heute verantwortlich für den Aufbau von Facebooks KI-Abteilung, entwickelte Mitte der 90er-Jahre für die Bell Labs das erste praxistaugliche Convolutional Neural Network, um handschriftlich ausgefüllte Schecks automatisch zu verarbeiten.

Ansonsten war die Technik aber noch nicht reif für die ganz große Bühne: Es herrschte Mangel an Trainingsdaten, Rechenleistung und Speicher. Man konnte daher nur relativ flache Netze bauen, die komplexen Aufgaben nicht gerecht wurden. Der KI-Forscher Schmidhuber bezeichnet die 1990er und den Anfang der 2000er Jahre, als sich nach der ersten Euphorie kaum jemand für neuronale Netze interessierte, auch als „Winter der Neuronalen Netze“. Die KI-Pioniere haben aber nicht aufgegeben, und

auch weiterhin hartnäckig an ihren Methoden gefeilt.

## Hardware-Durchbrüche

Erst als die Hardware immer günstiger und leistungsfähiger wurde, tauten die neuronalen Netze auf. Nutzen konnten das zunächst große Unternehmen wie Google und Co. mit der enormen Rechenleistung ihrer Datenzentren. Google zum Beispiel ließ und lässt seine Modelle mit einem Framework namens Distbelief trainieren. Damit kann das Unternehmen seine neuronalen Netze nach eigenen Angaben auf Clustern mit Tausenden Maschinen trainieren.

Eine zentrale Bedeutung kommt Grafikkarten zu: Neuronale Netze sind massiv parallele Algorithmen: Viele Tausend Netzknoten führen dabei relativ einfache Berechnungen durch – eine Jobbeschreibung, die perfekt auf Grafikkarten zugeschnitten ist.

Wenn man der Darstellung von Jen-Hsun Huang glaubt, dem CEO des Grafikkartenherstellers Nvidia, war sein Unternehmen letztlich einer der Geburtshelfer des aktuellen KI-Booms. So halfen seine Ingenieure 2011 den Forschern bei Google, ein neuronales Netz auf 12 Grafikkarten umzusetzen, für das davor 2000 normale Prozessoren benötigt wurden.

In der KI-Szene scheinen Grafikkarten derzeit jedenfalls die Technik der Wahl zu sein, um neuronale Netze zu trainieren und zu betreiben. Facebooks KI-Abteilung etwa hat kürzlich eine KI-Maschine für Rechenzentren vorgestellt, bei der pro V2-Rack acht Grafikkarten ihren Dienst verrichten. Und so verwundert es nicht, dass viele Frameworks für die Entwicklung von neuronalen Netzen die Nutzung von Grafikkarten unterstützen.

Anders herum scheint KI auch für die Hardware-Branche ein wichtiger Innovationstreiber zu sein. Nvidia hat auf der CES einen Auto-Computer namens Drive PX 2 vorgestellt, in dem neben zwei CPUs auch zwei Grafik-Prozessoren der künftigen Pascal-Generation laufen. Die hohe Rechenleistung soll ein neuronales Netz befeuern, mit dem das Auto anhand seiner Sensordaten seine Position und die von anderen Objekten im dreidimensionalen Raum berechnen kann.

Das überall verfügbare Internet erschließt die Rechenpower der Datenzentren bei Google, Apple und Co. für die Allgemeinheit. Wo auch immer man ist: Cloud-Dienste wie Google Photos, Skype Translator oder Siri stehen auf Abruf bereit, sofern man Internet-Zugriff hat.

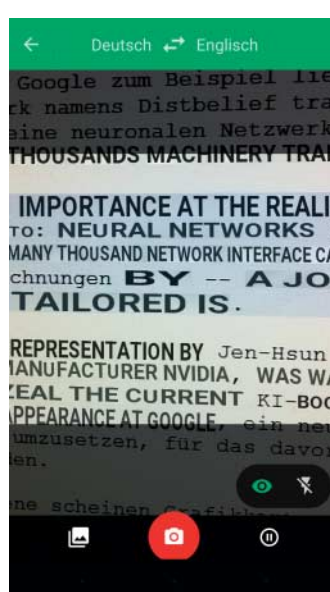
Man benötigt aber gar nicht mehr unbedingt riesige Rechenzentren oder spezielle Hardware, um neuronale Netze für sich arbeiten zu lassen. Ein handelsüblicher PC genügt heute für den Einstieg in das Deep Learning völlig – siehe Seite 142.

Mitunter reicht sogar noch weniger: Google zum Beispiel hat es geschafft, seine auf neuronalen Netzen aufbauende Translate-App so zu verbessern, dass sie auf einem



**Assistenten wie Apples Siri arbeiten dank Cloud auf Zuruf.**

**KI zum Mitnehmen: Googles Translate-App übersetzt Texte mithilfe eines neuronalen Netzes auf dem Smartphone.**



Anzeige





**Inceptionism:** Kitzelt man die verborgenen Schichten eines Bilderkenner-Netzes, so können solche psychedelischen Bilder dabei herauskommen.

Smartphone läuft – und zwar ohne Hilfe aus der Cloud. Die App übersetzt eingetippte oder mit der Kamera aufgenommene Wörter und Texte automatisch sofort.

Im Januar hat Google eine Kooperation mit dem Chip-Hersteller Movidius bekanntgegeben. Das Unternehmen stellt besonders sparsame Grafikprozessoren für Mobilgeräte her, die sich auch gut für neuronale Netze eignen. Damit sollen Smartphones selbstständig Objekte in Bildern oder Musikstücke erkennen können.

## Datenmassen

Alle Hardware-Power würde nichts nützen, wenn es nicht genügend hochwertige, mit guten Metainformationen versehene Daten geben würde, mit denen man die neuronalen Netze trainieren kann. Dank Internet und allgegenwärtiger Vernetzung fallen aber an vielen Stellen gut aufbereitete Trainingsdaten an.

Die großen Internet-Unternehmen sind auch hier wieder im Vorteil, weil sie bereits auf riesigen Halden mit Daten ihrer Benutzer sitzen: Abermillionen hochgeladener Bilder und Videos, versandte E-Mails, Klicks auf Links in Suchergebnissen – Google und Co. haben mächtige Sammlungen von Nutzerdaten aller Art.

Es gibt unzählige Web-Dienste, die über Programmierschnittstellen Zugriff auf ihre Daten ermöglichen. Sie benötigen Tausende Twitter-Postings, um ein Netz für die Sentimentanalyse zu trainieren? Kein Problem, ein paar Zeilen Code, und Sie können sie absaugen. Sie müssen sie dann nur noch von Menschen bewerten lassen – auch einfach: Amazon hält in seinem Crowdsourcing-Dienst Mechanical Turk die Manpower auf Abruf, um Gefühlsäußerungen in Postings von Menschen bewerten zu lassen.

Last not least haben die Verfügbarkeit von Rechenpower und Testdaten dazu geführt, dass die Ingenieure immer besser und schneller an ihren Verfahren feilen können. So sind für bestimmte Zwecke, etwa für die Bild- oder Spracherkennung, unterschiedliche Typen von neuronalen Netzen im Einsatz, die auf die jeweiligen Anforderungen genau zugeschnitten sind – siehe den folgenden Artikel.

## Nächste Hürde: das Gehirn

Der neue Hype um neuronale Netze und künstliche Intelligenz setzt alte Fragen wieder auf die Tagesordnung, die im Raum stehen, seit an intelligenten, lernenden Maschinen geforscht wird: Werden Computer eines Tages so schlau sein wie der Mensch? Wer-

den sie ihre Schöpfer vielleicht eines Tages sogar überflügeln? Was würde das für das Verhältnis zwischen Menschen und Maschinen bedeuten? Wäre es eine Gefahr für die Menschheit?

Sieht man sich die lernenden Systeme an, die derzeit auf dem Markt sind, kann man kurzfristig Entwarnung geben: So etwas wie eine Superintelligenz ist nicht in Sicht. Egal ob Google Inbox, AlphaGo oder Skype Translator: Alle aktuellen Dienste sind Fachidioten, die genau eine Aufgabe gut beherrschen – vielleicht sogar bereits besser als Menschen –, aber eben nicht mehr.

Die digitalen Assistenten sind ein guter Gradmesser für den Stand der Technik: In einigen wenigen Themengebieten kennen sie sich gut aus. Dort verstehen sie viele Fragen und geben natürlichsprachliche Antworten, die auch ein Mensch nicht besser geben könnte. Von den allermeisten Themen jedoch verstehen sie nichts und leiten die Frage an eine „dumme“ Suchmaschine weiter.

Dennoch: „Generelle künstliche Intelligenz“ ist das langfristige Ziel von Googles KI-Abteilung DeepMind. Künstliche Intelligenz soll nicht auf bestimmte Gebiete beschränkt sein; Computer sollen stattdessen lernen, sich wie Menschen neue Fähigkeiten selbst beizubringen.

Wie das im Prinzip funktioniert, hat DeepMind bereits gezeigt. So hat DeepMind neuronale Netze entwickelt, die sich beigebracht haben, viele klassische Konsolenspiele besser zu beherrschen als Menschen. Dabei kommt eine Technik namens Reinforcement Learning zum Einsatz. Auch AlphaGo arbeitet damit – siehe Seite 148.

Das schweizer Unternehmen Nnaisense, in dem der KI-Pionier Schmidhuber eine Reihe weiterer Forscher um sich geschart hat, scheint die gleiche Zielsetzung wie DeepMind zu verfolgen. Und das Human Brain Project, ein ambitioniertes Vorhaben der Europäischen Kommission, hat sich zum Ziel gesetzt, das gesamte Wissen über das menschliche Hirn zusammenfassen und mittels computerbasierten Modellen und Simulationen nachzubilden.

## Viele offene Fragen

Die schnellen Fortschritte in der KI-Forschung haben viele kluge Köpfe aus der IT-Szene und der Wissenschaft aufhorchen lassen. So hat sich zum Beispiel Tesla-Chef Elon Musk – der sicher nicht im Verdacht steht, neue Technik grundsätzlich abzulehnen – sehr nachdenklich zu den schnellen Fortschritten der KI geäußert. Er befürchtet, dass sich eine Superintelligenz, wenn sie denn einmal in der Welt ist, nicht mehr vom Menschen kontrollieren ließe.

Auch Microsoft-Gründer Bill Gates und der Physiker Stephen Hawking teilen diese Sorgen. Mehr als tausend Wissenschaftler aus dem Forschungsfeld künstlicher Intelligenz haben in einem offenen Brief ein Verbot autonomer Waffensysteme gefordert. Ein Wettüben mit selbststeuernden Tötungsmaschi-



nen könne nicht im Interesse der Menschheit liegen, heißt es darin – ob der Appell was nützt?

Wohl eher nicht. Schon heute benutzt die NSA nach Recherchen des Online-Magazins The Intercept Machine Learning, um Metadaten bei der Suche nach Zielen für ihren Drohnenkrieg auszuwerten – und macht dabei nach den Analysen von Menschenrechtsaktivisten grobe Fehler [3].

Aber auch abgesehen von so extremen Szenarien wie einer Superintelligenz oder „intelligentem“ Krieg muss man sich mit KI auseinandersetzen: KI greift bereits heute oder in naher Zukunft in unser Leben ein – zum Beispiel im Straßenverkehr. Viele Fahrzeughersteller forschen zum Thema autonome Autos. Und im Auto trifft die KI mitunter Entscheidungen zwischen Leben und Tod.

Das wirft gleich eine Reihe von Fragen auf, denn neuronale Netze sind in wesentlichen Teilen Black Boxes und lassen sich nicht so testen wie „normale“ Software. Die US-Verkehrssicherheitsbehörde hat daher neue Prüfverfahren gefordert, bevor autonome Autos eine Straßenzulassung erhalten.

Wann aber hat eine Fahrzeug-KI genug gelernt, um ein Auto fahren zu können? Und was ist, wenn sie trotz aller Sorgfalt mal daneben liegt? Diese Fragen lassen sich auf alle Bereiche übertragen, in denen KI-Systeme vielleicht eines Tages Entscheidungen treffen, die bisher Menschen vorbehalten waren – zum Beispiel auch in der Medizin.

## Jobkiller KI

Wo auch immer künstliche Intelligenz eingesetzt werden wird: Sie wird der Digitalisierung Vorschub leisten und Jobs kosten – zum Beispiel in der Logistik. Google und Amazon arbeiten mit Hochdruck daran, Warenströme zu automatisieren, vom Regal in den Lagern bis zum Kunden. In einigen Amazon-Lagern



Bild: Deep Forger, <https://deepforger.com>, Lizenz: CC-BY

**Der Twitter-Bot Deep Forger hat gelernt, wie berühmte Maler zu malen – hier wie Picasso.**

wird schon damit experimentiert, die Picker, die bislang noch die Waren aus den Regalen holen, durch Roboter zu ersetzen.

Aber das ist erst der Anfang. Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt ist sich sicher, dass „wir hochautomatisierte Fahrzeuge in fünf Jahren in Serienreife haben und autonome Fahrzeuge in zehn Jahren in den Verkaufsräumen sehen“.

Können – und dürfen – Autos aber erst einmal selbst fahren, werden sie solche mit

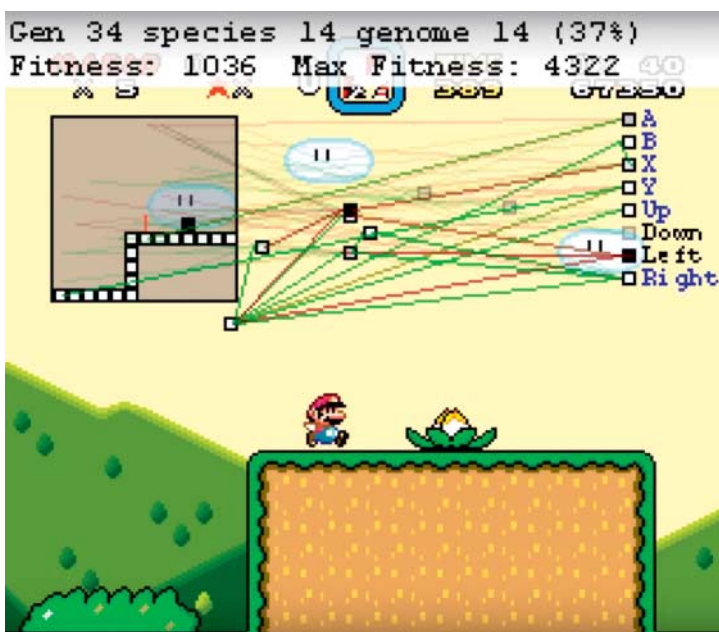
Fahrern schnell verdrängen: Die KI am Lenkrad ermüdet nicht, benötigt also keine Ruhezeiten, womit die Ware schneller am Ziel ist. Die KI wird wohl auch, wenn sie erst einmal marktreif ist, weniger Fehler machen als menschliche Fahrer. Damit werden auch Versicherungen günstiger. Kurzum: KI wird wesentlich ökonomischer fahren als Menschen. Menschen werden in einer solchen Logistikwelt nur noch benötigt, um den Fuhrpark am Laufen zu halten.

Wie auch immer man zu KI stehen mag: Diese Technik erlebt einen Boom, man muss sich mit ihr auseinandersetzen und sie dafür erst einmal verstehen. Der Beitrag ab Seite 130 erklärt die Funktionsweise neuronaler Netze im Detail – der derzeit wichtigsten KI-Technik. Die beiden Artikel auf den Seiten 136 und 142 zeigen, wie man selbst mit wenig Aufwand ein solches Netz trainiert und nutzt. Und ab Seite 148 lesen Sie, wie Reinforcement Learning das Go-System AlphaGo so stark gemacht hat, dass es einen Profispieler schlagen konnte. (jo@ct.de)

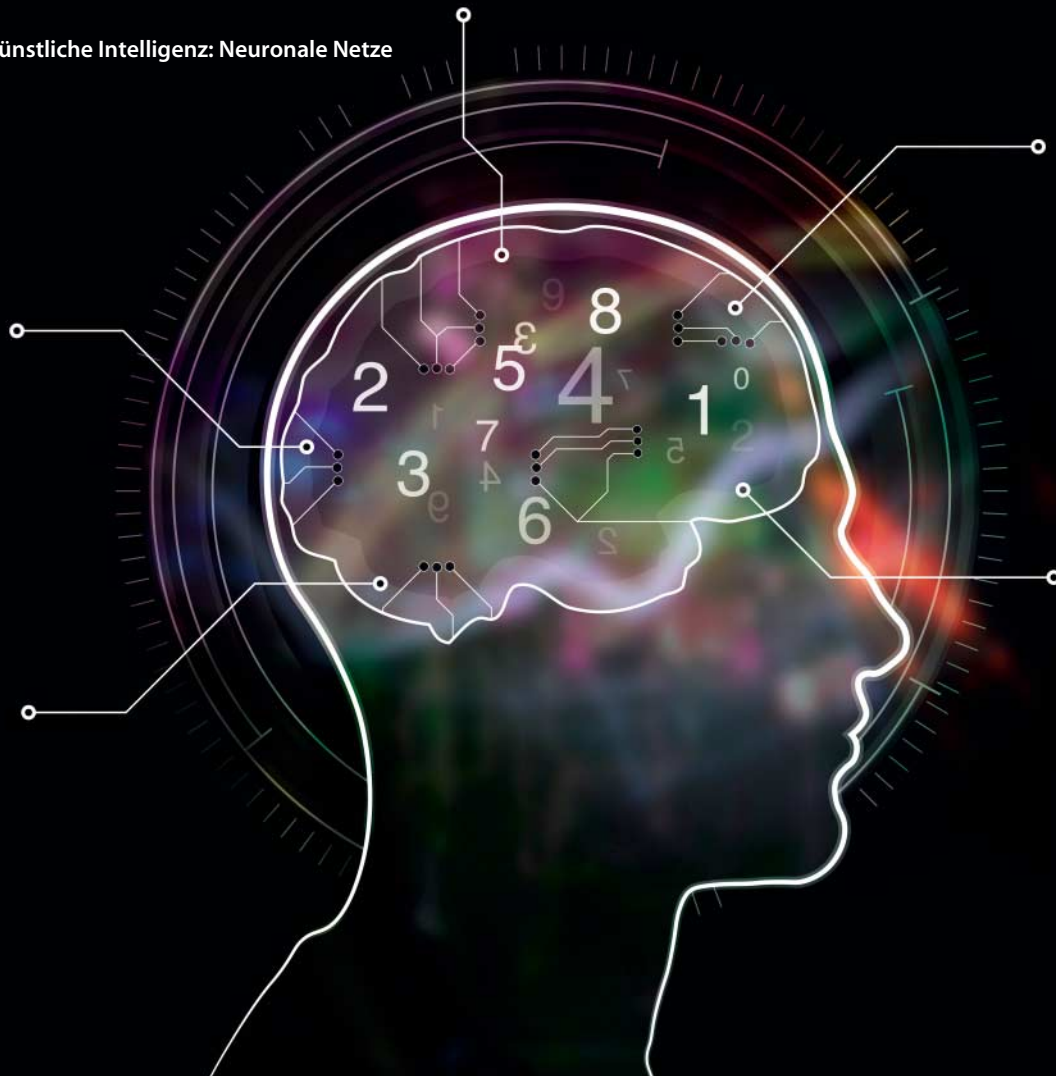
## Literatur

- [1] Andrea Trinkwalder, Datensatz-Leserei, Wie Big-Data-Systeme riesige Informationsmengen sammeln, filtern und auswerten, c't 23/13, S. 148
- [2] Jo Bager, Smartphone denkt voraus, hinter den Kulissen von Siri und Co., c't 16/15, S. 122
- [3] Monika Ermert, Christian Grothoff: Data Mining für den Drohnenkrieg, Lexikon des NSA-Skandals: Skynet, c't 3/16, S. 82

**ct** Weiterführende Informationen: [ct.de/ygw3](http://ct.de/ygw3)



**Mit einer Technik namens Reinforcement Learning können neuronale Netze lernen, Spiele wie Super Mario zu beherrschen.**



Andrea Trinkwalder

# Netzgespinste

## Die Mathematik neuronaler Netze: einfache Mechanismen, komplexe Konstruktion

Neuronale Netze scheinen wie Menschen zu lernen, verstehen Sprache, Bilder und Strategiespiele. Ist das jetzt schon künstliche Intelligenz? Um das herauszufinden, hilft nur ein Blick in die Algorithmen. Und der lohnt sich, denn neuronale Netze sind wirklich schöne mathematische Gebilde.

Jahrzehntelang war mit neuronalen Netzen kein Blumentopf zu gewinnen, jetzt erobern sie die digitalisierte Welt im Sturm: Im Smartphone haben sie die Sprachverarbeitung übernommen, in der Bildersammlung die Gesichtserkennung und kürzlich wurde eine noch sicher geglaubte Bastion menschlicher Intelligenz gestürmt: Eine Kombination aus mehreren neuronalen Netzen und anderen Algorithmen hat einen Profispieler im asiatischen Strategiespiel Go geschlagen (siehe Artikel auf S. 148).

Neuronale Netze beweisen eindrucksvoll, dass sie vielfältige kognitive Aufgaben übernehmen können – und verdrängen oder ergänzen in immer mehr Bereichen die bislang gebräuchlichen Algorithmen, darunter auch andere maschinelle Lernverfahren wie etwa die in der Spracherkennung genutzten Hidden Markov oder Gaussian Mixture Models. Die meisten dieser Ansätze versuchten, das Problem durch möglichst exakte Beschreibung von Merkmalen zu lösen und natürliche Variationen

statistisch abzufangen. Gesichtsdetektoren etwa bestanden aus Bildverarbeitungsfiltern, die helfen sollten, bestimmte Merkmale wie Augen, Nase oder Mund zu extrahieren. Diese Verfahren waren sehr fehleranfällig, weil nicht jede Variation explizit modelliert werden konnte – etwa Brillen, Hüte, durch Drehung verdeckte Merkmale, individuelle Handschrift et cetera.

Neuronale Netze hingegen sind zunächst nicht auf das Erkennen bestimmter Merkmale getrimmt, nicht mal zwingend

auf ein bestimmtes Fachgebiet. Sie bestehen aus sehr einfachen, dafür aber extrem vielen miteinander vernetzten mathematischen Funktionen. Erst im Laufe des Trainings, nach Ansicht Tausender bis Millionen von Beispielen, lernen die Netze, was wichtig ist: das Essenzielle an einem Gesicht, einer Katze, einem Hund oder einem Flugzeug.

Mit jedem neuen Trainingsbeispiel erhält das Netz Feedback über seine Erkennungsleistung und justiert daraufhin seine unzähligen Parameter neu, so-

dass sich die einfachen Basisfunktionen im Laufe der Zeit zu genau den Verarbeitungsfiltren formen, die zum Lösen der Aufgabe wichtig sind. Die Netze lernen dabei mathematische Funktionen unterschiedlicher Komplexität, sie bauen sich ihr Handwerkszeug selbst: Trainiert man ein neuronales Netz mit gesprochener Sprache, wird es mathematische Funktionen bilden, die Phoneme unterscheiden und in Folgen von Phonemen sinnvolle Wörter und Sätze erkennen.

Speist man Bilder ein, wird das Netz Funktionen lernen, die Strukturen, Kanten, Farbmuster, aber auch komplexe Bestandteile wie Augen, Nase oder ganze Gesichtspartien herausfiltern. Dass dies funktioniert, liegt an einer besonderen Eigenschaft der Netze und ihrer Basisfunktionen: Man kann beweisen, dass sich mit solchen Netzen beliebige nichtlineare Funktion konstruieren lassen, siehe c't-Link am Ende des Artikels.

## Neuronen und Synapsen

Neuronale Netze sind ein Versuch, die in der Gehirnforschung gewonnenen Erkenntnisse über das Zusammenspiel aus Nervenzellen (Neuronen) und deren Verbindungen (Synapsen) zu modellieren. Das menschliche Gehirn besitzt etwa 86 Milliarden Nervenzellen – also Zellen, die sich auf die Erregungsleitung und -übertragung spezialisiert haben. Jede Nervenzelle ist über Synapsen mit Hunderten bis Tausenden anderen Zellen verbunden, wobei es weder eine feste Verbindung noch für die Ewigkeit festgelegte Bedingungen für die Signalübertragung gibt. Die Zellen kommunizieren in der Regel über chemische Botenstoffe (Neurotransmitter), innerhalb des Neurons werden Signale elektrisch weitergeleitet.

Je näher eine Synapse am Soma – dem Zellkörper – ansetzt, desto stärker ist ihr Einfluss auf die Nervenzelle. Gleichzeitig ankommende Signale unterschiedlicher Nervenzellen addieren sich in ihrer Wirkung. Übersteigt der Reiz, den diese Botenstoffe in einem Neuron auslösen, eine bestimmte Schwelle, wird ein Aktionspotenzial ausgelöst; die Nervenzelle feuert.

Das Geflecht aus Neuronen und Synapsen nebst ihrer individuellen Reizschwellen ist nicht

starr, sondern justiert sich immer wieder neu anhand der Erfahrungen und Eindrücke, die auf den Menschen von der Geburt bis ins Erwachsenenalter einströmen. Vor allem: Einzelne Neuronen oder kleinere Verbände entwickeln die Fähigkeit, sich auf das Erkennen komplexer Gebilde zu spezialisieren. So haben die Forscher in Versuchen mit Probanden festgestellt, dass beim Anblick eines Gesichts nur bestimmte Nervenzellen feuern.

Andere Neuronen reagieren auf spezifische Gesichtspartien oder -ausdrücke. Es scheint auch Neuronenverbände zu geben, die allgemein das Prinzip eines Gesichts verinnerlicht haben, und weitere, die auf individuelle Gesichter ansprechen, etwa von engen Freunden oder Familienmitgliedern.

## Künstliche Netze: Stark vereinfacht

Ein künstliches neuronales Netz besteht aus drei Typen von Schichten: Die erste Neuronenschicht dient dazu, Rohbeziehungsweise leicht vorverarbeitete Informationen ins Netz einzuspeisen. Diese Eingabe-Neuronen kann man sich als diejenigen Signale vorstellen, die Sinnesorgane wie Haut, Retina oder Ohr aufnehmen.

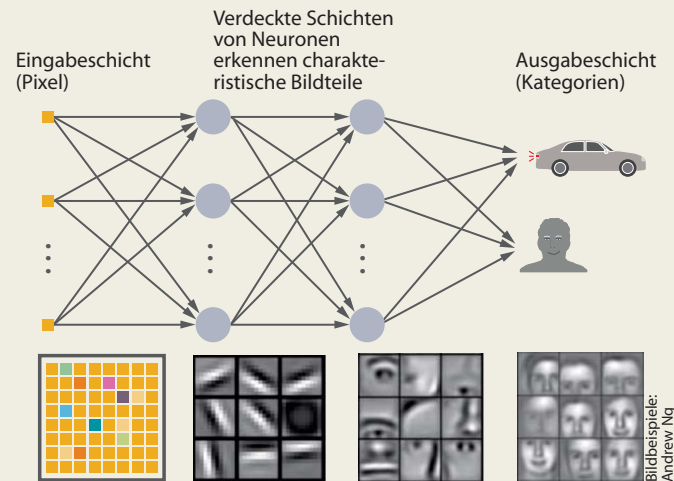
Dazwischen liegen je nach Komplexität der Aufgabe ein bis zig Schichten mit verknüpften Neuronen. Diese sogenannten verdeckten Schichten lernen während des Trainings anhand Hunderttausender bis Millionen von Beispielen, aus den Rohinformationen zunächst simple Muster und Strukturen herauszulesen und aus diesen dann immer komplexere typische Merkmale zu formen, um die gestellte Aufgabe lösen zu können. Die letzte Schicht besteht aus Ausgabe-Neuronen, die sämtliche möglichen Ergebnisse repräsentieren.

Ein einfaches Beispiel: Geht es etwa darum, Ziffern in Bildern mit  $28 \times 28$  Pixeln Kantenlänge zu erkennen, besteht die Eingabeschicht aus 784 Neuronen. Jedes dieser Neuronen repräsentiert ein Bildpixel – genauer dessen Helligkeitswert. Schwarze Pixel haben einen Helligkeitswert von 0 (Prozent), weiße 100 (Prozent), Graustufen liegen dazwischen.

Die Ausgabeschicht enthält für jedes mögliche Ergebnis ein

## Bilderkennung im neuronalen Netz

Während das neuronale Netz Millionen Bilder sichtet, lernt es in jeder Neuronenschicht spezifische Filter, um sukzessive charakteristische Merkmale aus den Bildern extrahieren zu können. Am Ende hat genau ein Ausgabe-Neuron gelernt, was ein Gesicht ausmacht, ein anderes kennt Autos und so weiter.



Neuron, umfasst hier also zehn Neuronen, die die Ziffern von Null bis Neun repräsentieren. Bei der allgemeinen Objekterkennung wachsen sowohl Ausgabe- als auch Eingabeschicht auf Zigbis Hunderttausende Neuronen: Die für das Training verwendete Standard-Sammlung ImageNet enthält im Schnitt Bilder mit einer Auflösung von  $400 \times 350$  Pixeln, das ergibt bei Farbbildern  $140\,000 \times 3 = 420\,000$  Eingabe-Neuronen. Theoretisch sind durchaus 100 000 unterschiedliche Objektkategorien, also Ausgabe-Neuronen, denkbar.

Im Gehirn beeinflussen nicht alle Neuronen einander gleich stark, unter anderem kommt es auf die Nähe der Synapse zum Soma an. Künstliche neuronale Netze bilden dies nach: Jede Verbindung zwischen zwei Neuronen besitzt dort ebenfalls ein individuelles Gewicht. Je höher das Gewicht, desto größer ist der Reiz, den das eine auf das andere ausübt.

Wie ein Neuron auf diesen kumulierten Reiz reagiert, kann man mathematisch auf mehrere Arten modellieren, am einfachsten mit einer Schwellenfunktion, die nur zwei Aktivitätslevel kennt: Übersteigt der Reiz den individuellen Schwellenwert des Neurons, gibt es den Wert 1 aus. Es wird aktiviert. Bleibt der

Reiz darunter, gibt es den Wert 0 aus.

Lernen würde in einem solchen Netz bedeuten, die passenden Werte für die Gewichte zwischen den Kanten und die Schwellenwerte der Neuronen zu bestimmen. Diskrete Schwellenfunktionen haben allerdings den Nachteil, dass minimale Änderungen an den Gewichten das Ergebnis komplett zum Kippen bringen können – womit sich das Austarieren der Gewichte und Schwellenwerte nur schlecht realisieren lässt. Deshalb wählt man stetige Aktivierungsfunktionen, die den Übergang sanfter gestalten, etwa die Sigmoid-Funktion.

Dort gibt es keine sprunghafte Änderung des Aktivitätslevels – es liefert immer eine von der gewichteten Summe der Eingangssignale abhängige Ausgabe. Die Funktion simuliert die zwei Aktivitätslevel des diskreten Modells näherungsweise: In einem großen Bereich schwacher Eingangsreize erzeugt sie ebenfalls ein sehr niedriges, nah am Minimum liegendes Ausgangssignal. Ebenso liegt die Ausgabe für einen großen Bereich starker Inputs nah am Maximum. In einem relativ schmalen, mittleren Bereich der Eingangssignale steigt die Kurve relativ stark an. Der sogenannte Bias bestimmt dabei, wie stark der kumulierte Reiz sein



muss, um das Neuron überhaupt anzuregen. Er verschiebt also das Grundniveau der Aktivierung. Man kann sich den Bias als Empfindlichkeit des Neurons vorstellen.

Jetzt könnte man sich auf die Suche nach den richtigen Bias und Gewichten machen – aber wie? Man könnte etwa sämtliche Parameter einfach so lange variieren, bis diejenige Kombination gefunden ist, die die meisten korrekten Treffer liefert – angesichts von Milliarden Verbindungen aber kein zielführender Ansatz.

In der Regel würden kleinere Gewichtsänderungen die Anzahl korrekt erkannter Beispiele nicht verändern, was es erheblich erschwert, eine effiziente Strategie für die Anpassung der Parameter zu entwickeln. Also ersetzt man

das naheliegende Qualitätsmaß „Anzahl korrekter Treffer“ durch eines, das sich differenzierter verhält. Ein solches ist die quadratische Kostenfunktion. Diese Funktion berechnet die mittlere quadratische Abweichung, die das Netz bei Eingabe der Trainingsbilder produziert.

Ziel ist es, eine Gewichte-Bias-Kombination zu finden, die den geringsten Fehler produziert. Dafür gibt es eine Gradientenabstieg genannte Technik. Es ist ein Näherungsverfahren, eine exakte Berechnung wäre bei den Milliarden Gewichten der komplexen Netze unmöglich.

Man kann sich die Kostenfunktion im Dreidimensionalen vorstellen wie eine sehr abwechslungsreiche Landschaft aus steilen Bergen, tiefen Tälern, Hügeln,

sanften Senken, Ebenen und Hochebenen. Das tiefste Tal dieser Funktion ist das globale Minimum, also genau diejenige Kombination von Gewichten und Bias, mit der das Netz die höchste Erkennungsquote (geringste Fehlerrate) liefert. In der Praxis hat diese Funktion gerne mal Millionen von Dimensionen – und genau das führt die Wissenschaftler und die Algorithmen wieder an die Grenzen des Machbaren. Der US-amerikanische Mathematiker Richard Bellman hat dafür den Begriff Curse of dimensionality, zu deutsch Fluch der Dimensionalität, geprägt.

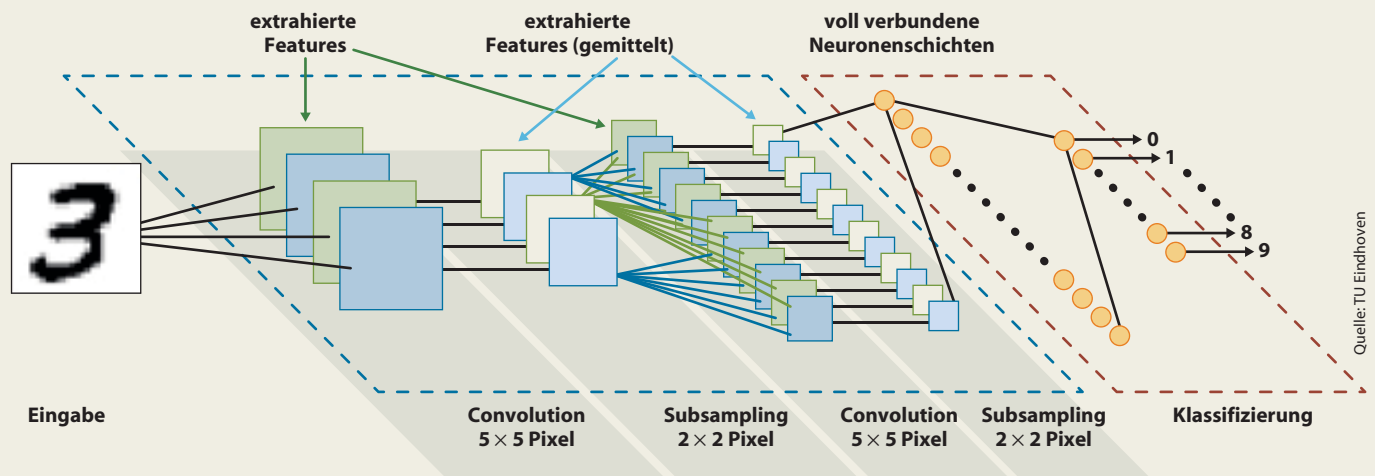
Im Dreidimensionalen kann man sich die Strategie hinter dem Gradientenabstieg ungefähr so vorstellen: Es herrscht dichter Nebel, an irgendeinem

Punkt in dieser Landschaft steht ein Mensch und soll den Weg ins Tal finden – möglichst schnell, bevor es dunkel wird. Er besitzt ein Gerät, mit dem er hin und wieder die Steigung messen kann, sollte dies aus Zeitgründen allerdings nicht zu oft tun.

Die beste Strategie ist in diesem Fall, an jedem Messpunkt die Richtung des steilsten Abstiegs einzuschlagen. Wählt er die Abstände zu groß, verpasst er vielleicht den optimalen Weg. Wählt er sie zu klein, bewegt er sich zu langsam fort. Diese Abstände kann man als Lernrate des Netzes interpretieren. Die Kunst ist, die Fehlerrate so zu wählen, dass man sich gleichzeitig schnell und zielgerichtet talwärts bewegt. So geht es schrittweise immer den steilsten Ab-

## Aufbau und Funktionsweise eines Convolutional Neural Networks

In der Bilderkennung haben sich Convolutional Neural Networks bewährt. Sie verbinden die Pixel in jedem  $5 \times 5$  Pixel großen Bereich des Bildes mit einem einzigen Neuron (Convolution, auf deutsch: Faltung) und reduzieren die dadurch extrahierten Features anschließend (Subsampling). Je tiefer die Netze, umso mehr Convolution-Subsampling-Kombinationen reihen sich aneinander. So werden Stufe für Stufe immer komplexere Merkmale gelernt. Für die Klassifizierung am Ende schließen sich zwei voll verknüpfte Schichten an.



Quelle: TU Eindhoven

Bei der Konvolution tastet ein Filterkern, hier gelb markiert, das Bild von links oben nach rechts unten ab, wobei jeder Pixelwert mit dem zugehörigen Gewicht (rote Zahl) multipliziert wird. Die Summe daraus ergibt ein Pixel in der Feature Map.

1	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	0	1	1	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0

Bild

4	3	4
2	4	3
2	3	4

Faltungs-Ergebnis (Feature Map)

Dabei werden unterschiedliche Features gelernt, die in den niedrigen Schichten noch sehr unspezifisch sind. Dazu gehören Kantenmuster unterschiedlicher Ausrichtung, Farbkombinationen oder diverse Strukturen.



Bild: Andrej Karpathy



hang hinab, bis eine Senke erreicht wird – das Minimum. Dieser Punkt ist eine Kombination aus Gewichten und Bias, die die Kostenfunktion und damit die Fehlerrate minimieren – zumindest für den zuvor gewählten Ausgangspunkt.

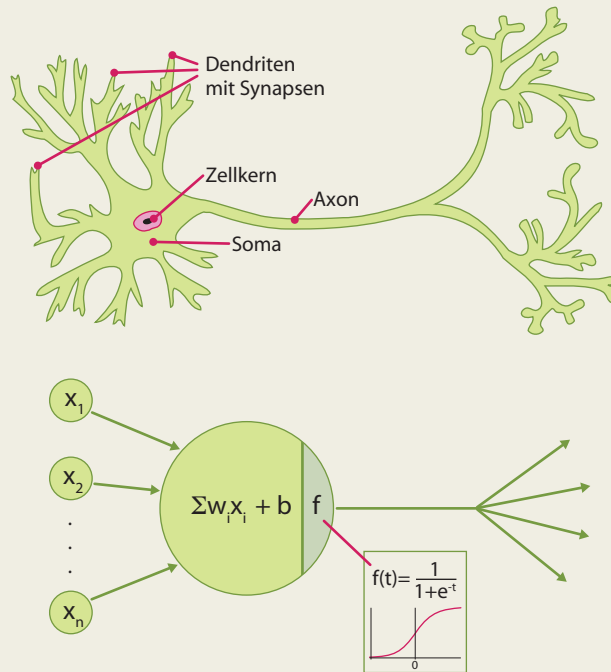
Um die Gradienten (also die lokalen Steigungen) zu bestimmen, wurde bereits in den 70er-Jahren ein zentrales Verfahren namens Backpropagation entwickelt, das aber erst 1986 von drei Forschern mathematisch so ausformuliert wurde, dass es in der Praxis erfolgreich eingesetzt werden konnte – einer davon Geoffrey Hinton, der später bei Google für den Durchbruch neuronaler Netze in der Bilderkennung sorgte.

Mit dem Backpropagation-Verfahren wird der am Ende errechnete Fehler Schicht für Schicht in das Netz zurückgespeist. In der Praxis bedeutet dies, dass der Fehler der Ausgangsschicht zunächst anteilig auf die Gewichte der letzten verdeckten Schicht verteilt wird, sodass man für jedes Neuron dieser Schicht eine individuelle Abweichung – in der Mathematik durch ein Delta symbolisiert – errechnen kann, die es anschließend wiederum anteilig an seine Vorgänger verteilt.

Dieses Verfahren geht so lange, bis jedes Gewicht im Netz bis hinab zur ersten Schicht einen solchen Delta-Wert erhalten hat. Erst dieses Fehler-Verteilungsverfahren ermöglicht es, die zahllosen Gewichte als direkte Stellschrauben zur Fehlerminimierung einzusetzen – durch Minimierung der Delta-Werte. Das Training eines neuronalen Netzes ist also ein iteratives Verfah-

## Neuronen und Synapsen

Neuronale Netze sind ein Versuch, die in der Gehirnforschung gewonnenen Erkenntnisse über das Zusammenspiel aus Nervenzellen (Neuronen) und deren Verbindungen (Synapsen) zu modellieren.



ren, in dem folgende Schritte so lange wiederholt werden, bis die Fehlerrate unter eine vorher festgelegte Schwelle sinkt:

1. Initialisierung des Netzes, etwa mit Zufallszahlen: Alle Gewichte und Bias tragen nun einen Wert zwischen Null und Eins.
2. Trainingsbeispiel  $x$  wird ins Netz eingespeist.
3. Feed-Forward-Schritt: Aus den Eingabewerten  $x$  können mithilfe der Gewichte die kumulierten Reize und dann mithilfe

der Aktivierungsfunktionen und Bias die Ausgabe jedes Neurons Schicht für Schicht berechnet werden – bis hin zur Ausgangsschicht. Jedes Ausgabe-Neuron wird dann einen Wert zwischen Null und Eins tragen. Je höher dieser Wert, umso höher schätzt das Netz die Wahrscheinlichkeit, dass das Beispiel zu dieser Kategorie passt.

4. Berechnung des mittleren quadratischen Fehlers. Weil die

Gewichte und Bias als Zufallszahlen initiiert werden, ist der Fehler im ersten Durchlauf normalerweise sehr hoch.

5. Backpropagation: Der in Schritt 4 errechnete Fehler wird wieder anteilig auf die Gewichte und Bias im Netz verteilt, und zwar zunächst von der Ausgangsschicht auf die letzte verdeckte Schicht, bis hinab zur Eingabeschicht. Ein Neuron mit hoher Abweichung vom Zielwert verteilt also auch höhere Abweichungs-Werte an seine Vorgänger.
6. Aktualisieren der Netzparameter (beziehungsweise deren Delta-Werte) unter Berücksichtigung der Lernrate.
7. Neuer Durchlauf (Feed-Forward plus Backpropagation) mit neuem Trainingsbeispiel, aktualisierten Gewichten und Bias.

## Tiefe und Vielfalt

Es gibt bislang noch keine universelle Netzarchitektur (vergleichbar mit dem Nervensystem des Menschen), die den vielfältigen kognitiven Aufgaben rund um Erkennung, Verarbeitung und Problemlösung gewachsen ist. Vielmehr arbeiten die Forscher mit unterschiedlichen, an die jeweiligen Anforderungen angepassten Varianten.

Eines haben sie gemeinsam: Je komplexer die Aufgabe, umso tiefer müssen die Netze sein, kurz: Je mehr Schichten, desto besser. Dafür hat sich der Begriff Deep Learning etabliert. Die zusätzlichen Schichten gewinnbringend einzusetzen ist eine der großen Herausforderungen in der KI-Forschung. Obwohl man noch keine exakte Vorstellung

Quelle: Andrej Karpathy

Anzeige

davon hat, was genau innerhalb der riesigen Netze abläuft, müssen die Wissenschaftler ein Gefühl für potenzielle Verbesserungen entwickeln und eine passende Netzarchitektur austüfteln. Einen Durchbruch erzielte vor einigen Monaten Microsoft Research Asia (MRSA), das mit seinem 152-lagigen Netzwerk für die Bilderkennung den wichtigen ILSVRC-Wettbewerb (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) in mehreren Disziplinen gewann.

Aufgrund ihrer Architektur unterscheidet man vorwärtsgerichtete (Feed Forward, FFN), Rekurrente (RNN) und Long Short Term Memory Netze (LSTM). Erstere verknüpfen die Neuronen strikt von der Eingabe hin zur Ausgabeschicht, RNNs können auch Neuronen mit sich selbst oder mit Neuronen aus tieferen Schichten verknüpfen und LSTMs sind gewissermaßen praxistaugliche RNNs, siehe unten.

In der Bilderkennung haben sich die vorwärtsgerichteten Deep Convolutional Neural Networks (Deep CNNs) durchgesetzt, weil sich durch deren speziellen Aufbau schon einiges Vorwissen modellieren lässt. Für die Bilderkennung ist es nicht optimal, jedes Eingabe-Neuron (Pixelwert) mit jedem Neuron der ersten verdeckten Schicht zu verbinden. Damit würde man der Beziehung zwischen weit auseinanderliegenden Pixeln dieselbe Bedeutung verleihen wie benachbarten, was der räumlichen Struktur von Bildern nicht gerecht würde.

Deshalb konstruiert man das Netz so, dass es das Bild in kleinen Ausschnitten abtastet, etwa einer Region von  $5 \times 5$  Pixeln, wobei jedes darin enthaltene Pixel mit einem Neuron verknüpft wird. Diese Region nennt man Local Receptive Field. Dieses Feld lässt man ein Pixel weiterwandern, verknüpft dessen Inhalt mit dem zweiten Neuron und so weiter. Die Gewichte an den Synapsen bleiben dabei gleich. Durch die unterschiedlich starke Aktivierung der Neuronen entsteht für jede besuchte Region ein Pixel auf der nächsten Ebene. Auf diese Weise baut sich ein Bild auf, das einer weiteren Schicht als Eingabe dient. Das entstandene Muster hat zunächst die gleiche Auflösung wie das Ursprungsbild. Interessant ist aber nur, ob das Muster in einem

Bereich vorkommt, sodass die Auflösung vor der nächsten Schicht reduziert werden kann. Bei der Zusammenfassung benachbarter Bildbereiche interessiert üblicherweise nur das Neuron, das am stärksten feuert.

Was diese spezielle Art der Verknüpfung bewirken soll, wird klarer, wenn man dem Begriff Convolution (Faltung) auf den Grund geht. Faltungsfunktionen sind gängige Bildbearbeitungsfilter wie etwa Schärfen, Weichzeichnen, Glätten oder Kanten betonen. All diese Filter können als quadratische  $3 \times 3$ - oder  $5 \times 5$ -Matrix definiert werden, deren Gewichte sich natürlich unterscheiden. Der jeweilige Effekt entsteht, indem die Bildpixel bereichsweise mit den Werten der Faltungsmatrix multipliziert und aufsummiert werden. Übertragen auf das neuronale Netz bedeutet dies: Die spezielle Art der Abtastung und Verknüpfung bewirkt, dass das Netz Faltungsfunktionen unterschiedlicher Art lernt. Nach mehreren Convolution-Subsampling-Schritten hat das Netz zahllose Basisstrukturen und -Texturen extrahiert. Am Ende kombinieren voll verknüpfte Neuronenschichten die höherwertigen Merkmale – etwa Augen, Münder oder Nasen – zu einer Klassifizierung in der letzten Schicht.

Am besten kann man sich das Verfahren vorstellen, indem man selbst ein wenig herumexperimentiert: Über die Photoshop-Funktion „Eigene Filter“ oder die Gimp-Funktion „Faltungsmatrix“ können Sie selbst Filterkerne definieren und auf Bilder anwenden, Werte für die gängigen Filter finden Sie auf [gimp.org](http://gimp.org). Eine schöne Echtzeit-Berechnung mit Beispielwerten hat die Stanford-Universität online gestellt, und im Blog des KI-Experten Andrej Karpathy kann man einem neuronalen Netz bei der Arbeit zuschauen, Quellen siehe c't-Link.

CNNs lassen sich auch wesentlich effizienter verarbeiten: Es müssen deutlich weniger Gewichte gespeichert werden und die Berechnungen lassen sich hervorragend auf der GPU parallelisieren. Die immer leistungsfähigeren GPUs bilden daher das Fundament für die Erfolgsgeschichte der neuronalen Netze.

Rekurrente Neuronale Netze (RNN) verarbeiten die Eingabe nicht nur von Schicht zu Schicht,

Anzeige

sondern leiten Reize auch von höheren in niedrigere Schichten – oder zu sich selbst – zurück. Das kann man sich so vorstellen wie eine Art extremes Kurzzeitgedächtnis, was das Netz dazu befähigt, Abfolgen von Eingaben zu verarbeiten, wie sie etwa in der Sprach- und Schreibschrifterkennung, beim Verfassen von Bildbeschreibungen oder der Interpretation von Videos benötigt werden.

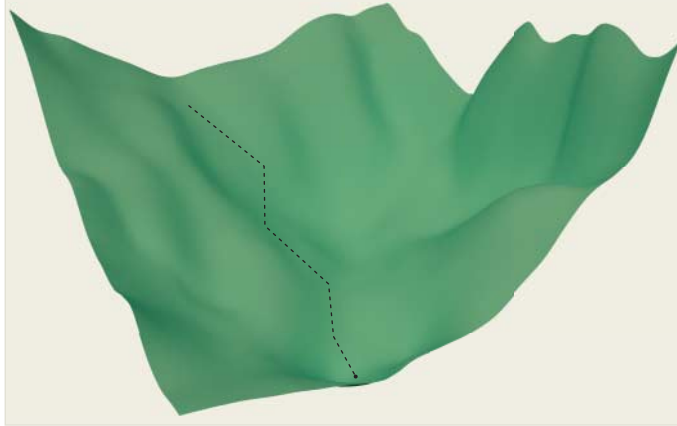
Gesprochene Sätze etwa bestehen aus einer Abfolge von Lauten, die sich häufig erst im Kontext sinnvoll interpretieren lassen. Der Sinn einer Videosequenz mitten im Film erschließt sich nur, wenn man die Vorgeschichte kennt. Und aus mehreren Objekten im Bild lässt sich nur im Zusammenhang eine sinnvolle Beschreibung formen. Ein rekurrentes Netz erlaubt es, in tieferen Schichten gewonnene Erkenntnisse wieder vorne einzuspeisen. In der Praxis sind diese normalen RNNs aber nicht in der Lage, zu weit zurückliegende Informationen zu verknüpfen, etwa wenn sie in einem Text durch mehrere Absätze voneinander getrennt sind.

Diesen Nachteil haben die KI-Pioniere Sepp Hochreiter und Jürgen Schmidhuber bereits 1991 theoretisch nachgewiesen und sechs Jahre später das erste Netz mit Long Short Term Memory (LSTM) vorgestellt – einer der Meilensteine in der Entwicklungsgeschichte neuronaler Netze. LSTMs sind so konstruiert, dass sie sich Informationen über einen größeren Zeitraum merken können.

Dieses Gedächtnis befähigt sie beispielsweise dazu, längere Texte zu übersetzen oder zu

## Gradientenabstieg

Der Gradientenabstieg findet ausgehend von einer zufällig gewählten Gewichte-Bias-Kombination den Weg ins Tal, indem er sich immer am steilsten Abhang orientiert.



interpretieren. Schmidhuber ist mittlerweile Leiter am Schweizer Forschungszentrum IDSIA. Hier haben übrigens auch einige Entwickler der Firma DeepMind ihre Wurzeln, die später von Google übernommen wurde und dieser Tage mit dem eingangs erwähnten Go-Computer AlphaGo einen Coup landete.

DeepMind-Gründer Demis Hasabis gehört zur jungen Generation der KI-Forscher und hat eine extrem interessante Biografie vorzuweisen: Seine erste Karriere machte er als Spieleentwickler, seine zweite als Neurowissenschaftler – bis er schließlich als KI-Unternehmensgründer beide Bereiche zusammenbrachte.

DeepMind entwickelt sogenannte Reinforcement-Systeme (verstärkendes Lernen), die allein anhand der Betrachtung von

Spielzügen sowohl die Regeln lernen als auch erfolgreiche Gewinnstrategien entwickeln. Das Aufregende: Während die Sprach- und Bilderkennungssysteme überwachtes Lernen praktizieren (jede Eingabe gehört zu exakt einer Ausgabekategorie), ist verstärkendes Lernen bereits eine Mischform aus überwachtem und unüberwachtem Lernen. Dessen Vorbild ist ein fein abgestimmtes Belohnungssystem, wie es auch den Menschen zu Handlungen motivieren soll.

## Zukunft

Neuronale Netze faszinieren. Ihre Stärke spielen sie vor allem in Bereichen aus, in denen es darum geht, riesige Mengen an Fakten oder Messwerten zu bewerten: Kein Mensch kann annähernd so viele Daten aus seinem

Gedächtnis abrufen wie ein Computer aus den Datenspeichern dieser Welt. Doch bei aller Begeisterung sollte man die Netze nicht als Universalwerkzeug für alle Lebenslagen missverstehen. Andere maschinelle Lernverfahren wie die Support Vector Machine eignen sich für Alltagsaufgaben häufig besser, weil sie leichter zu kontrollieren sind, siehe Artikel auf Seite 137.

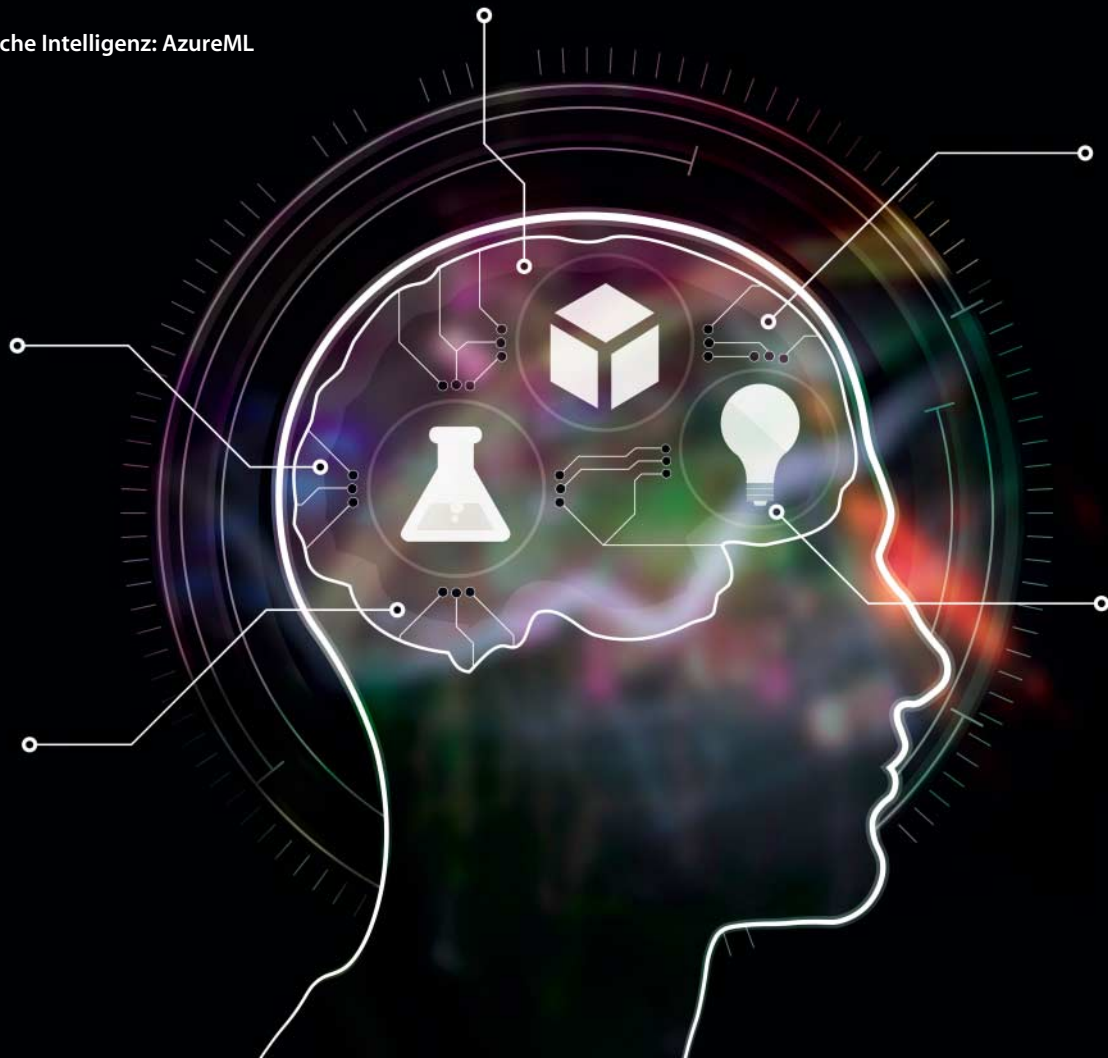
Auch das menschliche Gehirn beziehungsweise die menschliche Intelligenz bleibt vorerst überlegen. Künstliche neuronale Netze sind noch nicht geeignet, größere Transferleistungen zu erbringen, also mit ihrem erlernten Wissen beliebige Situationen zu meistern oder selbst kreativ zu werden, etwa spielerisch mit Sprache umzugehen. Oder, bezogen auf sich selbst: Sie können noch nicht mal ihre eigenen Unzulänglichkeiten erkennen.

Zur Analyse und Optimierung der Netze benötigt man nach wie vor menschlichen Erfindergeist oder so etwas wie ein Gespür für erfolgversprechende Ansätze. Und letztlich sind die Netze noch weit von einem Generalisten entfernt, der sich zu einem Individuum mit eigenen Interessen entwickelt.

Wissenschaftler wie Yann LeCun oder Jürgen Schmidhuber sehen die Zukunft daher in unüberwachten Techniken – also in Systemen, die sich selbstständig auf Lernenswertes fokussieren und allein durch Beobachtung Zusammenhänge erkennen. In dieser Disziplin lässt ein echter Durchbruch noch auf sich warten. (atr@ct.de)

**ct** Literatur, Tutorials, Online-Netzsimulationen: [ct.de/ypt8](http://ct.de/ypt8)

Anzeige



Andrea Trinkwalder, Jo Bager

# KI-Werkbank

## Analysemodelle zusammenklicken mit Microsoft Azure Machine Learning Studio

Um mit lernenden Algorithmen zu hantieren, muss man mehrere Semester Informatik studiert haben, programmieren können und eine Cloud betreiben? Nicht ganz: Microsoft hat eine Online-Plattform ins Netz gestellt, die den Einstieg in die Welt des Machine Learning so leicht wie möglich macht.

**D**as Microsoft Azure Machine Learning Studio (AMLS) ist eine Art Baukasten für das Machine Learning: Man legt dort sogenannte Machine-Learning-Experimente an, indem man in einem interaktiven Editor aus einer Palette Bausteine auf eine Arbeitsoberfläche zieht, verknüpft und startet. Bausteine können zum Beispiel Datensätze, Funktionen zur Datenaufbereitung oder Analysemodule wie „Multiclass Neural Network“ oder „Two-Class Support Vector Machine“ sein.

Zugegeben: So ganz ohne sich mit maschinellem Lernen auszukennen oder ohne jegliche Programmierkenntnisse kommt man auch bei AMLS nicht weit. So kommen bei der Datentransformation R- oder Python-Skripte zum Einsatz. Dennoch: Der Dienst hilft dem Benutzer über viele Einstiegshürden und hält

eine ausführliche Dokumentation bereit, die in die Welt der lernenden Maschinen und in die Benutzung von AMLS einführen.

Microsofts Studio ist auf sogenannte Predictive Analytics spezialisiert, das heißt, der Dienst ermöglicht es, gesammelte oder aktuelle Daten schnell auf Muster oder Trends zu untersuchen, um anschließend zukünftige Ereignisse vorherzusagen. Typische Anwendungsfälle sind Empfehlungssysteme, wie man sie zum Beispiel aus Amazons Online-Shop kennt, oder Vorhersagemodelle, etwa für die Preise von Gebrauchtwagen.

Man kann im Studio private Experimente in einem eigenen Workplace anlegen. Das Studio hält eine Galerie von Experimenten bereit, die andere Benutzer freigegeben haben und die man als Blaupausen für eigene Experimente nutzen kann. Auch kann

man selbst fertige Experimente dort publizieren. Ist man mit den Ergebnissen eines Experiments zufrieden und will das Vorhersagemodell produktiv außerhalb des Studios nutzen, so stellt AMLS dafür ein API bereit.

### Rein ins Geschehen

AMLS lässt sich zunächst kostenlos ausprobieren; nur ein Gratis-Microsoft-Account ist notwendig. Dafür erhält man maximal 10 GByte Speicherplatz und Versuche dürfen höchstens eine Stunde Rechenzeit erfordern. Wer mehr Speicherkapazität oder Rechenzeit benötigt, bezahlt AMLS nach einem flexiblen Preismodell, das sich an den genutzten Ressourcen orientiert (siehe c't-Link am Ende des Artikels). Auch der API-Zugriff ist zahlenden Kunden vorbehalten.



AMLS eignet sich gut für die sogenannte Sentimentanalyse, also die Auswertung zum Beispiel der Twitter-Postings zu einem bestimmten Thema. Welche Stimmung schlägt beispielsweise dem amerikanischen Präsidentschaftskandidaten Donald Trump bei Twitter entgegen? Analysieren Sie die Stimmungslage doch einfach mit einem selbst trainierten Modell. Als Einstiegsbeispiel vollziehen wir hier das AMLS-Experiment „Binary Classification: Twitter sentiment analysis“ nach, das Sie über die New-Schaltfläche links unten öffnen. Dabei handelt es sich um einen komplett aufbereiteten Workflow mit Modulen aus AMLS, der einen binären Klassifizierer trainiert.

Als Trainingsdaten benutzt es ein 160 000 Tweets umfassendes Sample eines insgesamt zehnmal so großen Datensatz namens Sentiment140, der für den Einstieg erst mal genügt. Grundsätzlich kann AMLS mit dem Reader-Modul unter „Data Input and Output“ Daten aus den verschiedensten Quellen importieren, unter anderem aus (Komma- oder Tab-separierten) Textdateien, Hive- und SQL-Datenbanktabellen. Bei Bedarf zapft es auch öffentliche sowie Azure-Datenquellen direkt via URL an. Etliche frei verfügbare Datenbanken mit klassifizierten Datensätzen sowie die in AMLS integrierten Samples sind ein wertvoller Schatz für erste Experimente, weil man mit dem Training sofort loslegen kann.

Wir haben die vollständige Sentiment-140-Datenbank benutzt. Wenn Sie das auch machen möchten, laden Sie sie über den Datasets-Bereich (Schaltfläche New) in den AMLS-Account hoch. Weil für das Training nur die beiden Spalten mit Labels und Tweet-Texten benötigt werden, gilt es vorher, die überflüssigen Spalten zu entfernen. Unter Windows erledigt das die Freeware CSVed. Als Header für die zwei verbleibenden Spalten empfehlen sich „sentiment\_label“ und „tweet\_text“, sodass sie mit den im AMLS-Experiment verwendeten Bezeichnungen iden-

**Über den Datasets-Bereich laden Sie eigene Datensammlungen in Azure, die dann unter „My Datasets“ für Trainings- und Vorhersage-Experimente zur Verfügung stehen.**

PROJECTS

EXPERIMENTS

WEB SERVICES

NOTEBOOKS

DATASETS

# datasets

MY DATASETS   SAMPLES

	NAME	SUB...	DESCR...	DATA TYPE	CREATED	SIZE
	training_160000processed.noemofcon.atr.csv	atr		GenericCSV	2/17/2016 7...	118.87 MB
	Donald Trump - Donald Trump (2).txt	atr		GenericCSV	2/17/2016 4...	369.81 KB

tisch sind. Nach dem Upload finden Sie eigene Datensätze in „Saved Datasets“, von wo aus Sie sie statt des Sample in den Arbeitsbereich ziehen können.

## Zerhackt und kodiert

Nicht alle Informationen kann man so komfortabel verarbeiten wie Bilder, die als direkt interpretierbare Matrix aus Helligkeitswerten vorliegen. Viele Datentypen müssen vor dem Training bereinigt und aufbereitet werden. Um die Tweets skriptgesteuert zu bereinigen, ziehen Sie einen Baustein aus „R Language Modules“ oder „Python Language Modules“, auf die Arbeitsfläche und verknüpfen ihn mit der Datenquelle. Das R-Skript hier im Beispiel bereinigt sämtliche Tweets, indem es Sonder- und Satzzeichen entfernt sowie flächen-deckende Kleinschreibung einführt.

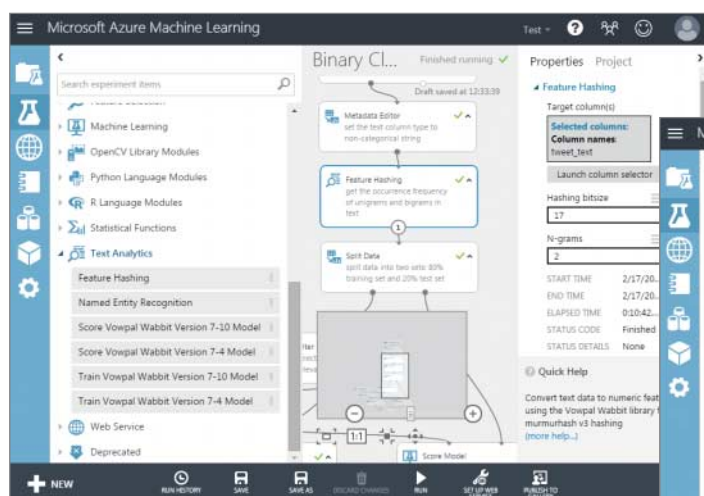
Im nächsten Schritt wird der Tweet erst richtig passend gemacht, damit der Maschinenlern-Algorithmus ihn besser analysieren kann. Zunächst wird die schwer verdauliche Sequenz in einzelne Wörter und sämtliche möglichen Kombinationen benachbarter Wörter zerlegt, sogenannte n-Gramme. Für die Sentiment-Analyse wurden 2-Gramme erstellt, also aus dem Original-Tweet sämtliche Einzelwörter sowie Kombinationen aus zwei benachbarten Wörtern gebildet und mitsamt der Häufigkeit ihres Auftretens gespeichert.

Anschließend wandelt ein Verfahren namens Feature Hashing die n-Gramme unterschiedlicher Länge in numerische Feature-

Vektoren mit normierter Länge. Erst in dieser Form können die Tweets als Lernbeispiele dienen – allerdings muss die meist ausufernde Feature-Liste dafür eingedampft werden. Das Modul „Filter Based Feature Selection“ wählt von den 2<sup>17</sup> Merkmalen die relevantesten 20 000 pro Label aus. Die so auf Linie gebrachte Datensammlung darf nun endlich aufgeteilt werden: in ein zufällig gewähltes 80-Prozent-Sample fürs Training und einen 20-Prozent-Rest zum Testen des trainierten Modells. Diese Aufteilung ist Pflicht. Nur in einem Testlauf mit Daten, die das Modell noch nie zuvor gesehen hat, können Sie einschätzen, ob es verallgemeinern kann oder lediglich auswendig gelernt hat.

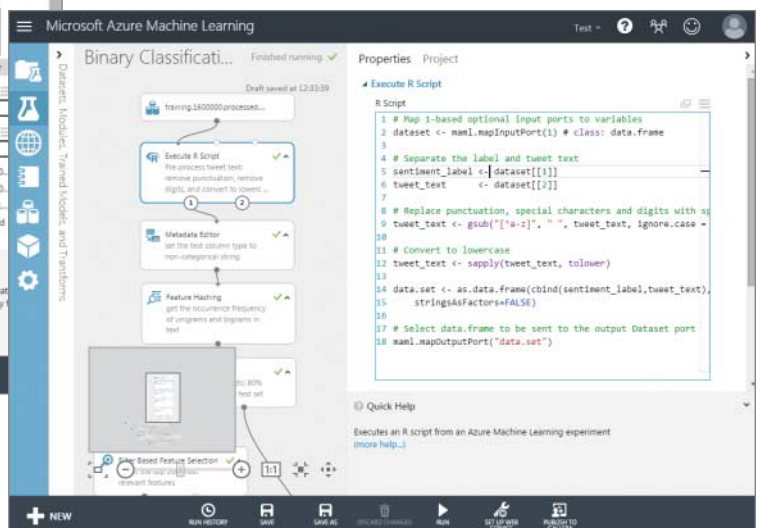
## Trainerstunden

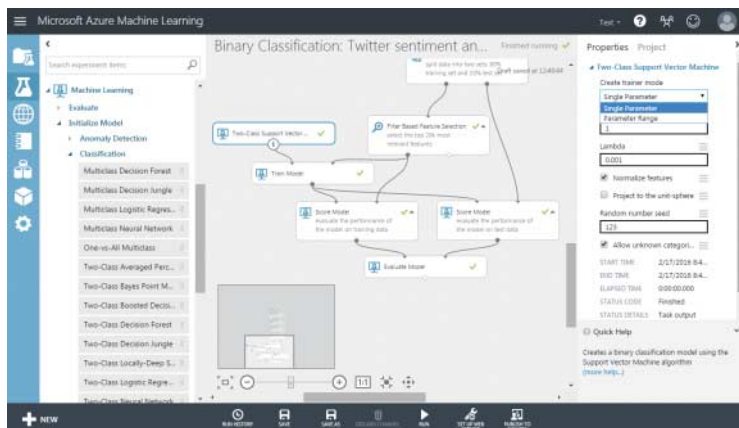
Wer jemals Tennis oder eine andere Ballsportart erlernt hat, kann sich ganz gut vorstellen, wie das Training nun abläuft. Der Trainer steht Ihnen gegenüber, bewaffnet mit einem riesigen Korb voller roter, gelber und grüner Bälle in unterschiedlichen Schattierungen. Diese spielt er Ihnen in hoher Frequenz und sehr variantenreich zu. Sie müssen die roten (negatives Sentiment) in die linke Ecke spielen, die grünen (positiv) in die rechte Ecke und die gelben (neutral) geradeaus. Am Ende wird eingesammelt und nachgezählt. Das Ganze läuft so lange, bis sich vom visuellen System bis hin zum Schlagarm alles so miteinander verschaltet hat, dass Sie die Aufgabe nahezu im Schlaf erledigen können.



Damit die Support Vector Machine aus den Beispielen etwas Sinnvolles lernen kann, wird der Text per Feature Hashing in sogenannte n-Gramme zerlegt – hier in Einzelwörter und Kombinationen von je zwei benachbarten Wörtern.

Eingabedaten kann man direkt in Azure bereinigen, hier mit einem Skript in der für statistisches Rechnen entwickelten Programmiersprache R.

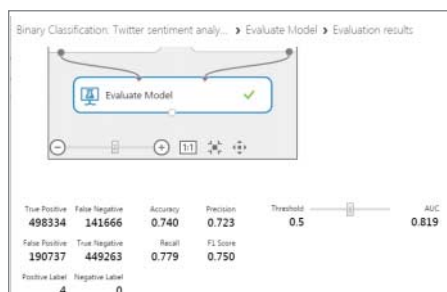




In ähnlicher Weise bombardieren Sie Ihr Trainingsmodell mit den Hash-Werten. Dazu ziehen Sie das Modul Train Model aus dem Bereich Machine Learning/Train auf die Arbeitsfläche und verknüpfen es mit dem Trainingsdaten-Kondensat. Im Unterschied zum Tennisspieler besitzt das Modul aber noch keine funktionierenden Hirnstrukturen. Wählen Sie also ein geeignetes maschinelles Lernverfahren aus dem Bereich „Initialize Model“, das Sie ebenfalls mit dem Trainingsmodul verknüpfen. Für solche Klassifikationsaufgaben eignet sich beispielsweise die Support Vector Machine aus dem Bereich Classification. Sie können aber auch mit anderen Verfahren experimentieren, etwa einem neuronalen Netz.

Fehlt noch der Mechanismus „Einsammeln und nachzählen“, hier durch Verbindungen zu zwei Score Models realisiert. Das eine testet die Lernleistung des Systems anhand der Trainingsdaten, das andere anhand der Testdaten. Wenn die Erkennungsquote mit den unbekannten Testdaten deutlich geringer ausfällt, hat das System offensichtlich ganz gut auswendig gelernt, kann sein Wissen aber nicht übertragen. Dieses Phänomen nennt man Overfitting. Mit Evaluate Model kann man die beiden Testläufe vergleichen und die Treffergenauigkeit (Accuracy) des Systems ermitteln.

Statistik und Zwischenergebnisse können Sie erst abrufen, wenn Sie das Modell über die Run-Schaltfläche einmal erfolgreich



Ist das System erfolgreich durchgelaufen, kann man an jedem Ausgabeknoten überprüfen, wie die Daten verarbeitet wurden. Das Evaluation Model am Ende beispielsweise informiert über die allgemeine Trefferquote sowie Falsch-Positive und Falsch-Negative.

**Fürs Training benötigt man ein geeignetes Lernverfahren – hier die Support Vector Machine – sowie eine Verknüpfung zu den aufbereiteten Daten.**

es zu der Suchanfrage erhält – in unserem Versuch mit der Abfrage „Donald Trump“ über 3000. Anschließend lädt die App pro Stunde 100 weitere Tweets. Wer mehr Tweets herunterladen oder mehr Suchanfragen nutzen möchte, muss einmalig 40 US-Dollar zahlen.

Die so gewonnenen Datensätze können Sie als .tsv-Datei speichern, in Ihre Azure-Cloud hochladen und von dort direkt ins zweite Experiment einspeisen: dem Stimmungsbarometer zum Thema Donald Trump. Wir haben die Tabelle auf die Spalte mit den Tweet-Texten reduziert und den Header wiederum in tweet\_texte geändert – womit wie zuvor die Skripte 1:1 übernommen werden können.

Weil die ersten Schritte von der Dateneingabe bis hin zum Feature Hashing identisch ablaufen wie beim Training, kopieren Sie den kompletten Block einfach aus dem Binary-Classification-Experiment. Ersetzen Sie dann die Trainingsdatenbank durch Ihre Donald-Trump-Tweet-Sammlung.

Die in Hash-Werte konvertierten Äußerungen können Sie nun mit Ihrem Bewertungsmodell klassifizieren. Darin soll die zuvor trainierte Support Vector Machine – zu finden im Bereich Trained Models – aus den Merkmalen einen Konfidenzwert zwischen null und eins errechnen. Per Project Columns werden nur diese Konfidenzwerte zur abschließenden Interpretation weitergereicht: Niedrige Werte deuten auf eine negative Äußerung hin, mittlere auf eine neutrale und hohe auf eine positive. Die Zuweisung dieser Labels übernimmt das R-Skript am Ende, in dem Sie natürlich auch mit den Schwellenwerten experimentieren können, Download siehe c't-Link.

Nach erfolgreichem Durchlauf per Run-Schaltfläche zeigt ein Klick auf die Visualisierungsfunktion des R-Skripts eine Tabelle, die für jeden Datensatz ein Stimmungs-Label nebst Score enthält. Durch einfaches Anklicken lässt sich die jeweilige Häufigkeitsverteilung visualisieren.

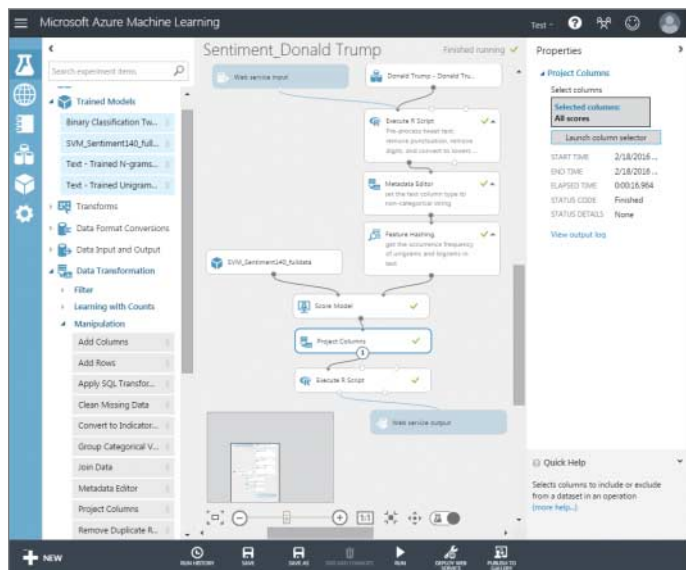
## KI-Werkzeugkasten

Eine große Stärke von AMLS ist die Vielseitigkeit der zur Verfügung stehenden Analysemethoden. Neben neuronalen Netzwerken bietet es auch die logistische Regression, (verstärkte) Entscheidungsbäume, Entscheidungsdschungel, gemittelte Perzeptrons, (lokal tiefe) Support Vector Machines, Bayes' Point Machines, Fast Forest Quantile und viele mehr an.

Mit dem Instrumentarium lassen sich unter anderem zwei- oder mehrklassige Klassifizierungen, Clustering- und Regressionsanalysen (also die Vorhersage von Werten) durchführen sowie Anomalien vorhersagen. Microsoft stellt ein Cheat Sheet bereit, das detailliert aufzeigt, welche Algorithmen sich für welche Zwecke überhaupt beziehungsweise besonders eignen.

Keine Frage: Die Superstars in der KI sind die Algorithmen. Dabei ist auch der beste Algorithmus nur so gut wie die Daten, aus

Anzeige



Ihre selbst gesammelten Tweets werden wie zuvor aufbereitet und von der trainierten Support Vector Machine mit Konfidenzwerten versehen. Um nur diese Scores weiter zu verarbeiten, extrahiert man sie per Project Columns.

denen er lernt. Für ernsthafte Projekte sollten Sie also nach möglichst gepflegten Trainings-Sammlungen suchen und eigene Daten entsprechend aufbereiten. Eine solide Sentiment-Analyse beruht auf einer möglichst großen Sammlung klassifizierter Trainings-Tweets, die bereits mit einem der Label positiv, neutral oder negativ versehen sind.

## Datenschätze heben

Eine solche Datensammlung aufzubauen wäre ein klassischer Fall für den Amazon Mechanical Turk. Amazons Crowd-Sourcing-Dienst bietet einen eigenen Bereich für Sentimentanalysen. Dort kann man zu bewertende Daten hochladen; Amazon verteilt sie unter den menschlichen Arbeitern seines Crowd-Dienstes, die die Daten beurteilen.

Verwendet man fremde Daten, sollte man hinterfragen, welche Annahmen der (automatischen) Klassifizierung zugrunde liegen und wie die Daten aufbereitet wurden. Die diesem Artikel zugrundeliegende Sentiment140-Datenbank beispielsweise haben Studenten an der Universität Stanford halbautomatisch zusammengetragen. Dazu haben sie zweieinhalb Monate lang Tweets zu diversen Themen gesammelt, darunter Personen, Produkte, Firmen, Technik, politische und gesellschaftliche Ereignisse et cetera. Tweets mit negativen Emoticons erhielten das Label 0, Tweets mit positiven Emoticons das Label 4, widersprüchliche Emoticons führten zum Abschluss, alle anderen Textschnipsel wurden als neutral eingestuft (Label 2).

Mit dieser Kombination aus Text und Label lässt sich ein Textklassifizierer trainie-

ren, der die Kurznachrichten analysiert und aus deren Inhalt ein typisches Vokabular für negative, positive sowie neutrale Meinungsäußerungen extrahiert. Dieses erlernte Wissen wiederum hilft, Tweets zu beliebigen Themen zu klassifizieren – egal ob sie Emoticons enthalten oder nicht. Die Studenten haben also eine Methode entwickelt, aus Massen an Daten und relativ schwachen Hinweisen (charakteristisches Vokabular), mit denen sich Stimmungen sehr viel zuverlässiger einschätzen lassen.

Für eigene Trainingseinheiten sollten Sie Ihre Test- und Trainingsdaten möglichst sorgfältig aufbereiten, etwa so, wie es im Stanford-Paper dokumentiert ist, siehe [1]. Dadurch lässt sich die Anzahl extrahierter Features erheblich reduzieren und die Relevanz der verbliebenen steigern. Für ihren Klassifizierer haben die Stanford-Studenten beispielsweise Retweets entfernt und die für Tweets typische Ausdrucksweise vereinheitlicht, etwa beliebig lange Buchstaben-Wiederholungen auf Dopplungen reduziert: So werden „loooooooooove“ und „loooooe“ normiert zu „loove“. Außerdem wurden individuelle Nutzernamen oder URLs, die ja keine Stimmung transportieren, vereinheitlicht zu „Username“ und „URL“.

Generell sollte man die Aussagekraft dieser Sentiment-Analyse nicht überbewerten, auch unser trainiertes Modell hatte nur eine Genauigkeit von 74 Prozent. Das mag daran liegen, dass wir unseren Twitter-Datenstrom nur marginal entrauscht haben. Doch selbst ein extrem akkurates Modell dürfte etliche falsche Klassifizierungen liefern, ganz einfach, weil ein noch so genauer Klassifizierer mit Ironie Schwierigkeiten haben dürfte.

## Zählbares Monster

„Das ist ein Monster“ – so war zumindest unser erster Eindruck, als wir uns zum ersten Mal in Azure Machine Learning Studio umgesehen haben – so viele Funktionen, so viele Optionen, von denen wir hier nur einen winzigen Bruchteil wiedergeben können. Aber trotz des riesigen Funktionsumfangs haben wir uns nie verloren gefühlt. Es gibt sehr viele ausführliche – wenn auch teils englische – Dokumentationstexte. Und wenn in einem Experiment mal etwas nicht lief, half AMLS mit sinnvollen Fehlermeldungen.

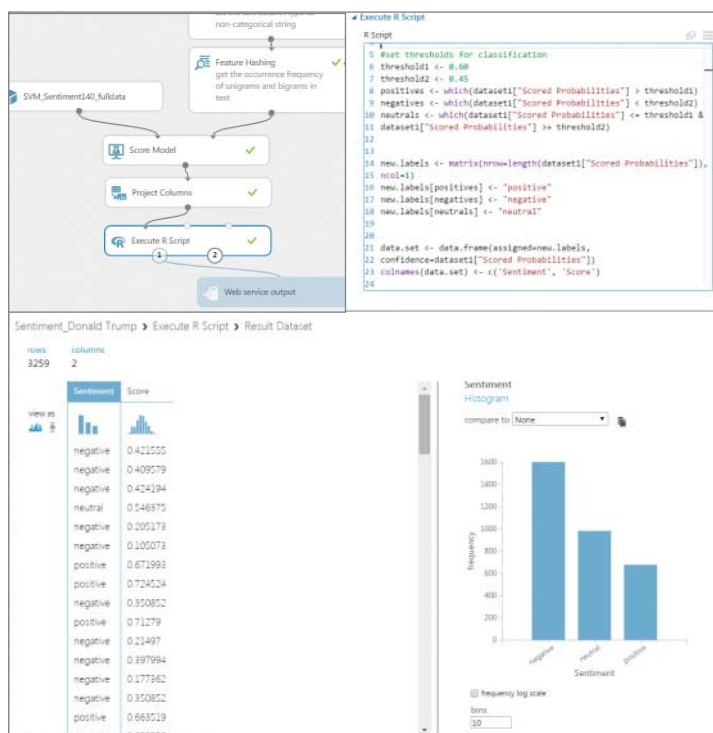
Dennoch sollte man nicht erwarten, schnell zu einem Ziel zu kommen. Das liegt aber an der Komplexität der Materie selbst. Man muss einfach ein wenig Erfahrungen sammeln, welches Analysemodell für eine Aufgabe die passende ist. Und vor allem: Man benötigt viele, gut aufbereitete Daten.

(atr@ct.de)

## Literatur

[1] Twitter Sentiment Classification using Distant Supervision, <http://cs.stanford.edu/people/alecmgo/papers/TwitterDistantSupervision09.pdf>

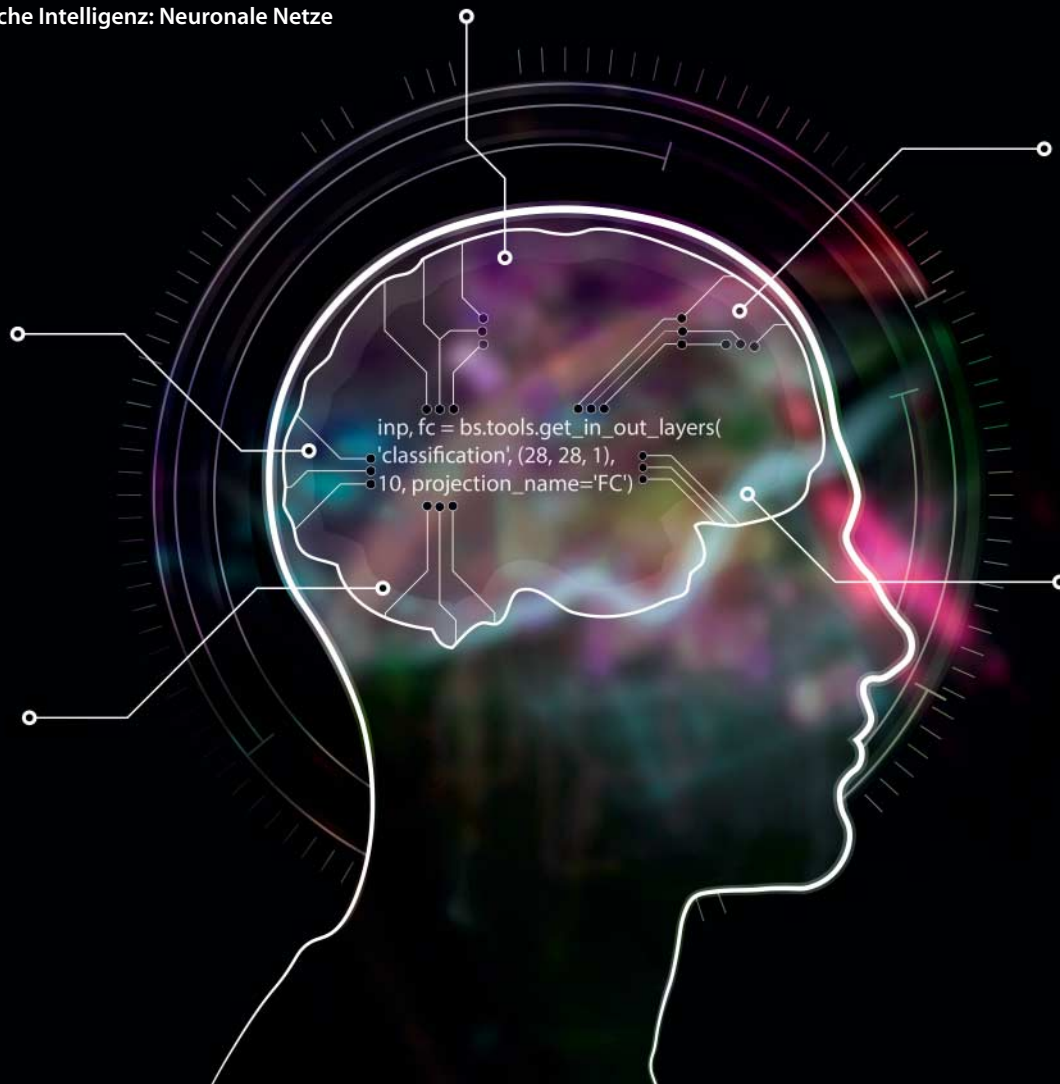
ct AMLS und Testdaten: [ct.de/yw7q](http://ct.de/yw7q)



Ein R-Skript bildet die numerischen Werte auf die Labels negativ, neutral und positiv ab, das Ergebnis lässt sich über den Ausgabeknoten des Skript-Moduls auswerten.



Anzeige



Johannes Merkert

# Ziffernlerner

## Ein künstliches neuronales Netz selbst gebaut

Große IT-Konzerne erwecken gern den Eindruck, selbstlernende Algorithmen liefen nur in ihren Rechenzentren. Tatsächlich läuft die nötige Software problemlos auch auf heimischen Rechnern. Im Folgenden bringen Sie Ihrem PC bei, handgeschriebene Ziffern zu erkennen.

Sie geistern durch die Wolken von Google, Facebook und Microsoft, unterscheiden Freunde, übersetzen Webseiten und erkennen Flugbuchungen: Künstliche neuronale Netze durchforsten die großen Daten und analysieren die Privatsphäre der Nutzer. Ihre Beliebtheit verdanken sie dem Umstand, dass der gleiche Algorithmus mit den richtigen Einstellungen und einem passenden Satz von Trainingsdaten die verschiedensten Probleme lösen kann. Auch wenn diese eierlegende Wollmilchsaus

unter den Algorithmen in der Cloud heimisch ist, bewohnt sie dank zahlreicher Open-Source-Implementierungen auch den heimischen Rechner ohne Probleme. Wir haben uns die Python-Implementierung Brainstorm und einen vorbereiteten Datensatz geschnappt, um einem Rechner beizubringen, handgeschriebene Ziffern zu erkennen. Brainstorm kommt vom Schweizer Forschungsinstitut IDSIA, läuft unter Linux und Windows und lässt sich relativ leicht installieren. Für das Python-Programm brau-

chen Sie keine 15 Minuten. Danach muss Ihr Rechner noch lernen, wie handgeschriebene Ziffern aussehen. Wie lange das dauert, hängt von seiner Leistung ab – ein paar Minuten sollten Sie auch schnelle Rechner darüber brüten lassen. Nach dem Training ordnet das neuronale Netz jedem Bild im richtigen Format die passende Ziffer zu.

### Installation unter Linux

Neuronale Netze nutzen große Matrixoperationen. Mit einer

optimierten BLAS-Implementierung (Basic Linear Algebra Subprograms) wie OpenBLAS nutzt Brainstorm alle Funktionen und Kerne der CPU aus. BLAS ist eine Standardbibliothek für Berechnungen auf Matrizen. Sie spielt bei vielen wissenschaftlichen Berechnungen und Simulationen eine zentrale Rolle, weshalb sie optimiert für verschiedenste Hardware zur Verfügung steht.

Zum Speichern des Netzwerks kommt das HDF5-Format zum Einsatz. HDF5 speichert große Matrizen effizient und bei Bedarf

auch komprimiert in einer einzelnen Datei. Ubuntu und Debian installieren die Voraussetzungen mit Apt, auf anderen Distributionen sieht die Installation ähnlich aus:

```
sudo apt-get install python-dev\
libhdf5-dev libopenblas-dev
```

Unser Beispiel nutzt die Python-Bibliotheken Brainstorm, Numpy und Pillow, um eigene Bilder zur Erkennung einzulesen. Numpy erlaubt effiziente Matrixoperationen in Python. Pillow liest Bilddateien. Diese Voraussetzungen lassen sich leicht mit Pip installieren:

```
sudo pip install numpy brainstorm pillow
```

Wer Konflikte mit der Python-Installation des Systems befürchtet, sollte ein Virtualenv anlegen (pyvenv oder virtualenv bei Python 2.7) und Brainstorm dort mit Pip installieren.

Unter Linux wirft Pip automatisch den C-Compiler an, um beispielsweise die in C geschriebenen Anteile von Numpy zu übersetzen. Unter Windows funktioniert das leider nicht. Es bieten sich daher Python-Installationen an, die alle Voraussetzungen mit Anteilen in C als fertig kompiliertes Binary mitbringen. Wir haben mit Winpython basierend auf Python 2.7 gute Erfahrungen gemacht. Download-Adressen aller erwähnten Software sowie unsere Beispiele finden Sie über den c't-Link am Ende des Artikels.

Nach der Installation kümmert sich in der Python-Eingabeaufforderung wie unter Linux der Paketmanager Pip um den Rest:

```
python -m pip install brainstorm pillow
```

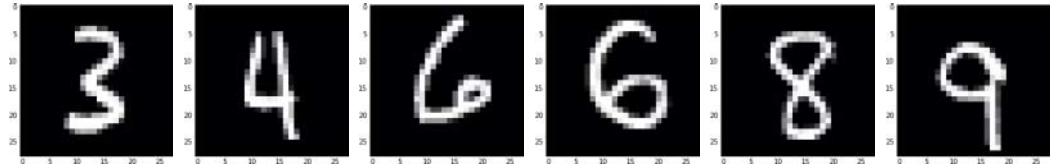
Um Tipparbeit zu sparen, bieten wir den Code des Beispiels auf GitHub an:

```
git clone https://github.com/pinae/z
MNIST-Brainstorm.git
cd MNIST-Brainstorm
```

Wer kein Git installiert hat, lädt einfach das Zip-Archiv von der Webseite des Repositories und entpackt es. Der Download-Button befindet sich bei GitHub oben rechts.

## Datenbeschaffung

Für das Problem handgeschriebene Ziffern zu erkennen, gibt es den MNIST-Datensatz (Mixed National Institute of Standards and Technology database). Er



Die Trainingsdaten müssen in einem einheitlichen Format vorliegen. Jedes Pixel speist ein Eingabeneuron auf der ersten Schicht des neuronalen Netzes.

besteht aus 60 000 Graustufenbildern von  $28 \times 28$  Pixeln Größe, die aus größeren Schwarzweißbildern berechnet wurden. Der Hintergrund ist schwarz (Farbwert 0), die Ziffer weiß (Farbwert 255), an den Kanten gibt es auch Grauwerte. Die Ziffern stammen von Mitarbeitern des Statistischen Bundesamts der USA und von amerikanischen Oberschülern. Sie wurden auf eine einheitliche Größe gebracht und zentriert.

Die Menge der Eingabeneuronen legt fest, wie viele Zahlen das Netz als Eingabe akzeptiert. Datensätze müssen also immer so vorverarbeitet werden, dass das Netz einen Vektor einheitlicher Größe lesen kann.

Zusätzlich sollten die Eingaben alle im gleichen Wertebereich liegen. Die Vorverarbeitung mit Skalierung und Zentrierung vereinfacht das Problem der Ziffernerkennung. Das Netz erreicht so auch mit wenig Trainingsdaten gute Erkennungsraten.

Im Repository liegt ein Skript, das die Trainingsdaten automa-

tisch von deeplearning.net herunterlädt und für das Training mit Brainstorm vorbereitet:

```
python load_dataset.py
```

Das Skript teilt die Daten in 50 000 Bilder, die zum Training benutzt werden, und 10 000 Bilder, um nach einem Trainingsdurchlauf zu prüfen, ob durch das Training etwas besser wurde. Zusätzlich speichert es noch 10 000 Bilder, um das Netz nach abgeschlossenem Training mit Daten zu testen, die es noch nie gesehen hat. Die Bilder landen alle in einem großen Array in einer komprimierten HDF5-Datei.

Es ist nötig, einen Teil des Datensatzes nicht zum Training zu nutzen. Machine Learning hat immer das Ziel, dass der Computer aus den Trainingsdaten ein abstraktes Verständnis für das Problem erlernt. Um das zu prüfen, reicht es nicht, dass der Algorithmus die Trainingsdaten auswendig lernt. Erst das Abschneiden auf unbekannten Daten entscheidet, wie erfolgreich der Rechner gelernt hat.

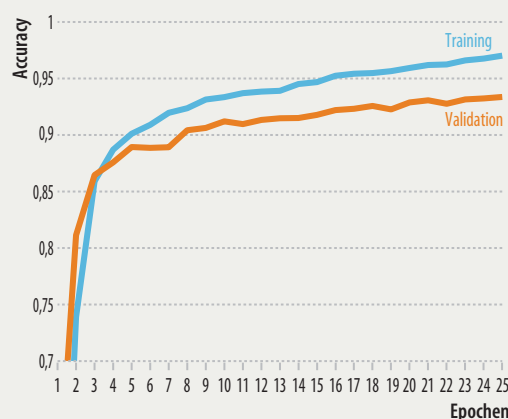
## Training

Künstliche neuronale Netze modellieren Neuronen als Knoten, die über Synapsen Reize empfangen, summieren und über eine Aktivierungsfunktion neue Reize an die nächste Schicht weiterleiten (siehe Seite 133). Durch die Modellierung wird das neuronale Netz zu einer mathematischen Funktion, die abhängig von ihren Parametern (Gewichte der Synapsen und die Aktivierungsfunktion der Neuronen) Eingabedaten auf Ausgabedaten abbildet.

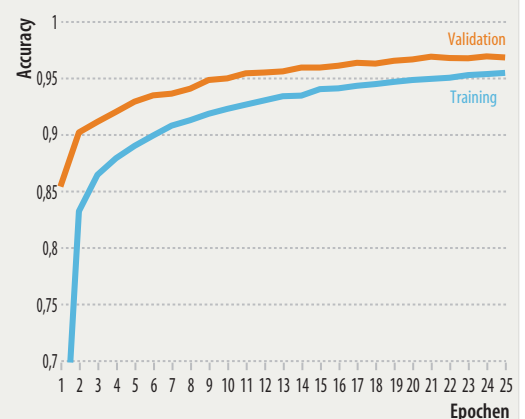
Die Form und Größe eines neuronalen Netzes entscheiden maßgeblich darüber, ob ein Problem überhaupt erlernt werden kann, wie gut das Ergebnis wird und wie lange es rechnet. Leider kann das menschliche Gehirn kaum als Vorbild für die Netzwerkstruktur dienen, da es zu viele Neuronen enthält, die fast beliebig miteinander vernetzt sein können. Schichtweise angeordnete Neuronen, wobei es zwischen jedem Neuron eine Synapse zu jedem Neuron der be-

## Overfitting

Lernt das neuronale Netz nur Trainingsdaten auswendig (blaue Kurve) statt Zusammenhänge zu „verstehen“, versagt es auf ungesehenen Daten (orangene Kurve). Dieser Effekt heißt „Overfitting“.



Mit Dropout-Layern dauert das Training (blaue Kurve) länger. Dafür fällt die Genauigkeit auf den Testdaten (orangene Kurve) nicht ab.



nachbarten Schicht gibt, lassen sich relativ performant als Matrixoperation berechnen. Daher werden künstliche neuronale Netze schichtweise definiert.

Ein neuronales Netz trainiert, indem der Algorithmus Parameter sucht, bei denen das Netz in möglichst vielen Fällen das richtige Ergebnis ausgibt. Den passenden Satz an Parametern zu finden ist ein Optimierungsproblem in einem hochdimensionalen Parameterraum. Eine Zielfunktion berechnet für jeden Satz an Eingabedaten, wie weit die Ausgabe des Netzes vom erwarteten Ergebnis abweicht. Die Summe dieser Abweichungen soll durch das Training schrumpfen.

Das Netz zur Ziffernerkennung hat 2,4 Millionen Parameter. Das heißt, die Zielfunktion spannt eine Fläche in einem Raum mit 2,4 Millionen Dimensionen auf. Die Backpropagation berechnet die Ableitung dieser Fläche. Der Gradientenabstieg nutzt die Ableitung, um sich, ausgehend von einem zufälligen Punkt, schrittweise auf den niedrigsten Punkt dieser Fläche zuzubewegen.

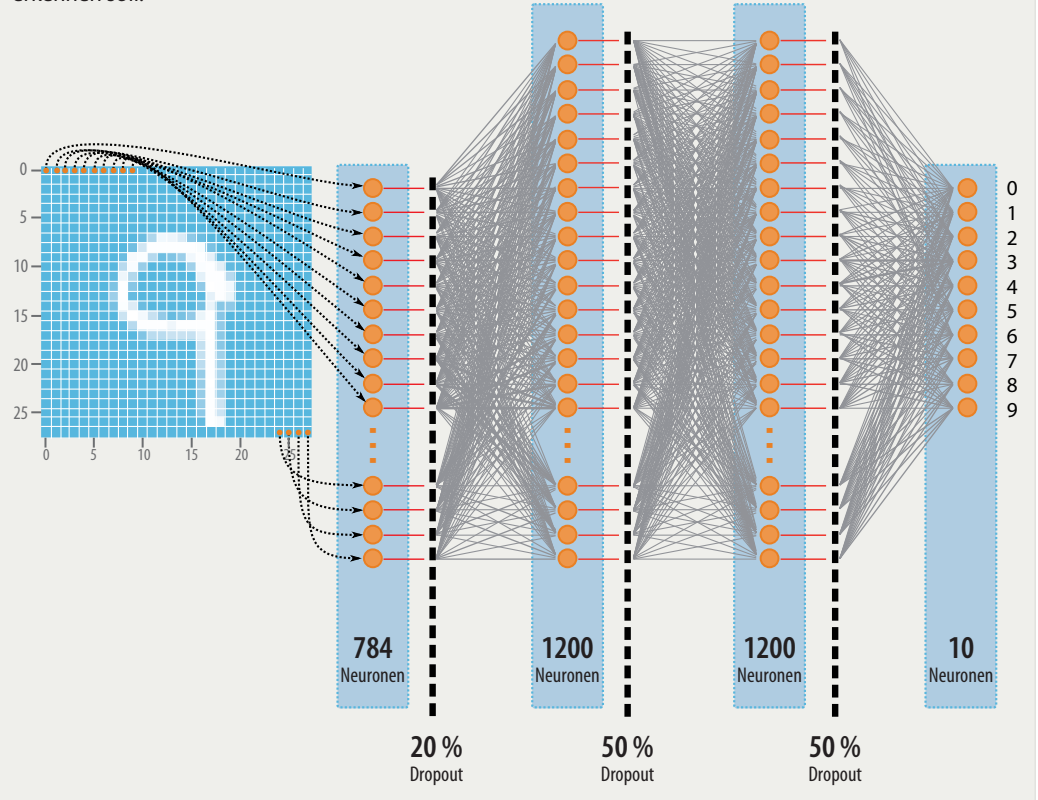
Wenn der Algorithmus jedes Mal alle Datensätze validiert, dauert das Training unnötig lange. Besser ist es, eine ungenaue Fitness und einen ungenauen Gradienten in Kauf zu nehmen und sich in vielen kleinen Schritten auf das Ziel zuzubewegen. Damit der Algorithmus im Endeffekt alle Trainingsdaten berücksichtigt, nutzt er abwechselnd kleine Datenpakete. Jeder dieser Minibatches enthält genug Trainingsbeispiele, um bei der Optimierung einen Schritt ungefähr in die richtige Richtung zu gehen. Die Schrittweite ist einstellbar und wird als Lernrate bezeichnet.

## Overfitting

Ein häufiges Problem beim Trainieren neuronaler Netze ist Overfitting: Dabei lernt das Netz statt allgemeiner Konzepte lediglich Trainingsdaten auswendig und versagt dann, wenn es andere Daten klassifizieren soll. Plottet man die Erkennungsrate auf den Trainingsdaten zusammen mit der Erkennungsrate auf unbekannten Daten, wird Overfitting sichtbar: Liegen die Kurven dicht beisammen, ist alles gut. Schneidet das Netz mit den Trainingsdaten deutlich besser ab als mit den unbekannten Daten, handelt es sich um Overfitting.

## Netzwerkstruktur

Die Größe der Bilder legt die Breite der Eingabeschicht fest. Die Breite und Anzahl der verdeckten Schichten kann man variieren. In der Ausgangsschicht gibt es ein Neuron für jede Klasse, die das Netz erkennen soll.



Das beste Mittel dagegen sind zusätzliche Trainingsdaten. Stehen keine weiteren Daten zur Verfügung, helfen nur Hacks wie beispielsweise Dropout-Layer. Dropout-Layer werden – nur während des Trainings – zwischen die Neuronenschichten eingebettet, wählen einen Anteil zufälliger Neuronen aus und setzen deren Ausgabe auf 0. Falls das Netz auf die Ausgabe dieser blockierten Neuronen angewiesen war, um einen auswendig gelernten Datensatz zu identifizieren, muss es dann doch auf andere Neuronen zurückgreifen, die möglicherweise ein allgemeineres Merkmal symbolisieren.

## Neuronenstapel

Warum bestimmte Formen von neuronalen Netzen bei bestimmten Problemen gute Ergebnisse liefern, wurde noch nicht ausreichend erforscht. Generell gilt, dass zu kleine Netze ein Problem nicht ausreichend modellieren können, während zu große Netze zwar

langsamer lernen, aber meist trotzdem zum Erfolg führen. Viele Schichten sollen den Netzwerken das Verständnis abstrakterer Konzepte erlauben, während breitere Schichten mehr Aspekte einer Abstraktionsebene erlernen. Häufig kommt es auf eine gute Intuition des Entwicklers für effiziente Netzwerkformen an.

Bei sehr vielen Schichten stellt sich ein weiteres Problem ein: Nehmen die Parameter während des Trainings ungünstige Werte an, kann der Gradient der Zielfunktion zu klein werden und damit weiteres Training verlangsamen oder sogar verhindern. Für neuronale Netze mit vielen Schichten werden also Tricks gebraucht, um sie erfolgreich trainieren zu können. Von gezieltem Vortrainieren einzelner Schichten bis zu Faktoren, die Bereiche der Netzwerke zu Beginn langsamer trainieren: Tiefe neuronale Netze sind der aktuelle Trend und zu jeder Konferenz werden neue Ideen veröffentlicht. Bei vier Schichten be-

steht dieses Problem glücklicherweise noch nicht.

## Ziffern erkennen

Für das Beispielproblem, handgeschriebene Ziffern zu erkennen, haben wir zwei verdeckte Schichten mit 1200 Neuronen gewählt. Zwischen den Neuronen liegen jeweils Dropout-Layer. Der Python-Code definiert das Netzwerk folgendermaßen:

```
inp, fc = bs.tools.get_in_out_layers(
    'classification',
    (28, 28, 1),
    10,
    projection_name='FC')
network = bs.Network.from_layer(
    inp >>
    bs.layers.Dropout(drop_prob=0.2) >>
    bs.layers.FullyConnected(1200,
        name='Hid1', activation='rel') >>
    bs.layers.Dropout(drop_prob=0.5) >>
    bs.layers.FullyConnected(1200,
        name='Hid2', activation='rel') >>
    bs.layers.Dropout(drop_prob=0.5) >>
    fc
)
```



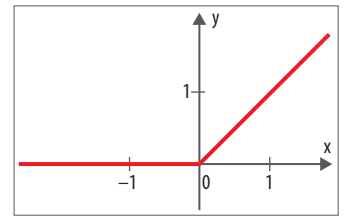
Anzeige

Die ersten fünf Zeilen erzeugen die Schichten mit Eingabe- und Ausgabeneuronen, passend für ein Klassifikationsproblem. Der erste Parameter sorgt dafür, dass die Ausgabeschicht ein Softmax-Layer wird. Softmax-Layer interpretieren die Aktivierungen der Neuronen als Wahrscheinlichkeiten, bilden sie also in den Wertebereich zwischen 0 und 1 ab. Die Ausgabeschicht normalisiert die Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Klassen so, dass sie sich zu 1 addieren. Eine Entscheidung, welche Ziffer das Netzwerk im Bild erkannt hat, erhält man, indem man die Klasse mit der höchsten Wahrscheinlichkeit herausucht. Parameter zwei und drei geben die

Form der Eingabeschicht und der Ausgabeschicht an. `projection_name` benennt die Ausgabeschicht.

Als Nächstes definiert das Programm die Netzwerkstruktur ausgehend von der Eingabeschicht. Das doppelte Größereichen verbindet die einzelnen Schichten. Die Dropout-Layer sollen Overfitting verhindern und sitzen daher zwischen den Schichten mit Neuronen. `drop_prob` gibt den Anteil an Neuronen an, die der Dropout-Layer zufällig deaktiviert. Die beiden FullyConnected-Layer bestehen jeweils aus 1200 Neuronen. Der Name der Schicht hilft, falls man die Parameter nach dem Training anzeigen möchte.

`activation='rel'` setzt die Aktivierungsfunktion in den Neuronen auf „rectified linear“. Die Funktion ist für positive Summen der gewichteten Eingänge linear (Steigung 1) und für negative Summen konstant 0. Die Aktivierungsfunktion ist eine weitere Stellschraube, um Einfluss auf das Training zu nehmen. Die ReLU-Neuronen (Rectified Linear Unit) produzieren trotz ihrer Einfachheit beim MNIST-Beispiel gute Ergebnisse. Sigmoid und Tanh sind weitere häufig eingesetzte Aktivierungsfunktionen.



**Wie stark ein simuliertes Neuron feuert, hängt von seiner Aktivierungsfunktion ab. Dieser Plot zeigt eine Rectified Linear Unit (ReLU).**

## Initialisierung

Da das Training eines neuronalen Netzes als Optimierungsproblem gelöst wird, muss die Optimierung an irgendeinem Punkt anfangen:

```
network.initialize(
    bs.initializers.Gaussian(0.01))
```

Damit initialisiert Brainstorm die Parameter mit einem normalverteilten Rauschen um 0 mit einer Standardabweichung von 0,01.

Sobald das Netzwerk Parameter hat, berechnet es für die Klassifikation beliebiger Eingabedaten aus der Anregung der Ausgabeneuronen eine Wahrscheinlichkeitsverteilung. Ohne Training wird diese Verteilung ziemlich weit von den gewünschten Ergebnissen entfernt sein.

Um das eigentliche Training kümmert sich Brainstorms Trainer-Klasse. Sie akzeptiert als Parameter eine Klasse aus Brainstorms training-Modul, die den Optimierungsalgorithmus umsetzt:

```
trainer = bs.Trainer(
    bs.training.MomentumStepper(
        learning_rate=0.1,
        momentum=0.9))
```

Der MomentumStepper optimiert mit einer speziellen Variante des Gradientenabstiegs. Beim Gradientenabstieg nimmt die Steigung der Ableitung Einfluss auf die Schrittweite. Größere Steigungen führen auch zu größeren Schritten. Der MomentumStepper reagiert zusätzlich mit einer gewissen Trägheit auf Richtungswechsel beim Gradienten. Die Trägheit lässt den Algorithmus weniger hektisch auf Rauschen im Gradienten reagieren. Ein solches Rauschen entsteht nicht nur durch die generelle Auswahl an Trainingsdaten, sondern auch durch deren zufällige Aufteilung in Minibatches. `learning_rate` be-

stimmt die generelle Schrittweite, `momentum` stellt die Trägheit ein.

Brainstorm erlaubt mit „Hooks“ weitergehende Aktionen an die Trainingsschritte anzuhängen. Der folgende Hook zeigt einen Fortschrittsbalken für jede Epoche des Trainings an:

```
trainer.add_hook(bs.hooks.ProgressBar())
```

In einer Epoche verwendet das Netzwerk einmal alle Trainingsdaten. Durch die Minibatches besteht eine Epoche aus vielen kleineren Trainingsschritten.

Der nächste Hook sorgt für einen Validierungsdurchlauf nach jeder Epoche mit Anzeige der Ergebnisse:

```
scorers = [bs.scorers.Accuracy(
    out_name='Output.outputs.predictions')]
trainer.add_hook(
    bs.hooks.MonitorScores(
        'valid_getter',
        scorers,
        name='validation'))
```

Der folgende Hook speichert die Parameter in einer Datei namens `mnist_pi_best.hdf5`, falls die Validierung einen Lernerfolg bescheinigt hat:

```
trainer.add_hook(
    bs.hooks.SaveBestNetwork(
        'validation.Accuracy',
        filename='mnist_pi_best.hdf5',
        name='best weights',
        criterion='max'))
```

Aus der gespeicherten Datei kann Brainstorm das trainierte Netzwerk mit allen Parametern rekonstruieren.

Der letzte Hook beendet das Training nach 500 Epochen:

```
trainer.add_hook(
    bs.hooks.StopAfterEpoch(500))
```

## Laufen lassen

Um das eigentliche Training zu starten, genügt ein einzelner Befehl:

## Deep-Learning-Frameworks

Wir haben für diesen Artikel Brainstorm gewählt, ein kleines, einfach zu lernendes und handzuhabendes Framework für neuronale Netze. Wer tiefer in das Thema Deep Learning einsteigen will, dem stehen viele andere Frameworks für die verschiedensten Zwecke zur Verfügung. Das vom Berkeley Vision and Learning Center maßgeblich gepflegte Caffe zum Beispiel gilt nach wie vor als beliebtestes Toolkit in der Bilderkennungsszene.

Microsoft hat sein Toolkit CNTK kürzlich unter der MIT-Lizenz auf GitHub veröffentlicht. Der Hersteller hebt die Performance von CNTK hervor, das sich – anders als andere Toolkits – auch verteilt über mehrere Rechner betreiben lässt. Wie Caffe läuft CNTK unter allen gängigen Betriebssystemen, also auch unter Windows, und setzt auf C++ als Programmiersprache.

Google hat ebenfalls ein Deep-Learning-Framework herausgebracht: TensorFlow lässt sich in Python und C++ nutzen, allerdings nicht unter Windows. Gut für Einsteiger: Zu TensorFlow stehen ausführliche Tutorials auf der Homepage bereit. Zudem hat Google gemeinsam mit der Online-Universität Udacity einen Deep-Learning-Kurs veröffentlicht, der auf TensorFlow aufsetzt. Diese und weitere Deep-Learning-Frameworks finden Sie über den c't-Link am Ende des Artikels.



**Die Online-Universität Udacity hat gemeinsam mit Google einen Online-Kurs zu Deep Learning mit TensorFlow herausgebracht.**

```

1 import brainstorm as bs
2 import numpy as np
3 from PIL import Image
4
5 network = bs.Network.from_hdf5('mnist_pi_best.hdf5')
6 image = Image.open('test_4.jpg')
7 data = np.array(image).reshape(
8     image.size[0], image.size[1], 3).dot(
9     [0.2, 0.7, 0.1]).reshape(
10    image.size[0], image.size[1], 1) / 255
11 network.provide_external_data(
12     {'default': np.array([[data]])},
13     all_inputs=False)
14 network.forward_pass(training_pass=False)
15 classification = network.get('Output.outputs.predictions')[0][0]
16 print(np.argmax(classification))
17 print(classification)

```

**17 Zeilen Python reichen, um mit dem neuronalen Netz Ziffern zu erkennen. Für Ihre eigenen Testbilder passen Sie einfach den Dateinamen in Zeile 6 an.**

```

trainer.train(
    network,
    getter_tr,
    valid_getter=getter_va)

```

Im repository fasst train.py das Setup und den Aufruf zusammen:

python train.py

Sie können das Training mit Strg+C beenden, sobald Ihnen die Genauigkeit ausreicht. Nach 50 bis 100 Epochen sollten Sie circa 98 Prozent Genauigkeit erreichen. Danach gibt es nur noch minimale Verbesserungen. 99 Prozent dürften mit dem beschriebenen Netzwerk nicht erreichbar sein.

Um das trainierte Netzwerk selbst zu nutzen, haben wir ein kleines Beispielprogramm geschrieben (classify.py). Das Programm nutzt Brainstorm, Numpy und PIL, die Python Image Library (Zeile 1 bis 3). In Zeile 5 lädt es die Netzwerkstruktur und Parameter aus der hdf5-Datei, die beim Training geschrieben wurde. Zeile 6 öffnet eine 28 × 28 Pixel große Bilddatei. In Zeile 7 bis 10 konvertiert Numpy das Bild mit drei Farbkanälen in ein Array der Form (28, 28, 1) wie es die Eingabeschicht des neuronalen Netzes braucht. Zeile 11 bis 13 übergeben diesen einzelnen Datensatz an das Netzwerk. `all_inputs=False` wird gebraucht, da das Netz ansonsten noch die erwartete Klasse für das Training entgegennehmen würde. Die eigentliche Berechnung findet in Zeile 14 statt. Zeile 15 liest die Wahrscheinlichkeitsverteilung aus dem internen Zustand des Netzwerks aus, Zeile 17 zeigt sie an. Zeile 16 sucht die höchste Wahrscheinlichkeit aus der Verteilung und gibt damit die eigentliche Klasse aus.

Um eine handgeschriebene Ziffer zu erkennen, scannen Sie sie ein, konvertieren das Bild in Schwarzweiß, schneiden es zurecht, skalieren es auf 28 × 28 Pixel und passen die Farben so an, dass die Ziffer ganz weiß und der Hintergrund ganz schwarz ist. Den Dateinamen geben Sie in Zeile 6 von classify.py an und führen das Skript aus. Wer die Bildbearbeitung scheitert: Im Repository liegen vier Beispielbilder im passenden Format.

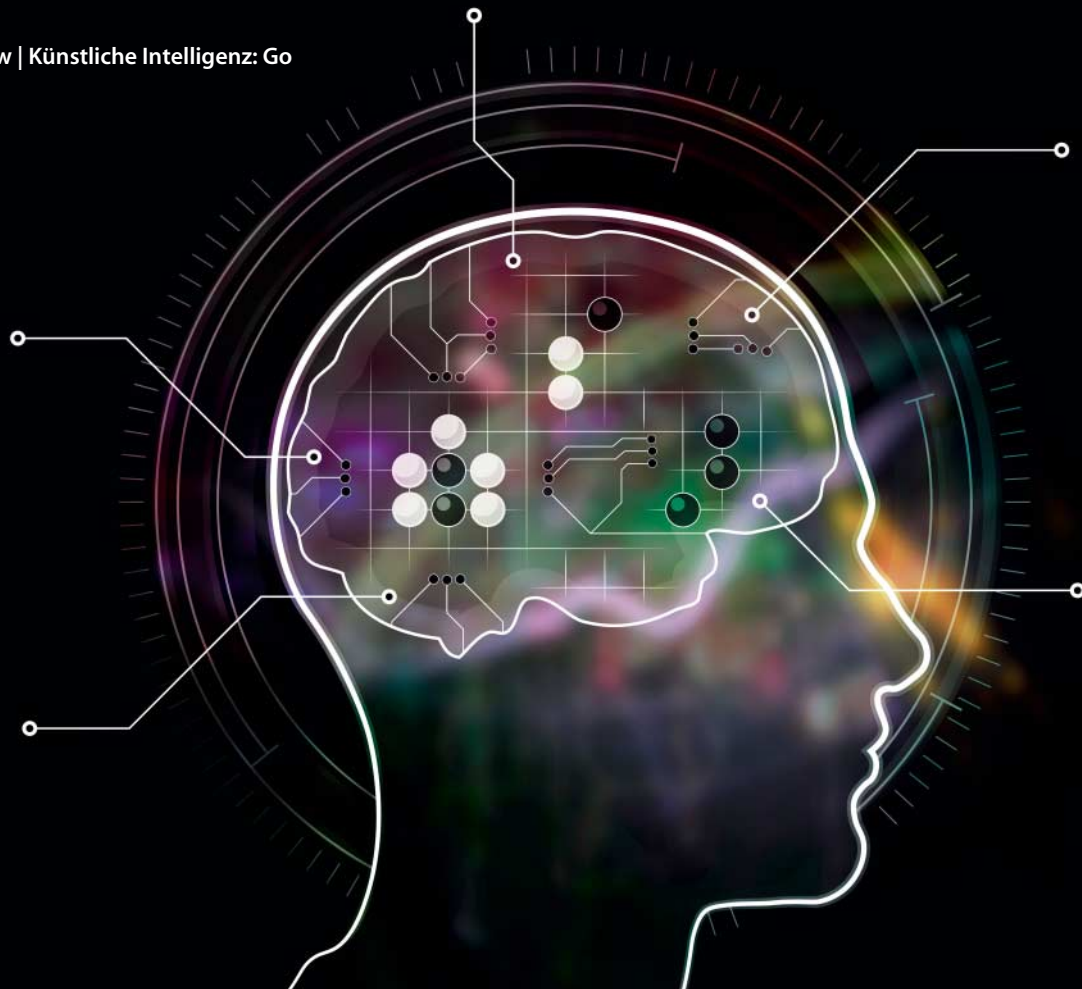
Sie werden merken, dass Ihre eigenen Bilder nicht in 98 Prozent der Fälle korrekt klassifiziert werden. Das liegt daran, dass Sie für wirklich gute Ergebnisse die Ziffern genau wie in den Trainingsdaten über das Massezentrum der weißen Pixel zentrieren müssten und die Strichstärke weder zu schmal noch zu breit sein darf. Um bessere Ergebnisse zu erreichen, haben Sie dann zwei Möglichkeiten: Entweder Sie machen genau diese Vorverarbeitung oder Sie ergänzen die Trainingsdaten um weniger zentrierte Beispiele und trainieren neu.

## Wettbewerb

Der MNIST-Datensatz wird in der Forschung an neuronalen Netzen gern eingesetzt, um bei neuen Ideen zu prüfen, ob sie auf Standarddaten schlechter abschneiden als bestehende Verfahren. Zu dem Datensatz gibt es auch einen Wettbewerb: Wenn Sie mit einem neuronalen Netz mehr als 99,77 Prozent der Ziffern korrekt klassifizieren können, sollten Sie Ihre Ergebnisse veröffentlichen. (jme@ct.de)

**ct** MNIST-Wettbewerb, alle Downloads: [ct.de/y7h6](https://ct.de/y7h6)

Anzeige



Harald Bögeholz

# Mysteriöse Tiefe

Wie Google-KI den Menschen im Go schlagen will

**Am 9. März ist Showdown: Die Google-Tochter DeepMind fordert den weltstärksten Go-Spieler der letzten zehn Jahre heraus, gegen ihre künstliche Intelligenz AlphaGo anzutreten. Unter den Strategiespielen gilt Go als die letzte Bastion menschlicher Intelligenz – und sie könnte fallen.**

**W**as dem Westler das Schach, ist dem Asiaten das Go: Jeder kennt es irgendwie, in der Zeitung gibt es eine Go-Ecke, aber natürlich spielen es nur wenige auf Meisterniveau. In China, Japan und Korea gibt es Profi-Spieler, die ihr Leben lang Go studieren und ihren Lebensunterhalt damit verdienen; Titelkämpfe werden live im TV übertragen.

Für Computer ist Go ausgesprochen schwierig; es gilt unter den Strategiespielen als die letzte große Herausforderung an die künstliche Intelligenz. Im Schach hat bereits 1997 der IBM-Rechner Deep Blue den Schachweltmeister Kasparov geschlagen. Die Go-Programme dieser Zeit spielten dagegen erbärmlich und konnten selbst mittelmäßigen Amateuren nicht das Wasser reichen.

Das hat sich nun geändert. Zunächst gab es 2006 einen Durchbruch mit der Erfindung der Monte-Carlo-Suche, seitdem eine kontinuierliche Verbesserung der Go-Programme

bis auf das Niveau starker Amateure und dann im Januar 2016 einen großen Knall: Die Google-Tochter DeepMind hat eine künstliche Intelligenz geschaffen, die erstmals einen menschlichen Profi im Go geschlagen hat.

Es gibt verschiedene Faktoren, die Go so schwierig machen. Zum einen ist es die schiere Größe des Suchbaums. Für den ersten Zug von Schwarz gibt es 361 Möglichkeiten, für die Antwort von Weiß 360 ... grob gesagt im Mittel 200 Möglichkeiten pro Zug. Eine Partie kann schon mal 250 Züge oder mehr dauern; selbst wenn man die Tiefe des Baums konservativ auf 150 schätzt, ist seine Größe mit ungefähr  $200^{150}$  ungefähr unendlich.

## Beschneiden und bewerten

Den Baum vollständig zu durchsuchen, ist also völlig unmöglich – aber das ist es auch schon beim Schach mit seinem vielleicht

$35^{80}$  Knoten großen Suchbaum. Wenn man den Baum schon nicht vollständig abgrasen kann, ist es eine Idee, nur eine gewisse Zahl von Zügen vorauszurechnen und die entstehende Stellung dann zu bewerten. Dann hat kein Spieler klar gewonnen, aber die Bewertungsfunktion kann doch eine Einschätzung in Form einer Gewinnwahrscheinlichkeit liefern.

Beim Schach gibt es naheliegende Kriterien für solch eine Bewertungsfunktion, allen voran der Materialwert: Eine Dame ist mehr wert als ein Turm oder gar ein Bauer. Beweglichkeit von Figuren, Einfluss etc., da kommen schon ein paar Ideen zusammen.

Und beim Go? Schaut man sich ein Go-Brett nach etwa 20 Zügen an, so kann man fast noch gar nichts sagen. Klar, der Profi wird es erkennen, wenn ein Amateur völligen Mist aufs Brett gelegt hat, aber wenn zwei gleich starke Spieler eine Partie spielen,



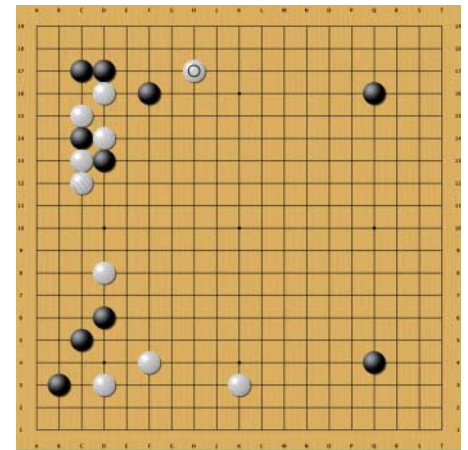
wird nach 20 Zügen noch alles offen sein. Jeder hat gleich viele Steine auf dem Brett und jeder Stein ist gleich viel wert. Beziehungsweise kann man einem Stein überhaupt nicht ansehen, ob er am Ende der Partie als tragender Teil einer wichtigen Mauer dasteht oder ob er als unbedeutender Gefangener vom Brett geht. Unscharfe Kriterien wie Stärke, Schwäche und Einfluss können sich im Lauf der Partie ins Gegenteil verkehren, und sie tun es regelmäßig. Material ist nicht unbedingt entscheidend, man kann immer noch gewinnen, wenn man ein paar Steine verloren hat.

In Ermangelung einer guten Bewertungsfunktion versuchten sich die Go-Programmierer an allerlei Heuristiken, legten Datenbanken lokaler Muster an, die gute nächste Züge vorschlugen, Joseki-Bibliotheken (bewährte Zugfolgen in der Eröffnung) und dergleichen. Doch den großen Durchbruch brachte der Zufall: eine Reihe von Verfahren, die auf dem Auswürfeln von Partien beruhen, heute unter dem Namen Monte Carlo Tree Search (MCTS) zusammengefasst.

## Affen am Zug

Die zentrale Idee dabei ist: Wenn man von einer Stellung aus die Partie mit zufälligen Zügen zu Ende spielt, ist das Ergebnis zufällig. Tut man das aber sehr oft und gewinnt dabei Schwarz öfter als Weiß, dann wird die Stellung wohl besser für Schwarz sein. Diesem Auswürfeln verdankt das Verfahren das „Monte Carlo“ im Namen. Statt völlig zufälliger Züge kann man auch eine Strategie nehmen (englisch „policy“), die ausgehend von einer Stellung eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für den nächsten Zug erzeugt. Wenn beide Spieler mit derselben Strategie – immer noch zufallsgesteuert – sehr oft zu Ende spielen und einer häufiger gewinnt als der andere, dann kann die Ausgangsstellung für diesen Spieler als besser gelten.

Ein MCTS-Algorithmus spielt nun eine große Menge von Zufallspartien („Playouts“) und baut dabei im Speicher einen Teil des Spielbaums auf, dessen Wurzel die aktuelle Stellung ist. Jeder Knoten entspricht einer Stellung. Er speichert für jeden möglichen



Partie: Fan Hui (2p, Schwarz) gegen AlphaGo (Weiß)

Nach 20 Zügen ist der Ausgang der Partie (siehe Kasten) unmöglich vorherzusehen.

Zug Statistiken darüber, wie oft die Simulation diesen Zug gewählt hat und wie viele der Partien gewonnen wurden. Solange die Simulation innerhalb des im Speicher gehaltenen Spielbaums verläuft, tragen die bisher

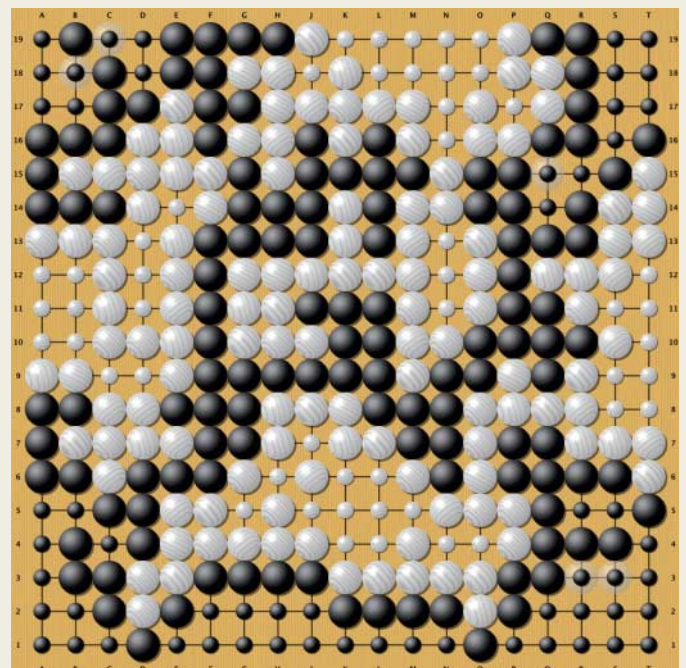
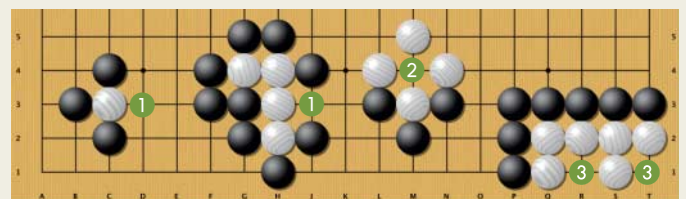
## Die Go-Regeln

Go wird auf einem Brett mit  $19 \times 19$  Linien gespielt; Anfänger beginnen auf kleineren Brettern mit  $9 \times 9$  oder  $13 \times 13$ . Die Spieler setzen abwechselnd Steine auf die Kreuzungspunkte, nicht in die Kästchen, Schwarz beginnt. Einmal gesetzte Steine werden nicht bewegt, können aber geschlagen werden. Ziel des Spieles ist es, möglichst viele freie Kreuzungspunkte mit seinen eigenen Steinen zu umschließen.

Jede zusammenhängende Kette von Steinen und auch jeder Einzelstein muss mindestens einen angrenzenden freien Punkt besitzen, eine sogenannte Freiheit. Zusammenhang ist dabei entlang der Linien gemeint, nicht diagonal. Besetzt man mit einem eigenen Stein die letzte Freiheit einer gegnerischen Kette ①, so wird diese geschlagen und vom Brett genommen. Selbstmord ist verboten: Man darf nicht die letzte Freiheit einer eigenen Kette besetzen. Ausnahme: Man schlägt dadurch gegnerische Steine und schafft so Freiheit für den gesetzten Stein ②. Eine Regel namens Ko verbietet Endlosschleifen, in denen die Spieler durch Hin- und Herschlagen immer dieselben Stellungen wiederholen.

Aus diesen Regeln folgt, dass Formationen mit zwei nicht zusammenhängenden Löchern („Augen“) ③ nicht geschlagen werden können. Denn dazu müsste man beide Freiheiten besetzen, jeder dieser beiden Züge wäre aber Selbstmord und somit verboten. Langfristig, wenn das Brett sich füllt, überleben also nur Formationen mit mindestens zwei Augen.

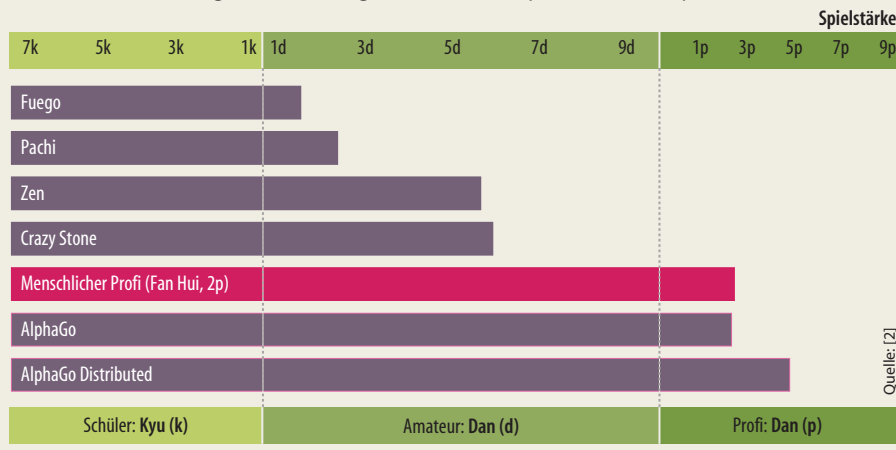
Jeder Spieler darf passen; die Partie endet, wenn beide nacheinander passen. Dann wird gezählt. Dazu nehmen die Spieler zunächst alle gegnerischen Steine als Gefangene vom Brett, die keine zwei Augen haben (wenn Anfänger sich in diesem Punkt nicht einig sind, müssen sie es ausspielen). Die Punktzahl eines Spielers ergibt sich jetzt als Anzahl der freien Punkte, die er mit eigenen Steinen umschlossen hat, plus der Anzahl der Gefangenen. Es zählen also nur die Löcher, nicht die gelegten Steine. Weiß erhält dann noch 7,5 Punkte gutgeschrieben, um den Anzugsvorteil von Schwarz auszugleichen. Der Spieler mit der höheren Punktzahl gewinnt; die Höhe der Differenz ist unerheblich.



Endstand der Partie Fan Hui (2p, Schwarz) gegen AlphaGo (Weiß). Als Punkte zählen die freien Felder (kleine Punkte). Weiß gewinnt mit 2,5 Punkten Vorsprung.

## Spielstärken in Go – Mensch vs. Maschine

Im Go werden die Spielstärken ähnlich wie bei den Kampfsportarten in Schülergraden (Kyu, kleinere Zahlen besser) und Meistergraden (Dan, größere Zahlen besser) angegeben. Die Grafik zeigt die Stärke verschiedener Go-Programme im Vergleich zum Profi-Spieler Fan Hui (2p).



ermittelten Statistiken zur Wahl des nächsten Zuges bei. Nach Verlassen des Baums simuliert der Algorithmus die Partie einfach nach einer festen Strategie zu Ende und findet heraus, wer gewinnt. Mit dieser Information aktualisiert er dann auf dem Weg zurück durch den Baum hinauf die Statistiken. Der Baum wächst dabei im Speicher nach und nach an den vielversprechendsten Stellen: Wo viele Simulationen vorbeikommen, lohnt es sich, Statistiken über die Folgezüge differenzierter zu speichern.

Ein Go-Programm wiederholt nun einfach diese Berechnungen so lange, bis die zur Verfügung stehende Bedenkzeit aufgebraucht ist, und wählt dann den Zug, den laut Statistik die meisten Simulationen gemacht haben. Das ist die Grundidee, und seit etwa 2006 haben alle namhaften Go-Programme in irgendeiner Form MCTS implementiert.

### Neuronale Netze

Dann kamen die neuronalen Netze. Im November 2015 horchte die Computer-Go-Szene auf, als Forscher von Facebook ein neuronales Netz präsentierten, das auf dem Go-Server KGS aus dem Stand auf Amateur-1-Dan-Niveau spielte [1]. Sie experimentierten dann damit, das Ganze mit MCTS anzureichern und veröffentlichten im Januar eine überarbeitete Version ihres Papers. Hierin konnten sie schon eine Spielstärke von 3 Dan auf KGS vermelden – durchaus eine beachtliche Steigerung.

Doch sie ahnten wohl, dass Google DeepMind sie längst in den Schatten gestellt hatte. Dort muss es allen Beteiligten verdammt schwergefallen sein, bis zur Veröffentlichung des Artikels [2] im renommierten Wissenschaftsmagazin Nature dichtzuhalten.

Und mit diesem, am 28. Januar, platzte dann die Bombe: Schon im Oktober 2015 hatte AlphaGo, die Go-KI von Google DeepMind, den Profi-Spieler Fan Hui (2p) in einem formalen Match 5:0 geschlagen. Fan Hui ist

ein chinesischer Profi, der in Europa lebt und dreifacher Europameister ist. Damit war erwiesen, was interne Tests gegen die stärksten anderen Go-Programme schon ergeben hatten: AlphaGo spielt erheblich stärker als alle anderen Programme und hat definitiv Profi-Niveau erreicht.

AlphaGo zieht alle Register: Deep Convolutional Networks, Supervised Learning, Reinforcement Learning ... gleich zwei neuronale Netze spielen eine Rolle. Diese wurden mit MCTS-Ideen zu einem Algorithmus kombiniert, den die Macher APV-MCTS nennen: Asynchronous Policy und Value MCTS. Und nicht zuletzt kam eine gehörige Portion Rechenleistung zum Einsatz. Für die Partien gegen Fan Hui lief eine verteilte Version von AlphaGo auf 1202 CPUs und 176 GPUs.

### Strategie und Stellungsbewertung

Die Eckpfeiler von AlphaGo sind zwei neuronale Netze namens Policy Network und Value Network. Ein Policy Network macht ausgehend von einer Stellung Vorschläge für gute Züge, und zwar in Form einer Wahrscheinlichkeitsverteilung über alle möglichen Züge. In seiner ersten Version wurde es mit von Menschen gespielten Partien trainiert, sagt also voraus, was für einen Zug ein starker Mensch in der betreffenden Stellung machen würde.

Ein Value Network soll eine Bewertungsfunktion liefern: Wie gut ist eine bestimmte Stellung, ausgedrückt als Wahrscheinlichkeit, aus dieser Stellung heraus die Partie zu gewinnen?

Um diese neuronalen Netze zu trainieren, gingen die Forscher in mehreren Schritten vor. Ausgangsbasis waren 30 Millionen Stellungen aus Partien zwischen starken Spielern (6 bis 9 Dan) auf dem Go-Server KGS. In die Eingabeschicht flossen dabei nicht nur Ebenen mit der nackten Stellung ein (Schwarz, Weiß, leer), sondern weiteres, auf einfache Weise errenchenbares Go-Grundwissen, zum Beispiel:

- Wie lange liegt ein Stein schon da?
- Wie viele Freiheiten hat eine Kette?
- Wie viele gegnerische Steine würde ein Zug an dieser Stelle schlagen?
- Wie viele Freiheiten würde ein Zug an dieser Stelle schaffen?

Allein der Lernaufwand war kein Pappenstiel: 50 GPUs ackerten daran drei Wochen lang. Das Ergebnis nennen die Forscher das SL Policy Network, SL für Supervised Learning. In einem weiteren Schritt ließen sie dieses Netz dann in leicht unterschiedlichen Versionen gegen sich selbst spielen und daraus weiter lernen (Reinforcement Learning). Dies optimierte das Netz weg von der Aufgabe „menschlichen Zug vorhersagen“ hin zum eigentlichen Spielziel, gewinnen. Nach 50 weiteren GPU-Tagen war die RL-Version (Reinforcement Learning) des Policy Network fertig. Sie spielt für sich allein genommen stärker Go als die SL-Version.

Um das Value Network zu trainieren, kann man nicht einfach alle Stellungen aus einer Partie hernehmen, denn diese sind viel zu stark korreliert (jede entsteht aus einer vorigen durch Hinzufügen eines Steins, alle Stellungen führen zum selben Partie-Ausgang). Für die Trainingsdaten des Value Network zogen sich die Googler daher am eigenen Schopf aus dem Sumpf, indem sie die RL-Version des Policy Network gegen sich selbst spielen ließen. Aus jeder so generierten Partie wählten sie nur eine Stellung zufällig aus und gewannen daraus, zusammen mit der Information, wer die Partie gewonnen hat, einen Datenpunkt für das Training des Value Network. Auch dieser Datensatz umfasste insgesamt mehr als 30 Millionen Stellungen und das Training des Value Network dauerte eine Woche auf 50 GPUs.

### MCTS mit Schuss

Der Clou bei AlphaGo liegt nun darin, wie die beiden neuronalen Netze in den MCTS-Suchalgorithmus integriert wurden. MCTS muss schnell gehen, denn nur wenn man sehr viele Partien simuliert, erwächst aus dem Zufall nützliches Wissen. 1000 Zufallspartien schafft die einfache Payout Policy von AlphaGo pro Sekunde. Eine einzelne Auswertung von Policy Network oder Value Network dauert dagegen selbst auf einer GPU Millisekunden; würde man dies in jeden simulierten Zug einbauen, würde das die Suche um Größenordnungen verlangsamen. Daher wertet AlphaGo diese Netze asynchron aus.

Jeder Knoten des Suchbaums speichert für jeden möglichen Zug außer den beiden MCTS-üblichen Zählern (wie oft probiert, wie oft gewonnen) weitere Informationen: Eine Anfangs-Wahrscheinlichkeit, die aus dem Policy Network stammt, sowie die mittlere Stellungsbewertung des Value Network für den gesamten Unterbaum.

Viele Threads – in der Match-Version 40 – führen nun parallel Monte-Carlo-Suchen ab der Wurzel aus, nach folgendem Algorithmus: Innerhalb des Baums wird der nächste Zug gewählt mit einer Mischung der An-



fangswahrscheinlichkeiten und der bisher gewonnenen Erkenntnisse, wobei sich das Gewicht im Laufe der Zeit von den Anfangswahrscheinlichkeiten weg hin zu Letzteren verschiebt. Das sind sowohl die nackten Monte-Carlo-Simulationszähler als auch die Einschätzungen der Value Network für die bisher im Baum gespeicherten Stellungen. Nach Verlassen des Baums geht es wie gehabt mit einer schnellen Playout Policy weiter; auf dem Rückweg werden die Playout-Zähler aktualisiert.

Spannend wird es, wenn der Baum wächst. Wenn von einem Blatt des Baums aus ein Zweig eine gewisse Anzahl von Besuchen übersteigt, dann wächst dort ein neues Blatt. Für dieses wird jetzt eine Einschätzung des Policy Network gebraucht, um die Anfangswahrscheinlichkeiten für die nächsten Züge ab hier zu speichern, und außerdem eine Einschätzung über den Wert dieser Stellung vom Value Network. Beides würde aber lange dauern, deshalb wirds jetzt asynchron: Die Stellung kommt in eine Warteschlange für die Auswertung von Policy und Value Network auf einer Grafikkarte. Als Anfangswahrscheinlichkeiten werden erst mal näherungsweise die der schnellen Playout Policy eingesetzt. Die Bewertung bleibt leer.

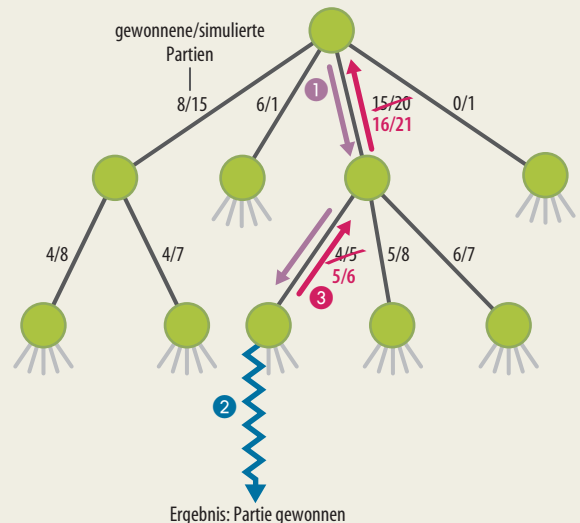
So kann der MCTS-Algorithmus erst einmal praktisch ungebremst wie gehabt den Baum verlassen, zufällig zu Ende simulieren und auf dem Rückweg nach oben im Baum die Zähler aktualisieren. Sollten weitere Simulationen an dem neuen Blatt vorbeikommen, arbeiten sie mit den vorläufigen Wahrscheinlichkeiten, aber das ist besser als Warten. Gleiches gilt für die Stellungsbewertung: Aus den Zufallspartien entsteht ja nach und nach bereits eine Einschätzung des Stellungswerts. Wenn das Value Network dann fertig ist, wird dessen Ergebnis vom neuen Blatt aus den Baum hinauf nachgetragen. Ebenso trägt ein Hintergrundthread die Ergebnisse des Policy Network als Anfangswahrscheinlichkeiten in das neue Blatt ein, sobald es fertig ist.

Die Wachstumsgeschwindigkeit des Baums steuert der Algorithmus so, dass die GPUs für die Berechnung von Policy und Value Networks voll ausgelastet sind. Schnelleres Wachstum hieße auf die neuronalen Netze verzichten, langsames Rechenleistung verschenken. In der verteilten Version von AlphaGo, die auf mehreren Rechnern lief, führte ausschließlich der Master-Rechner die MCTS-Suchthreads aus, alle anderen waren nur mit der Auswertung von Policy und Value Networks befasst.

Es ist die Kombination all dieser Techniken, die AlphaGo zu seiner Spielstärke verhilft: In Tests schalteten die Forscher wechselweise Policy Network, Value Network oder Playouts ab und erlebten mehr oder weniger drastische Einbrüche der Spielstärke. Die vielleicht größte Neuerung gegenüber früheren Ansätzen sind die Value Networks, aber etwa im Vergleich mit den Bemühungen von Facebook ist auch die asynchrone Ausgestaltung des Algorithmus bemerkenswert.

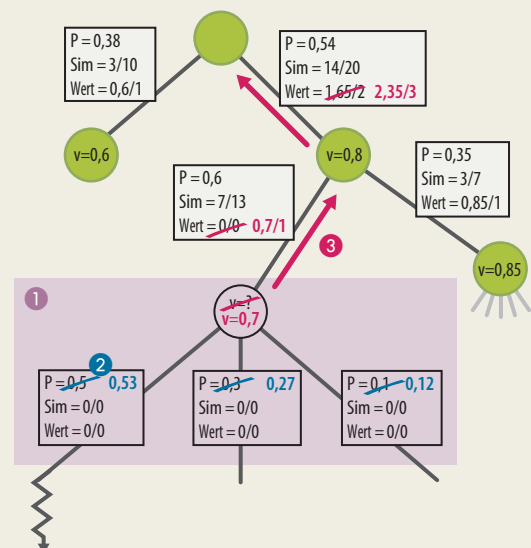
## Monte Carlo Tree Search (MCTS)

- 1 Die Partie wird ab der aktuellen Stellung (Wurzel) simuliert. Die Zugwahl orientiert sich an den bisher ermittelten Statistiken.
- 2 Nach Verlassen des Baums spielt der Algorithmus mit einer festen Playout Policy zu Ende.
- 3 Auf dem Rückweg durch den Baum werden die Statistiken entsprechend dem Ergebnis der simulierten Partie aktualisiert.



## MCTS + Policy + Value = AlphaGo

- 1 Ein neuer Knoten wird initialisiert mit Nullen in den Zählern und Schätzwerten für die Anfangswahrscheinlichkeiten. Im Hintergrund beginnt die Auswertung von Policy und Value Network für diese Stellung, während die Monte-Carlo-Simulation ungebremst weiterläuft.
- 2 Wenn die Ergebnisse des Policy Network vorliegen, ersetzen sie asynchron die geschätzten Wahrscheinlichkeiten.
- 3 Die Stellungsbewertung des Value Network wird asynchron im Baum nachgepflegt, sobald sie vorliegt.



## Showdown ab 9. März

Nach dem Sieg gegen Fan Hui (2p) greift Google nun nach den Sternen und hat den weltstärksten Go-Spieler der letzten zehn Jahre herausgefordert, den Koreaner Lee Sedol. Es geht um eine Million US-Dollar Preisgeld. Fünf Partien werden ab dem 9. März gespielt, mit zwei Stunden Kernbedenkzeit und dann einer Minute pro Zug. Die Partien dürften also jeweils mindestens vier bis fünf Stunden dauern. Sie beginnen um 13 Uhr koreanischer Zeit, also 5 Uhr morgens MEZ. Die Partien werden live auf YouTube übertragen, auf Englisch kommentiert vom amerikanischen Go-Profi Michael Redmond (9p).

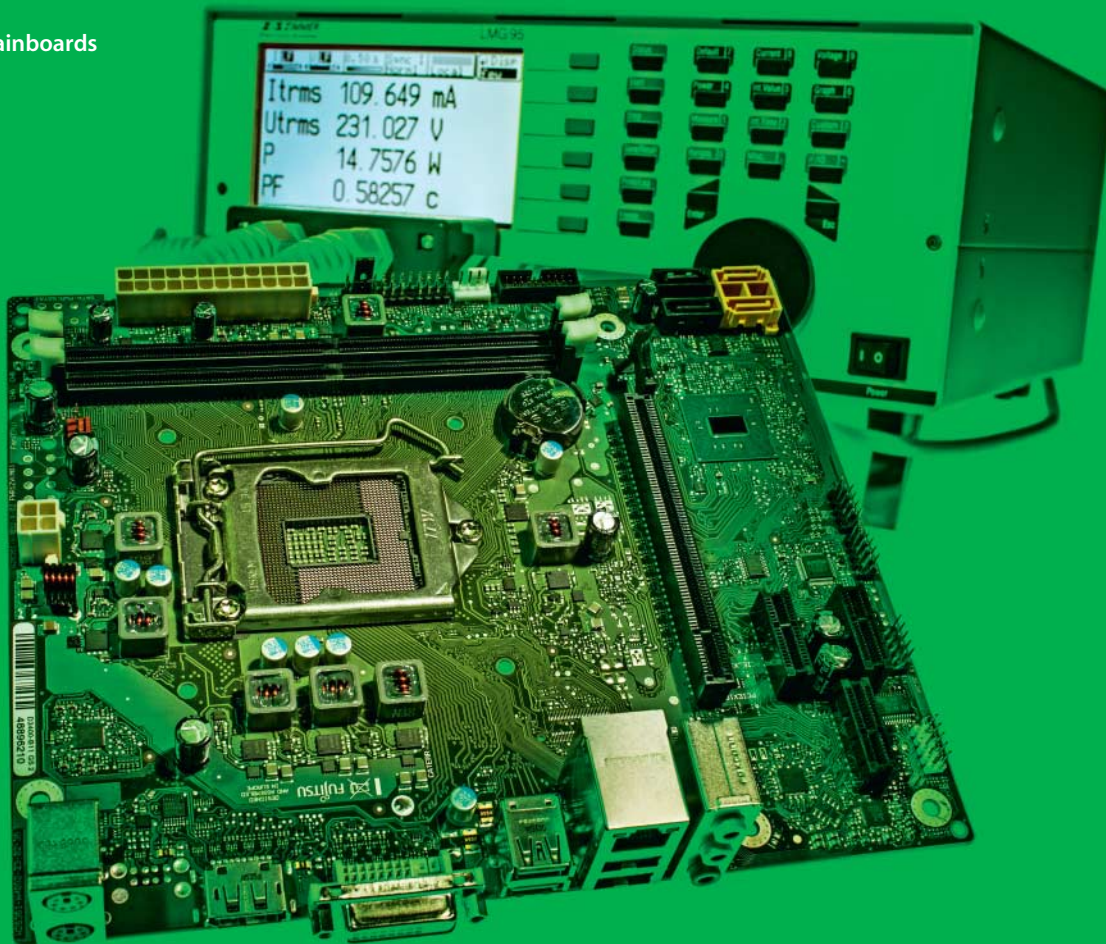
Lee Sedol gab sich in einem Interview optimistisch. Aber es sind fünf Monate vergangen, seit AlphaGo Fan Hui geschlagen hat –

viel Zeit für das AlphaGo-Team, sein Baby weiter hochzupäppeln. Am 22. Februar schrieb einer der Haupt-Schöpfer von AlphaGo, Aja Huang, auf der Computer-Go-Mailingliste: „AlphaGo is getting stronger and stronger. I hope you all will enjoy watching the games.“ Wir werden auf heise online darüber berichten. (bo@ct.de)

## Literatur

- [1] Yuandong Tian, Yan Zhu, Better Computer Go Player with Neural Network and Long-term Prediction: <http://arxiv.org/abs/1511.06410>
- [2] David Silver, Aja Huang et al, Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search, Nature 529, 484–489, 28. 1. 2016

**ct** Weitere Infos, Live-Übertragung: [ct.de/yuk6](http://ct.de/yuk6)



Christian Hirsch

# Light-Mainboards

## Sparsame Mainboards für Skylake-Prozessoren

Hauptplatinen für die sechste Generation der Core-i-Prozessoren und deren preiswerte Celeron- und Pentium-Abkömmlinge gibt es bereits ab 50 Euro zu kaufen. Die günstigen LGA1151-Mainboards kommen ohne Ausstattungsballast aus, was auch Strom spart.

Zum Start von Intels aktueller Skylake-Plattform im Herbst 2015 lieferten die Board-Hersteller zunächst frische Ware für High-End-Systeme und Übertakter. Nach den Platinen mit Z170- und H170-Chipsatz sind jetzt auch viele mit H110 und B150 erhältlich. Ihnen fehlen zwar einige Funktionen wie USB 3.1, RAID oder Steckplätze für M.2-SSDs, dafür liegen die Preise unter 100 Euro. Die üblichen Schnittstellen wie SATA 6G, USB 3.0 sowie ein bis zwei digitale Monitoranschlüsse bringen die preiswerten Boards jedoch mit. Zusammen mit den seit einigen Wochen erhältlichen Skylake-Celerons lässt sich so ein günstiger Bürorechner, Wohnzimmer-PC oder Server zusammenbauen.

Die überschaubare Ausstattung der billigeren Boards mindert auch deren Energiebedarf. Zusatz-Chips für USB 3.1 und weitere SATA-6G-Ports sowie PCIe-Switches für mehrere Grafikkarten-Steckplätze schlucken

Strom. Obendrein sind teure Overclocking-Bretter mit Spannungswandler-Bausteinen zugestrichelt, damit übertaktete Prozessoren bei erhöhter Kernspannung weit jenseits der Thermal Design Power (TDP) immer noch stabil laufen. Bei geringer Last arbeiten diese überzüchteten Schaltungen jedoch nicht sehr effizient.

Den H110-Chipsatz hat Intel im Vergleich zum B150 weiter abgespeckt. So arbeiten die PCI-Express-Slots des Chips nur mit PCIe-2.0-Tempo, das sind fünf Gigatransfers pro Sekunde statt zehn wie bei PCIe 3.0. Zudem lassen sich nur zwei statt drei Displays gleichzeitig an der Prozessorgrafik betreiben. In der Praxis wirken sich die Einschränkungen aber kaum aus: Die meisten Mainboards dieser Preisklasse besitzen eh nur zwei digitale Display-Anschlüsse, und PCIe 3.0 kommt vor allem superschnellen PCIe-SSDs zugute, für die jedoch der passende M.2-Slot fehlt [1].

Für den Test haben wir drei Boards für DDR4-Speicher geordert. Achtung: Da Skylake-Prozessoren mit beiden Speichersorten umgehen können, bieten Hersteller auch zahlreiche Mainboards für das ältere DDR3-RAM an. Bei der Zusammenstellung eines Systems sollte man deshalb darauf achten, die richtigen DIMMs auszuwählen.

### Weniger ist mehr

Für das D3400-B verlangt Fujitsu 65 Euro. Als eines der wenigen Boards dieser Preisklasse besitzt es einen DisplayPort 1.2, der 4K-Monitore mit 60 Hz ansteuert. Die B150-Boards von Asrock und MSI kosten rund 10 Euro mehr. Auf ihnen sitzt das für Consumer-Mainboards typische Doppel aus HDMI 1.4 und (Single-Link-)DVI, was die maximale Wiederholrate bei Ultra-HD-Auflösung auf 30 Hz begrenzt.



## Sparsame LGA1151-Mainboards

### Fujitsu D3400-B

Das Fujitsu D3400-B zielt vorrangig auf Office-PCs: Statt mit Features zu klotzen, beschränkt sich der Hersteller bei der Ausstattung aufs Nötigste; selbst den Kühlkörper für den Chipsatz lässt er weg. Im Leerlauf kommt das Board mit 9 Watt aus und schafft diesen Top-Wert bereits mit Standardeinstellungen im BIOS-Setup.

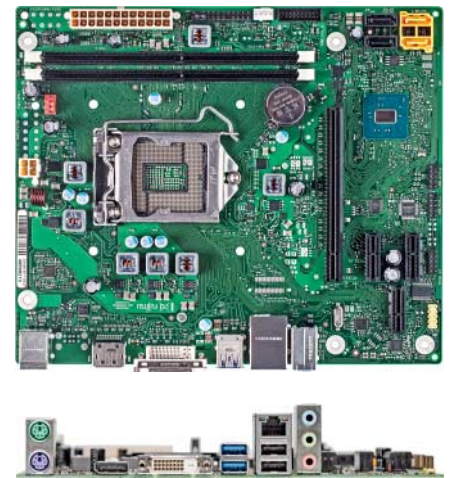
Das D3400-B eignet sich wegen der sparsameren Spannungswandler jedoch nur für Skylake-Prozessoren mit maximal 65 Watt TDP. Unter Volllast drosseln sich die Übertakter-Prozessoren Core i5-6600K und Core i7-6700K mit 91 Watt TDP. Allerdings mussten wir unser übliches Test-Netzteil Be Quiet Pure Power L8 300W gegen ein Enermax Triathlor 300W tauschen, da das

Fujitsu-Board nach dem Herunterfahren mit dem Be-Quiet-Netzteil in einer Endloschleife aus Hochfahren und Abschalten festhing. Erst durch vorübergehendes Entfernen der Pufferbatterie konnten wir es wiederbeleben.

Zudem gibt es beim D3400-B kurzzeitige elektrische Störungen auf dem analogen Audioeingang, was wir bereits beim D3402 vor einigen Monaten bemängelt hatten [1]. Als einziges der getesteten Mainboards besitzt es einen DisplayPort-1.2-Ausgang.

#### Bewertung

- ↑ sehr sparsam
- ↑ DisplayPort für 4K-Monitore
- ↓ analoge Audioqualität



### MSI B150M Eco

Das B150M Eco gehört zur einer Serie besonders sparsamer Boards. Bei den Eco-Boards lassen sich im BIOS-Setup oder per Windows-Software drei Energieprofile einstellen. Licht und Schatten liegen dabei jedoch eng beieinander: Im Eco-Mode stellt das Board die Schlafzustände optimal ein und reduziert die Leistungsaufnahme im Leerlauf von 18,5 auf 13,0 Watt. Mit dem Rapid-Storage-Technology-Treiber von Intel – den MSI nicht mitliefert – schrumpfte sie weiter auf 10,3 Watt.

Unter Dauerlast greift im Eco-Modus jedoch ein Power-Limit von 60 Watt, wodurch sich die Performance im Linpack mit dem Core i5-6600K um zwei Prozent verschlechterte. Mit der Lounge-Option ver-

hält sich das B150M genauso; zusätzlich senkt es die Regelkurve der Lüftersteuerung noch etwas ab. Wider jeden Sinn arbeitet hingegen die Server-Einstellung, die einer Quad-Core-CPU einfach zwei Kerne raubt. Das spart im Leerlauf keinen Strom und halbiert die teuer bezahlte Rechenleistung. Hier bestätigt sich wieder der Merksatz: Wenn man nicht genau weiß, was eine BIOS-Option oder eine Software tut, sollte man die Finger davon lassen.

#### Bewertung

- ↑ sparsam
- ↑ gute Ausstattung
- ↓ teils unbrauchbare Energiespareinstellungen



### Asrock B150M-HDS

Das Asrock B150M-HDS ist etwas kompakter als die anderen Testkandidaten und bringt deshalb nur zwei Steckplätze für Erweiterungskarten mit. Zudem macht es nicht von allen Schnittstellen des B150-Chipsatzes Gebrauch: Von den jeweils sechs möglichen SATA-6G- und USB-3.0-Ports stellt das B150M-HDS nur je vier bereit.

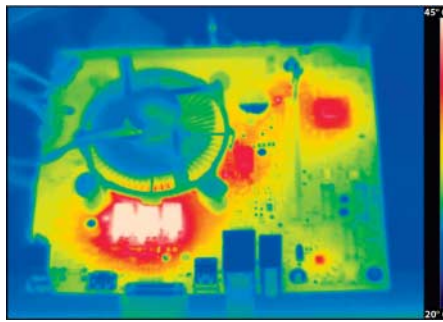
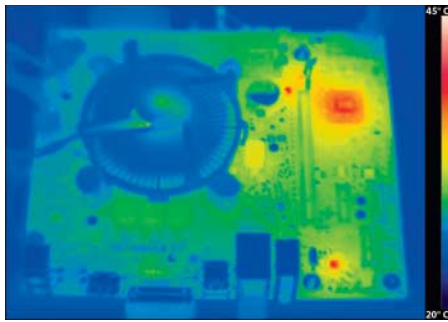
Im Auslieferungszustand kommt das Mainboard bei ruhendem Windows-Desktop mit 16,5 Watt aus. Die Optionen für die Package-C-States im BIOS-Setup fallen nicht so umfangreich aus wie bei den anderen getesteten Boards. Deshalb fällt die Leistungsaufnahme mit optimalen Einstellungen lediglich auf 15 Watt.

Unter Linux konnten wir keine vernünftige Tests durchführen, da das B150M-HDS sowohl unter Fedora 23 als auch unter Ubuntu 15.10 permanent ACPI-Fehler lieferte. Hätten wir nicht abgebrochen, wäre die System-SSD mit dem Error-Log vollgelaufen. Vermutlich liegt eine fehlerhafte Programmierung der ACPI-Tabellen im BIOS vor. Zwar lässt sich der Fehler durch die Kerneloption `acpi=off` umgehen; dann scheitern aber schon elementare Energiemanagement-Funktionen wie das Neustarten.

#### Bewertung

- ↑ kompakte Größe
- ↓ nicht Linux-tauglich
- ↓ keine tiefen Package-C-States





**Stromsparen sichtbar gemacht: Ohne CPU-Last (links) heben sich die Spannungswandler des Fujitsu D3400-B im Wärmebild kaum vom Rest der Platine ab.**

Ein besonderes Augenmerk haben wir in diesem Test auf einen niedrigen Energiebedarf im Leerlauf gelegt, da Büro-PCs und kleine Heimserver die meiste Zeit in diesem Zustand verweilen. Um Werte von 10 Watt und weniger zu erreichen, müssen mehrere Faktoren passen. Die lassen sich jedoch nicht allein aus den Herstellerangaben ablesen.

Skylake-Prozessoren unterstützen zahlreiche Schlafzustände und nutzen jede noch so kurze Ruhepause, um Energie zu sparen. Bei ruhendem Desktop kommt der komplette Chip inklusive Speicher-Controller, PCIe-Root-Hub und aktiver Grafik unter optimalen

Bedingungen laut Intel mit weniger als zwei Watt aus. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um einen Celeron G3900 für 45 Euro oder den 370 Euro teuren Core i7-6700K handelt. Der Artikel auf Seite 156 geht detailliert auf die verschiedenen Spartechniken moderner Prozessoren ein.

Auch wenn die Skylake-Prozessoren im Leerlauf alle gleich sparsam sind, gibt es bei der Leistungsaufnahme selbst zwischen ähnlich ausgestatteten Boards erhebliche Unterschiede. Nicht jedes Modell unterstützt alle Stromsparszustände; zudem muss man die CPU- und Package-C-States meist von Hand

im BIOS-Setup aktivieren. Auch die Dimensionierung der Spannungswandler für die CPU entscheidet über deren Effizienz.

In letzter Instanz entscheidet das Netzteil darüber, wie sparsam ein Rechner ist. Bei geringer Last verpufft dort vergleichsweise viel Energie, denn die 80 Prozent und mehr beim Wirkungsgrad gelten erst ab 20 Prozent der Maximallast. Unterhalb davon liegt die Effizienz typischer ATX-Netzteile deutlich niedriger. Unser komplettes Testsystem mit dem Fujitsu D3400-B schluckte mit einem sehr sparsamen ATX-Netzteil von Enermax 8,9 Watt. Mit einem Pico-PSU-Netzteil und externer 12-Volt-Speisung schrumpfte der Energiebedarf bei ansonsten identischer Ausstattung deutlich – auf 5,6 Watt. Pico-PSU-Netzteile stellen jedoch nur wenige Anschlüsse für weitere Komponenten wie SATA-Laufwerke bereit und eignen sich mit 80 bis 160 Watt Spitzenleistung nicht für kräftige Rechner mit Grafikkarte.

## Ruhe!

Ein geringer Energiebedarf sollte sich idealerweise nicht nur in der Stromrechnung niederschlagen, sondern auch einen leisen Betrieb des PC ermöglichen. Damit das klappt, sollte die Lüfterregelung das PWM-Tastverhältnis (Duty Cycle) am 4-Pin-Anschluss für den CPU-Ventilator auf 20 Prozent oder weniger absenken können. Dann arbeiten Lüfter mit passender Drehzahlcharakteristik bei geringer Last flüsterleise. Unter den getesteten Boards muss man lediglich beim Fujitsu D3400-B geringe Abstriche machen, da es Lüfter mit minimal 30 Prozent Duty Cycle ansteuern kann. Die Boards von Asrock und Fujitsu regeln Gehäuselüfter ebenfalls per PWM-Signal. Auch auf dem MSI B150M Eco sitzen zwar 4-Pin-Anschlüsse, das Board verändert jedoch nur die Spannung und eignet sich deshalb lediglich für klassische 3-Pin-Ventilatoren.

## Fazit

Mit allen drei getesteten Mainboards lässt sich ein preiswerter Skylake-Rechner bauen, der im Leerlauf mit weniger als 15 Watt auskommt. Sie bringen zwei digitale Monitoranschlüsse mit sowie die gängigen Schnittstellen wie Gigabit-LAN, SATA 6G und USB 3.0 und liefern an diesen auch optimale Geschwindigkeit. Das Fujitsu D3400-B braucht den wenigsten Strom von den dreien, ist aber bei der Netzteil-Auswahl etwas zickiger und nur bei wenigen Händlern lieferbar. Wer weitere USB-3.0- und SATA-6G-Geräte anschließen möchte, sollte das MSI B150M Eco in Betracht ziehen, das mit optimierten Einstellungen im Leerlauf nur geringfügig mehr schluckt. Das Asrock B150M-HDS ist leider nicht ganz so effizient und bleibt beim Energieverbrauch sogar hinter einigen Z170-Boards zurück [1]. (chh@ct.de)

## Literatur

[1] Ch. Windeck, Express-Platinen, Mainboards für Core i5/i7-6000 alias Skylake, c't 22/15, S. 104 **ct**

LGA1151-Mainboards: technische Daten			
Hersteller, Modell	Asrock B150M-HDS	Fujitsu D3400-B	MSI B150M ECO
<b>Ausstattung</b>			
CPU- oder CPU-Fassung / Chipsatz	LGA1151 / B150	LGA1151 (max. 65 W) / H110	LGA1151 / B150
Format / Abmessungen	Micro-ATX / 192 mm × 187 mm	Micro-ATX / 220 mm × 185 mm	Micro-ATX / 245 mm × 208 mm
Speicher-Slots / max. RAM	2 × PC4-2133 / 32 GByte	2 × PC4-2133 / 32 GByte	2 × PC4-2133 / 32 GByte
Erweiterungssots	1 × PCIe x16, 1 × PCIe x1	1 × PCIe x16, 2 × PCIe x1, 1 × VGA-Adapter	1 × PCIe x16, 2 × PCIe x1
interne Anschlüsse	4 × SATA 6G, 2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0	4 × SATA 6G, 2 × USB 3.0, 4 × USB 2.0, 1 × RS-232	6 × SATA 6G, 2 × USB 3.0, 4 × USB 2.0, 1 × RS-232
Lüfteranschlüsse	1 × CPU (4-Pin), 1 × Gehäuse (4-Pin)	1 × CPU (4-Pin), 1 × Gehäuse (4-Pin)	1 × CPU (4-Pin), 2 × Gehäuse (4-Pin)
Audio- / LAN-Chip (Eigenschaften)	ALC887 / RTL8111GR (PCIe; 1 GBit/s)	ALC671 / RTL8111GN (PCIe; 1 GBit/s)	ALC887 / i219V (PHY; 1 GBit/s)
ATX-Anschlussfeld	1 × HDMI 1.4, 1 × DVI-D, 3 × analog Audio, 2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, 1 × LAN	1 × DVI-D, 1 × DisplayPort 1.2, 3 × analog Audio, 2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, 1 × LAN, 2 × PS/2	1 × HDMI 1.4, 1 × DVI-D, 1 × VGA, 3 × analog Audio, 4 × USB 3.0, 1 × LAN, 2 × PS/2
Lieferumfang	2 × SATA-Kabel, Treiber-DVD, ATX-Blende	Treiber-DVD, ATX-Blende	2 × SATA-Kabel, Treiber-DVD, ATX-Blende
<b>Elektrische Leistungsaufnahme mit Core i5-6600K, 2 × 4 GByte, SSD, Be quiet! Pure Power L8 300W</b>			
Soft-Off (mit ErP) / Energie sparen / Leerlauf (optimiert)	0,8 W / 1,4 W / 16,5 W (15,0 W)	0,1 W / 1,0 W / 8,9 W <sup>1</sup>	0,6 W (0,4 W) / 1,7 W / 18,5 W (10,3 W)
Volllast: CPU / CPU und Grafik	86 W / 79 W	78 W / 82 W	93 W / 83 W
Linux: Leerlauf (optimiert)	– <sup>2</sup>	15,3 W (13,6 W)	15,0 W (11,3 W)
<b>Funktionstests</b>			
Secure-Boot abschaltbar / CSM einschaltbar	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Wake on LAN: Standby / Soft-Off	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur aus: Standby (Soft-Off)	✓ / – (–)	✓ / ✓ (✓)	✓ / ✓ (–)
Boot-Dauer bis Desktop	14 s	20 s	18 s
analoger Mehrkanalton (Art) / 2. Audiostrom	⊕⊕ (7.1) / ✓	⊕ (5.1) / n.v.	⊕⊕ (7.1) / ✓
USB 2.0 / USB 3.0: Lesen (Schreiben)	44 (44) / 465 (467) MByte/s	41 (33) / 461 (461) MByte/s	43 (44) / 464 (464) MByte/s
Lüfterregelung: CPU-Lüfter / Gehäuselüfter	0 ... 100 % / 0 ... 100 %	30 ... 100 % / 30 ... 100 %	0 ... 100 % / 0,4 V ... 12,8 V
Preis	72 €	65 €	75 €
<sup>1</sup> mit Enermax ETL300AWT <sup>2</sup> wegen ACPI-Fehlern keine Messung möglich			
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ funktioniert – funktioniert n.v. nicht vorhanden			

Anzeige

Christian Hirsch

# Die Kunst des Sparens

## Energiesparfunktionen moderner Prozessoren

Trotz rund 1,7 Milliarden Transistoren kommt eine Quad-Core-CPU mit Intels aktueller Skylake-Architektur bei ruhendem Desktop mit weniger als einem Watt aus. Damit das ohne Einbußen bei der Performance klappt, nutzt der Prozessor fein abgestufte Energiesparmechanismen.

Ein geübter Zehnfigertipper erreicht in der Minute 300 und mehr Tastaturanschläge. Was für einen Menschen viel Konzentration erfordert, lässt einen modernen Prozessor nur müde lächeln. Bei 3 GHz Taktfrequenz absolviert eine CPU zwischen zwei Tastenanschlägen immer noch 600 Millionen Taktzyklen und langweilt sich ansonsten.

Leerlaufzeiten machen bei Desktop-PCs und Notebooks im Alltag rund 95 Prozent der Betriebszeit aus. Um die Energiebilanz zu verbessern, reduzieren Chiphersteller nicht mehr nur die Spitzenleistungsaufnahme, sondern konzentrieren sich vor allem auf den Energiebedarf während des Nichtstuns. Statt mit maximaler Taktfrequenz und Kernspannung Däumchen zu drehen, treten bei modernen Prozessoren ausgeklügelte Energiesparfunktionen in Aktion, die den Energiebedarf erheblich reduzieren.

### Schrittchenweise

Bei den CPU-Kernen klappt das inzwischen sehr gut. In Leerlaufphasen reduzieren sie von selbst Taktfrequenz und Spannung und schalten schrittweise Funktionseinheiten ab. Das passiert geordnet nach im ACPI-Standard (Advanced Configuration and Power Interface) festgelegten Energiesparzuständen, die auch als C-States bezeichnet werden. Führt ein CPU-Kern Berechnungen durch, befindet er sich im aktiven Zustand C0. Aber auch dabei sind Taktfrequenz und Spannung nicht unveränderlich, sondern die Prozessoren verweilen abhängig vom Arbeitspensum in unterschiedlichen Performance-Zuständen, den P-States. Diese Funktion heißt bei Intel Speedstep (EIST), bei AMD Cool'n'Quiet.

Core-i-Prozessoren der sechsten Generation können ihre Taktfrequenz in 100-MHz-Schritten zwischen 800 MHz und der höchsten Turbo-Frequenz variieren – beim schnellsten Modell Core i7-6700K sind das 4,2 GHz. Über den Wechsel zwischen diesen Stufen entscheidet in der Regel das Betriebssystem; nur bei den Turbo-Frequenzen hat der Prozessor das letzte Wort. Ausnahmen bilden die supersparsamen System-on-Chip-Modelle der Skylake-Architektur Core m und Core i3/i5/i7U mit SpeedShift-Technik, bei denen der Prozessor die Taktfrequenz selbstständig steuert (siehe c't-Link).

Selbst wenn sich alle Kerne im tiefsten Performance-Zustand befinden, liegt die Leistungsaufnahme eines einzelnen Desktop-Prozessors nach unseren Messungen bei über 7 Watt. Hinzu kommen die Wandlerverluste auf dem Mainboard und im Netzteil sowie der Energiebedarf der übrigen Komponenten. Um die Leistungsaufnahme weiter zu drücken, wechseln arbeitslose

CPU-Kerne deshalb in einen der tieferen Schlafzustände.

Dabei schaltet der Prozessor zunächst das Taktsignal von arbeitslosen CPU-Kernen ab (C1) und reduziert die Kernspannung noch weiter (C1E). Im C3-Zustand (Deep Sleep) werden darüber hinaus Level-1- und Level-2-Caches geleert und der Taktgeber abgeschaltet. Im Endzustand C6 (Deeper Power Down) gehen schließlich alle Lichter im CPU-Kern aus: L1- und L2-Caches sind ebenso vom Strom getrennt wie die Recheneinheiten. Die Zustände C7 und C8 unterscheiden sich beim einzelnen Kern nicht von C6, spielen aber bei den C-States des gesamten Chips (Package) eine Rolle.

### Wach auf!

Damit der Prozessorkern bei neuen Arbeitsaufträgen nach dem Wiederaufwachen nahtlos weiterrechnen kann, legt er den kompletten Architekturzustand mit allen Registereinträgen in eigens dafür vorgesehenen SRAM-Speicherzellen ab. Static RAM hat ge-

genüber dem beim Arbeitsspeicher verwendeten DRAM den Vorteil, dass sein Inhalt nicht periodisch aufgefrischt werden muss.

Doch warum gibt es die zahlreichen Zwischenstufen – die Prozessorkerne könnten doch auch direkt aus dem C0 in den C8 wechseln? Das könnte die Rechenleistung mindern, weil das Aufwachen aus tiefen Schlafzuständen deutlich länger dauert und zudem mehr Energie kostet als aus niedrigen Energiesparmodi. Für den Wechsel zurück aus dem C3-Zustand benötigt ein CPU-Kern rund 50 Mikrosekunden, also mehr als das Zehntausendfache im Vergleich zum Wechsel aus C1. Um die L1- und L2-Caches zu füllen, müssen Daten aus dem Level-3-Cache beziehungsweise aus dem Arbeitsspeicher geladen werden. Bei noch tieferen Schlafzuständen verlängert sich die Aufwachzeit auf mehr als 250 Mikrosekunden.

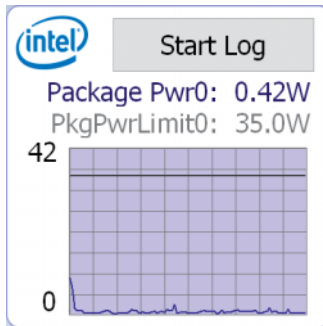
Deshalb ist es in vielen Situationen effizienter, dass der Kern nicht ganz so tief schläft, wie er eigentlich könnte. Dies regelt die Funktion „C-State Auto-Demo-

## Schlafzustände moderner Prozessoren

Je tiefer ein Prozessor schläft, desto weniger Strom braucht er. Allerdings verlängert sich die Aufwachzeit, zudem kostet das Wiederbefüllen von Caches zusätzliche Energie.

Zustand	C0 (aktiv)	C3	C6/C7/C8	Package C8
Kernspannung				
Taktgeber		aus	aus	aus
L1/L2-Caches		geleert	geleert	aus
L3-Cache				aus
Aufwachzeit	aktiv			
Leerlauf-Leistungsaufnahme	aktiv			
Energiebedarf beim Aufwachen	aktiv			





Im Leerlauf schluckte unser Pentium G4400 mit allen aktivierten C-States gerade einmal 0,4 Watt.

tion“. Dabei wertet die CPU aus, wie häufig sie zwischen welchen Schlafzuständen gewechselt hat. Gab es dabei innerhalb kurzer Zeit viele Wechsel zwischen C6 und C0, dann schaltet die CPU für die nächste Zeit erst mal nicht tiefer als in C3 oder C1 um. Verweilt der Kern wieder länger in den Schlafzuständen, stehen auch wieder die tieferen C-States zur Verfügung.

## Drumherum

Bei modernen Quad-Core-Prozessoren nehmen die CPU-Kerne weniger als die Hälfte der Chipfläche ein. Um den Energiebedarf weiter zu senken, müssen folglich die sogenannten Uncore-Bestandteile wie Grafikeinheiten, System Agent mit PCI Express Root Hub, Display-Treiberstufen und Speicher-Controller sowie der von allen Komponenten gemeinsam genutzte Level-3-Cache gleichermaßen Sparfunktionen beherrschen.

Die GPU kann ebenso wie die CPU-Kerne ihre Taktfrequenz und damit die Leistungsaufnahme anhand der Auslastung steuern. Den größten Spareffekt bei der Prozessorgrafik erzielt jedoch der Render-Standby-Modus RC6. In Leerlaufzeiten, in denen sie kein neues Bild berechnet, fällt die Versorgungsspannung der GPU fast auf Null, was den Energiebedarf bei unserem Testsystem um 5 Watt reduzierte.

Wie bei einer Kette bestimmt allerdings auch hier das schwächste Glied, in welchen Schlafzustand der gesamte Prozessor wechseln kann. Um etwa in den Package-C-State C3 zu gelangen, müssen sich alle CPU-Kerne jeweils im C3- und die GPU im RC6-Zustand befinden. Erst dann schalten sich große Teile des System Agent ab und der Arbeitsspeicher wechselt in den Self-Refresh.

Im tieferen Schlafmodi C6 leert der Prozessor zusätzlich den Level-3-Cache und schaltet ihn ab. Alle CPU-Kerne sind dabei vom Strom getrennt. Im tiefsten Energiesparzustand C8 arbeitet schließlich nur noch die Display-Engine, sonst würde der Monitor nur noch Schwarz zeigen. Der gesamte Prozessor unseres Testrechners konsumierte in diesem Zustand lediglich 0,4 Watt. Mobile Skylake-Prozessoren der Serien Core i3/5/7-6000U beziehungsweise Core m3/5/7-6Y schaffen es inzwischen sogar bis in den C10. Dabei werden zusätzlich teilweise die Spannungswandler auf der Hauptplatine abgeschaltet.

Schon kleine Störungen können das komplexe Zusammenspiel bei den Package-C-States ins Wanken bringen. Funken ein zickiges USB-Gerät oder ein schlecht programmierter Treiber permanent die CPU an, verhindern sie, dass das Prozessor-Package in einen Schlafzustand wechseln kann. In der Praxis haben wir beispielsweise festgestellt, dass der Standard-AHCI-Treiber von Windows das SATA Link Power Management nicht beherrscht. Nach dem Installieren des RST-Treibers von Intel (Rapid Storage Technology) sank die Leerlaufleistungsaufnahme auf dem Testsystem um 3 Watt ab.

Damit ein Desktop-Rechner mit 10 Watt oder weniger auskommt, reicht es jedoch nicht aus, dass alle Energiesparfunktionen des Prozessors dank passender Treiber und optimaler BIOS-Einstellungen funktionieren. Solch eine geringe Leistungsaufnahme klappt nur, wenn Board und Netzteil mit effizienten Spannungswandlern ausgestattet sind. Zusatz-Chips für Legacy-Schnittstellen wie PCI sowie für weitere SATA-6G- und USB-3.1-Ports treiben den Energiebedarf ihres Rechners ebenfalls nach oben. Sparsame Boards, mit denen sich ein 10-Watt-PC bauen lässt, haben wir auf Seite 152 getestet. (chh@ct.de)

**ct** Neue Stromsparfunktionen von Skylake: [ct.de/yyd3](http://ct.de/yyd3)

Anzeige

Jan-Keno Janssen, Fabian A. Scherschel

# Flugbrille

## MS Flight Simulator X und Virtual-Reality-Brille

Mit Flugsimulator und Virtual-Reality-Brille fühlt man sich tatsächlich, als säße man im Cockpit. Die Windows-Software FlyInside bringt den Klassiker MS Flight Simulator X in die virtuelle Welt. Wir haben es mit einer Oculus Rift ausprobiert.

**H**artgesottene Flugsimulator-Fans greifen gern tief in Portemonnaie und Trickkiste, um ihr Flugerlebnis so realistisch wie möglich zu machen. Im Netz finden sich beeindruckende Aufbauten mit mehr als einem Dutzend Monitoren oder selbstgebaute Cockpit-Instrumenten. Günstiger – und theoretisch auch realistischer – fliegt es sich mit einer Virtual-Reality-Brille. Schließlich kann man sich damit ohne störende Monitorrahmen im gesamten Cockpit umschauen.

Das Problem: Bislang gibt es keine zivile Flugsimulator-Software, die VR-Brillen mit Bordmitteln unterstützt. Uns ist lediglich DCS World bekannt, das seit Version 1.5 mit der Oculus-Rift-Entwicklerversion läuft – diese Simulation konzentriert sich aber ausschließlich auf Militärmaschinen.

### FSX und Prepar3D

Der US-amerikanische Flusi-Freak Daniel Church will das ändern: Das von ihm entwickelte Programm FlyInside bringt den Flugsimulatoren Flight Simulator X von Microsoft und Prepar3D von Lockheed-Martin die Unterstützung von VR-Brillen bei. Wir haben FlyInside mit Microsofts Flugsimulator (Steam-Version FSX:SE) sowie der zweiten Entwicklerversion der Oculus-Rift-Brille (DK2) ausprobiert. Sobald die Rift-Consumer-Version erhältlich ist, soll die Software auch damit ohne aufwendige Anpassungen laufen, verspricht Entwickler Church. Er plant, künftig auch die Brille HTC Vive zu unterstützen – für die es allerdings noch keinen offiziellen Starttermin gibt.

Die Aktivierung von FlyInside klappte bei uns vollkommen problemlos: Nachdem das Programm installiert ist, startet der FSX automatisch im VR-Modus – sofern die VR-Brille eingeschaltet ist. Mit abgeschalteter Brille läuft die Simulation normal auf dem Monitor. VR-Modus bedeutet, dass man mit aufgesetzter Brille das Gefühl hat, im ausgewählten Flugzeug-Cockpit zu sitzen: Bewegt man seinen Kopf in der echten Welt, schaut man sich in der Simulation um.

Obwohl die Grafik des FSX sehr veraltet wirkt – die Basis des Programms ist in der Grundversion fast zehn Jahre alt – kommt



FlyInside sorgt dafür, dass Microsofts Flugsimulator X VR-Brillen unterstützt. Fenster lassen sich im virtuellen Cockpit beliebig anordnen.

beeindruckendes Mittendrin-Gefühl auf. Trotz begrenzter Auflösung der DK2-Rift und unscharfer Texturen lassen sich die Instrumente besser ablesen als beispielsweise bei der Raumfahrt-Simulation Elite Dangerous. Die Darstellung profitiert stark vom 4K-Rendering der FlyInside-Anwendung: Das Programm reicht die Bilder zwar nur mit 1920 × 1080 Pixeln an die DK2 weiter (960 × 1080 pro Auge), berechnet sie aber vorher intern mit 4K-Auflösung (3840 × 2160).

### Zeitmaschine

Noch wichtiger für überzeugendes VR-Feeling ist das sogenannte „Asynchronous Time Warp“. Die Funktion sorgt unter anderem dafür, dass das Headtracking und das eigentliche Rendering entkoppelt voneinander laufen. Die Kopfbewegungen haben Priorität und werden permanent mit 75 Frames (die Bildwiederholrate der DK2) berechnet, selbst wenn das Rendering bei der eigentlichen Simulation nicht hinterherkommt. Lahmt das Rendering, wird der zuletzt berechnete Frame einfach mehrfach hintereinander angezeigt. Das fällt nur selten auf.

Eine leistungsstarke Grafikkarte muss aber trotzdem sein. Oculus empfiehlt für die Consumer-Rift mindestens eine Nvidia GTX 970 oder eine AMD R9 290. Unser Testsystem mit einer GTX 980 ruckelte dank Asynchronous Time Warp zwar nie bei Kopfbewegungen, das eigentliche Rendering fand aber nur mit rund 40 fps statt.

Alle bislang erwähnten Funktionen beherrscht bereits die kostenlose „Preview“-Version von FlyInside. Die „Pro“-Variante (35 US-Dollar für FSX, 45 Dollar für Prepar3D) bietet unter anderem virtuelle Desktop-Fenster, die sich frei im Cockpit platzieren lassen. Wer will, kann sich ein Fenster mit den Funkgerät-

Funktionen auf die virtuellen Knie legen – langweilt man sich beim Fliegen, kann es aber auch ein Netflix-Player sein. Außerdem stellt die Pro-Version ein virtuelles Vergrößerungsglas für kleinteilige Instrumente bereit.

Experimentierfreudige Flugsimulanten können den Realismus weiter steigern: FlyInside Pro unterstützt die Hand-Tracking-Kamera Leap Motion. Klebt das Gerät an der VR-Brille, soll man Instrumente mit den Fingern bedienen können – bis Redaktionsschluss war uns das noch nicht recht gelungen. Mit den angekündigten VR-Controllern von Oculus („Touch“) und HTC klappt die Hand-Bedienung hoffentlich einfacher.

### Fazit

FlyInside und eine Rift DK2 bieten 2D-Flugsimulator-Nutzern eine immense Steigerung des Mittendrin-Gefühls. Ist der Rechner stark genug, sind auch heute schon stundenlange Flugsessions ohne Ruckler – und ohne Übelkeit – möglich. Toll: Durch die Rundumsicht gepaart mit räumlicher Darstellung bekommen Flusi-Piloten erstmals ein realistisches Gefühl von Höhe. Die geringe Display-Auflösung und die deutlich sichtbare Pixelstruktur der DK2 strengen die Augen allerdings ziemlich an. Mit der ersten kommerziellen VR-Brillen-Generation, die in diesem Jahr in den Handel kommen soll, wird sich die Bildqualität jedoch verbessern – damit sollte Fliegen noch mehr Spaß machen. (jkj@ct.de)

### FlyInside Pro

#### VR-Umgebung für Flugsimulatoren

Hersteller	FlyInside LLC, <a href="https://flyinside-fsx.com">https://flyinside-fsx.com</a>
Systemanf.	Microsoft Flight Simulator X oder Prepar3D, Oculus Rift DK2
Preis	35 US-\$, P3D 45 US-\$



Anzeige

Benjamin Benz

# Foto-S.O.S.

## Bilder von Speicherkarten, USB-Sticks und Festplatten retten

**Streikt die Speicherkarte, heißt das nicht unbedingt, dass auch die Daten verloren sind. Mit Linux-Bordmitteln kann man sie oft nicht nur wieder herstellen, sondern auch gleich sinnvoll sortieren.**

Meldet die Digitalkamera „no data found“, sackt das Herz in die Hose. Was ist mit den Fotos vom Kindergeburtstag? Der Trophäe vom One-Night-Stand? Dem Beweis der Kilimandscharo-Besteigung? Keine Panik! In vielen Fällen sind weder die Speicherkarte noch die Bilder futsch, sondern lediglich das Dateisystem oder Verwaltungsinformationen. Die kann man leicht rekonstruieren.

Während man für die Wiederherstellung unter Windows spezielle Programme braucht, bringen viele Linux-Distributionen die benötigten Werkzeuge bereits mit, andernfalls lassen sie sich leicht per Paketverwaltung nachinstallieren. Folgende Schritt-für-Schritt-Anleitung haben wir mit der Live-Version von Ubuntu 15.10 ausprobiert. Sie bootet direkt vom USB-Stick und eignet sich daher auch für Windows-Nutzer. Die Vorgehensweise sollte sich aber auch auf andere Linux-Distributionen übertragen lassen. Unterschiede gibt es nur in der Art und Weise, wie man fehlende Tools nachinstalliert.

### Backup erstellen

Doktorn Sie niemals direkt an einem Speichermedium herum, das womöglich im Sterben liegt. Widerstehen Sie dem Versuch, mal eben das im Internet oder von einem Freund empfohlene Wunder-Reparaturprogramm auszuprobieren! Auch die vom Betriebssystem angebotenen Reparaturfunktionen – ob Windows oder Linux – können einer angeschlagenen Karte den Rest geben. Erstellen

Sie daher zu allererst ein Bit-genaues Abbild der Karte.

Aber der Reihe nach: Booten Sie zuerst das Live-Linux. Danach sollten in der Leiste am linken Bildschirmrand Ihre lokalen Laufwerke erscheinen. Binden Sie eines davon per Mausklick ein, um dort Daten zwischenspeichern. Achtung: Es sollte mindestens noch die dreifache Kartenkapazität frei sein. Am besten legen Sie dafür gleich ein Unterverzeichnis mit einem aussagekräftigen Namen an – etwa „rescue“.

Weil es ab hier auf der Kommandozeile weitergeht, klicken Sie nun auf das Ubuntu-Logo ganz oben und tippen dann „Terminal“ ins Suchfeld. Einen Mausklick später öffnet sich die Kommandozentrale von Linux. Der Wechsel ins richtige Verzeichnis klappt mit einem Trick: Tippen Sie auf der Kommandozeile einfach den Befehl `cd` gefolgt von einem Leerzeichen ein. Ziehen Sie dann mit der Maus das über die grafische Oberfläche erstellte Unterverzeichnis in die Kommandozeile und bestätigen Sie mit der Enter-Taste.

Als nächstes aktivieren Sie im grafischen Menü „Software & Updates“ das Repository „universe“ und installieren per Kommandozeile die Pakete `Gddrescue`, `Testdisk` und `Exiftool`:

```
sudo apt-get gddrescue
sudo apt-get install testdisk
sudo apt-get install libimage-exiftool-perl
```

Stecken Sie nun die zu rettende Speicherkarte in Ihren Kartenleser. Als nächstes gilt es

herauszufinden, unter welcher Bezeichnung Linux diese Karte findet:

```
lsblk -f -o +SIZE,MODEL
```

Orientieren Sie sich an der Laufwerksgröße oder vergleichen Sie die Ausgabe von `lsblk` nach dem Einstecken der Karte mit der davor. Gesucht ist ein Name der Form `/dev/sdx`, also mit einem Buchstaben am Ende.

### Daten retten

Anhand dieser Bezeichnung können Sie ein Image der Speicherkarte erstellen und gleich eine Sicherheitskopie davon anlegen:

```
sudo ddrescue /dev/sdx card.img
cp card.img card.img.bak
```

Als nächstes soll Photorec das Image nach Bildern durchsuchen:

```
photorec card.img
```

Photorec möchte zuerst eine Bestätigung für das übergebene Image und fragt dann, in welcher Partition innerhalb der Datei es suchen soll. Die Suche klappt übrigens auch, wenn Photorec den Typ der Partition nicht erkennen kann. Auf die Frage nach dem Dateisystem ist dann „Other“ die richtige Wahl. Zuletzt müssen Sie ein Verzeichnis angeben, in das photorec die gefundenen Bilder speichern darf. In diesem erzeugt es eine Reihe von Unterverzeichnissen (`recup_dir.x`) und legt dort die Bilder ab.

Ob Sie aufatmen dürfen, können Sie nun mit dem grafischen Datei-Browser des Live-Linux überprüfen. Allerdings dürften die Bilder noch kryptische Namen haben und zum Teil mehrfach vorkommen. Oft findet Photorec auch Thumbnails und Teile von schon vor langer Zeit gelöschter Bilder.

### Namen rekonstruieren

Investieren Sie keine Mühe, die Dateien jetzt schon zu sortieren. Mit ein paar Tricks lassen sich sinnvolle Dateinamen rekonstruieren. Denn zum Glück enthalten die Metadaten der Bilder den Aufnahmezeitpunkt. Aus dem erzeugt das `exiftool` lesbare Dateinamen:

```
exiftool -v "-FileName<CreateDate" >
-d "%Y-%m-%d_%H-%M-%S-%c.%e" recup_dir.1
```

Die sperrige Zeichenkette hinter „-d“ beschreibt das Datumsformat, „%c“ verpasst in derselben Sekunde aufgenommenen Bildern getrennte Namen und „%e“ erhält die ursprüngliche Dateiendung. Wiederholen Sie diesen Befehl für alle Unterverzeichnisse. Als nächstes lohnt ein Blick auf die Dateigrößen. Miniaturen mit nur ein paar Kilobyte können gestrost weg.

Trennen Sie abschließend manuell Spreu und Weizen. Photorec hat vermutlich auch Bilder wiederhergestellt, die Sie schon längst auf Ihren PC verschoben und absichtlich gelöscht haben. Einige davon dürften noch intakt sein, andere wurden vielleicht schon teilweise überschrieben. (bbe@ct.de) **ct**



Hier haben die Linux-Tools `ddrescue` und `photorec` bereits zahlreiche Bilder wiederhergestellt – viele sogar mehrfach. Bevor man manuell die Spreu vom Weizen trennt, darf das `exiftool` aussagekräftige Dateinamen konstruieren.



Anzeige

Martin Weigel

# Einspruch per „Send“-Knopf

## Gewöhnliche E-Mail reicht für Einspruch gegen Steuerbescheid

**Nach einer verwirrenden Achterbahnfahrt in der Rechtsprechung hat der Bundesfinanzhof (BFH) entschieden, dass für einen Einspruch im Steuerungsverfahren auf dem elektronischen Weg keine qualifizierte elektronische Signatur nötig ist – eine einfache E-Mail genügt.**

Steuerbescheide sind alles andere als in Stein gemeißelt. Oft weisen sie Fehler auf. In vielen Fällen hat die Finanzbehörde alles richtig gemacht, aber der Steuerpflichtige möchte noch ein paar Versäumnisse der eigenen Steuererklärung ausbügeln. Wenn der Bescheid erst einmal Bestandskraft hat, tritt grundsätzlich eine Änderungssperre ein. Als Werkzeug, um das Eintreten der Bestandskraft zu verhindern, hat sich der Einspruch bewährt.

Besonders bequem lässt sich ein solches Rechtsmittel elektronisch einlegen. Die Frage, ob das auch ganz unkompliziert mit einer gewöhnlichen E-Mail möglich ist, hat die Rechtspraxis lange beschäftigt. Sie ist dabei sehr unterschiedlich beantwortet worden.

### Von Formen und Zeiten

Auf welche Art und Weise man einen Einspruch im Finanz-Verwaltungsverfahren einreichen kann, regelt das Gesetz. Allerdings hat die hier zur Debatte stehende Frage in den letzten Jahren eine achterbahnartige Geschichte hinter sich.

Der bis Juli 2013 maßgebliche § 357 Abs. 1 der Abgabenordnung 1977 (AO) sah vor, dass der Einspruch „schriftlich einzureichen oder zur Niederschrift zu erklären“ sei. Es sollte genügen, wenn aus dem Schriftstück hervorgeht, wer das Rechtsmittel eingelegt hat.

Das dritte Gesetz zur Änderung verwaltungsverfahrenrechtlicher Vorschriften be-

reicherte im August 2002 die AO um eine Vorschrift zur elektronischen Kommunikation: § 87a sieht in Abs. 1 vor, dass Steuerpflichtige mit der Behörde auf digitalem Wege kommunizieren können, sofern die Verwaltung den elektronischen Zugang „eröffnet“, also nach außen erlaubt hat.

Mit den Absätzen 3 und 4 desselben Paragraphen hat der Gesetzgeber ein bürokratisches Glanzstück vollbracht: Diese Vorschrift fordert als Ersatz der Schriftform bei elektronischen Dokumenten – und somit auch für E-Mail – die Verwendung einer qualifizierten elektronischen Signatur.

Üblicherweise war bei einem schriftlichen Einspruch nicht einmal eine Unterschrift erforderlich – es muss daraus ja lediglich hervorgehen, wer das Rechtsmittel einlegt. Sollte es nun beim Einspruch in elektronischer Form – insbesondere per E-Mail – plötzlich nötig sein, eine qualifizierte elektronische Signatur nach dem Signaturgesetz zu verwenden? Dergleichen ist mit mancherlei Hürden verbunden, die den E-Mail-Weg für diesen Zweck unattraktiv machen.

In der Rechtspraxis kam Ratlosigkeit zum Ausdruck. Für Erleichterung sorgte Anfang 2003 ausgerechnet die Finanzverwaltung: In ihren Änderungen des Anwendungserlasses zur Abgabenordnung (AEAO) stellte sie beiläufig fest, dass ein elektronisch erhobener Einspruch keiner qualifizierten elektronischen Signatur bedürfe [1].

Otto Normal-Einspruchsführer konnte sich so nach vorherrschender Ansicht darauf verlassen, dass er bequem per E-Mail Einspruch gegen seinen Steuerbescheid einlegen konnte – soweit die Verwaltung den Zugang eröffnet hat.

Mit dem Gesetz zur Förderung der elektronischen Verwaltung sowie zur Änderung weiterer Vorschriften vom 25. Juli 2013 ergänzte der Gesetzgeber auch den bereits erwähnten § 357 Abs. 1 AO [2]. Mit Wirkung zum 1. August 2013 konnte ein Einspruch nunmehr „schriftlich oder elektronisch“ eingelegt werden.

Das brachte neue Unsicherheit. Unterschiedliche Entscheidungen der Finanzgerichte (FG) besagten, es könne doch keinen wirksamen Einspruch per gewöhnlicher E-Mail geben. Das führte beim FG Kassel 2014 zu der skurrilen Situation, dass das Gericht in einem Steuerverfahren die streitigen Fragen nicht entscheiden wollte, obwohl Kläger und Finanzamt gleichermaßen davon ausgegangen waren, dass der per E-Mail eingelegte Einspruch zulässig war [3]. In Anbetracht dessen wandten sich die Kläger an den Bundesfinanzhof (BFH) als Revisionsinstanz.

Der BFH entschied am 13. Mai 2015 gegen vorangegangene FG-Urteile und sprach sich für die Möglichkeit eines Einspruchs per E-Mail aus [4]: Nach ständiger Rechtsprechung habe § 87a AO in Abs. 1 bei einem schriftlichen Dokument keine Unterschrift für einen wirksamen Einspruch verlangt. § 87a Abs. 3 AO fordere die Verwendung einer qualifizierten elektronischen Signatur nur dort, wo das Gesetz eine eigenhändige Unterschrift erwarte. Die qualifizierte elektronische Signatur trete an die Stelle der sonst erforderlichen eigenhändigen Unterschrift [5].

Auch aus dem „Schriftlich oder elektronisch“ in § 357 AO sei in Verbindung mit § 87a AO nichts anderes herauszulesen. Der Gesetzgeber habe im Gesetzgebungsverfahren verdeutlicht, dass er mit der Neufassung des § 357 AO zum 1. August 2013 lediglich eine Klarstellung und keine Rechtsänderung habe herbeiführen wollen [6]. Im Ergebnis steht nunmehr höchstrichterlich fest, dass derjenige, der einen Einspruch einlegt, ihn auch per E-Mail beim Finanzamt einreichen kann. Hierfür muss er allerdings einige Regeln beachten.

### Wenige Spielregeln

Die Finanzbehörde muss den Weg der elektronischen Kommunikation eröffnet haben. Das kann übrigens auch durch schlüssiges Verhalten (rechtsdeutsch: „konkudent“) erfolgen, indem im Steuerbescheid eine E-Mail-Anschrift angegeben wird.

## Antrag auf schlichte Änderung oder Einspruch

Das Gesetz bietet einem Steuerpflichtigen zwei Wahlmöglichkeiten, wenn er gegen seinen Steuerbescheid vorgehen will. Er kann gemäß § 347 Abs. 1 AO Einspruch einlegen. Alternativ kann er nach § 172 Abs. 1 Nr. 2a AO einen „schlichten Antrag“ stellen.

Letzterer unterliegt nicht den Bestimmungen über das Einspruchsverfahren. Anders als bei einem Einspruch kann der Antragsteller keinen Antrag auf Aussetzung der Vollziehung (§ 361 AO) stellen und muss seine Steuerschuld daher erst einmal zahlen. Bei einem „schlichten Antrag“ wird der angefochtene Bescheid nicht in vollem Umfang erneut geprüft, sondern nur in dem Maße, in dem eine Änderung geltend gemacht wird. Entscheidend ist aber, dass der Bescheid mit Ablauf der Einspruchsfrist unanfechtbar wird, und zwar einen Monat, nachdem er zugestellt wurde. Falls das Finanzamt seine Entscheidung nach einem Einspruch zulasten des Einspruchsführers ändern will, kann dieser das verhindern, indem er seinen Einspruch zurücknimmt.

Erfahrene Steuerrechtler raten vom „schlichten Änderungsantrag“ ab. Er bringt weder inhaltlich noch kostentechnisch Vorteile. In fast allen Fällen ist der Einspruch das richtige und zuverlässigere Rechtsmittel.

Darüber hinaus muss bei einem Einspruch per E-Mail der Einspruchsführer (Urheber der Rechtsmittelschrift) eindeutig erkennbar sein. Dem Schreiben muss der deutliche Wille zu entnehmen sein, ein Rechtsmittel einzulegen. In wichtigen Fällen sollte man sich erkundigen, ob die Mail zeitgerecht eingegangen ist. Anderenfalls muss ein Antrag auf Wiedereinsetzung in die Einspruchsfrist gestellt werden.

## Und die E-Klage?

Ob auch eine Klage im Finanzprozess per E-Mail eingereicht werden kann, hängt gegenwärtig von einigen Voraussetzungen ab – darüber hinaus ist es unsicher. Die Landesregierung beziehungsweise die zuständige oberste Landesbehörde muss eine elektronische Klageerhebung im Zuständigkeitsbereich des betreffenden Finanzgerichts durch Rechtsverordnung zugelassen haben. Ob das so ist, muss der Klagewillige zunächst prüfen.

Unbestritten ist, dass die Klageschrift bei schriftlicher Klageerhebung eine Unterschrift tragen muss. Insoweit sieht § 52a Abs. 1 Satz 3 der Finanzgerichtsordnung (FGO) vor, dass für eine elektronische Klage die qualifizierte elektronische Signatur im Sinne des § 2 Nr. 3 des Signaturgesetzes (SignG) zu ver-

wenden ist. Das gilt zumindest dann, wenn der Verordnungsgeber eine Regelung dafür in seine Rechtsverordnung übernommen hat [7]. Ob die Länder in ihren Rechtsverordnungen auf die Verwendung einer qualifizierten elektronischen Signatur verzichten dürfen, ist unklar.

Einem Kläger im Finanzverfahren ist daher weiterhin zu raten, eine Klage auf einem Blatt Papier zu erstellen, unbedingt zu unterschreiben und das Dokument bei Zeitnot per analogem Fax ans Gericht zu senden. (psz)

## Literatur

- [1] Bundesteuerblatt (BStBl) I 2003, 17  
(alle Online-Fundstellen siehe c't-Link)
- [2] BGBl I 2013, 2749
- [3] FG Kassel, Urteil vom 2. 7. 2014, Az. 8 K 1658/13; Entscheidungen der Finanzgerichte (EFG) 2014, 1751
- [4] BFH, Urteil vom 13. 5. 2015, Az. III R 26/14
- [5] Qualifizierte elektronische Signatur als Gegenstück zur Schriftform: Bundestags-Drucksache 17/11473, 48 zu Art. 3 Nr. 2
- [6] s. o., 52
- [7] Landesrecht darf die Verwendung der qualifizierten elektronischen Signatur vorsehen, vgl. BFH, Urteil vom 26. 7. 2011, Az. VII R 30/10

**ct** Entscheidungen und Gesetzestexte:  
[ct.de/yhz4](http://ct.de/yhz4)

## Wie lege ich Einspruch ein?

Es muss klar sein, wer genau welches Rechtsmittel gegen welche Maßnahme der Behörde erhebt. Das „Wer“ bedeutet hier auch „in welcher Funktion“ – also etwa als Geschäftsführer einer GmbH. Das zulässige Rechtsmittel und die Behörde, bei dem es einzureichen ist, sowie die Frist dafür ergeben sich aus der Rechtsmittelbelehrung, die dem Bescheid normalerweise beigelegt ist. Für einen Einkommensteuerbescheid ist das zulässige Rechtsmittel der Einspruch. Hier ein Beispiel für die Minimalform:

[Name und Anschrift] Einspruch

Ich lege gegen den Bescheid für 2015 über Einkommensteuer, Kirchensteuer und Solidaritätszuschlag vom 10. März 2016 Einspruch ein.

[Datum]

Eine Unterschrift kann, muss jedoch nicht eingescannt in die E-Mail eingefügt werden. Der Einspruch muss in dieser Mail noch nicht begründet werden. Ergänzungen lassen sich im Rahmen des Einspruchsverfahrens vorbringen.

Anzeige

# HOTLINE

## Wir beantworten IHRE FRAGEN.

Fragen zu Beiträgen in der c't richten Sie bitte an die E-Mail-Adresse am Ende des jeweiligen Artikels. Allgemeine Anfragen bitte an [hotline@ct.de](mailto:hotline@ct.de).

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter [www.ct.de/hotline](http://www.ct.de/hotline).

Sie erreichen unsere Redakteure jeden Werktag zwischen 13 und 14 Uhr unter der Rufnummer **0511/53 52-333**.

Die Redaktion behält sich vor, Zuschriften gekürzt zu veröffentlichen.

## Laufwerksbuchstaben bei Windows 10 parallel zu 7

**?** Ich möchte Windows 10 parallel zu meinem bestehenden Windows 7 installieren. Bleiben die unter Windows 7 geltenden Laufwerksbuchstaben dabei erhalten? In dem Fall würde die SSD mit Windows 10 nicht mehr C: sein. Hat das irgendwelche Konsequenzen?

**!** Wenn Sie vom Installationsmedium booten und davon installieren, vergibt Windows 10 die Laufwerksbuchstaben selbst. Die Partition, auf der das neue Windows landet, wird dabei automatisch C:. Die anderen Buchstaben können Sie bei Bedarf in der Datenträgerverwaltung anpassen. Die Buchstaben, die Windows 7 zeigt, bleiben von Änderungen in Windows 10 unberührt. (axv@ct.de)

## Sicherheit auf dem Kindle

**?** Seit Kurzem besitze ich ein Kindle Paperwhite. Wenn das Gerät mit dem Netz verbunden ist, wie steht es dann um dessen Sicherheit? Kann ich etwas tun, um meinen Kindle gegen Einbrüche zu schützen?

**!** Sie sollten das Gerät auf jeden Fall mit einem PIN-Code sperren. Sonst kann jeder ohne Eingabe eines Passworts Bücher mit Ihrem Amazon-Account kaufen. Zusätzlich sollten Sie regelmäßig bei Amazon nachsehen, ob es Updates gibt. Die Kindle-Geräte können inzwischen zwar Updates „over the air“ einspielen; in der Redaktion gab es aber immer wieder Fälle, in denen das Update nicht automatisch geladen wurde. Sie sollten deshalb vorsichtshalber direkt auf

Amazon nach Updates suchen. Mehr können Sie nicht tun, um Ihren Kindle abzusichern. (acb@ct.de)

## Ein Display sieht blau

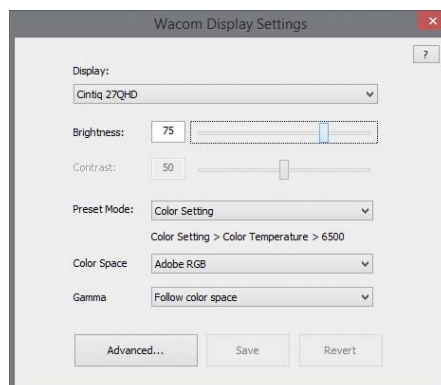
**?** Wenn mein LCD-Tablet Wacom Cintiq 27 QHD aus dem Standby aufwacht, hat das Display immer mal wieder einen massiven Blaustich. Nach einem Neustart ist wieder alles gut. Gibt es einen einfacheren Weg, den Farbstich zu beseitigen?

**!** Das geschilderte Problem tritt nur auf, wenn das Cintiq über den DisplayPort-Anschluss am Rechner hängt. Das ist aber ausgerechnet der bevorzugte Betriebsmodus, weil sich nur so die volle 10-Bit-Farbtiefe ausreizen lässt.

Wer auf den erweiterten Farbraum verzichten kann, weicht dauerhaft auf den HDMI-Anschluss aus und spricht das Gerät über Dual-Link-DVI an. Dann haben Sie zwar nur 8-Bit-Farbtiefe, sehen beim Aufwachen des Displays aber nicht mehr Blau.

Anderenfalls bleibt nur ein Workaround, der glücklicherweise nur Sekunden dauert: Rufen Sie über die rechte Taste am rechten oberen Rand des LCD-Tablets die Display-Eigenschaften auf. Im daraufhin unten links erscheinenden Dialog merken Sie sich die aktuelle Helligkeitsstufe, zupfen den Regler ein bisschen zur Seite und stellen dann den ursprünglichen Wert wieder her. Schon beim ersten Zupfen sollte der Blauschleier verschwinden.

Wacom stellt bisher kein Firmware-Update oder eine sonstige anhaltende Lösung bereit. Sie müssen den Workaround also jedes Mal durchführen, wenn der Blaustich auftritt. (ghi@ct.de)



Wenn das Display des Wacom Cintiq 27 QHD blaumacht, reichen zwei Zupfer an den Helligkeitseinstellungen, um die Farben wieder geradezurücken.

## Ganze Verzeichnisse von Webservern herunterladen

**?** Ich will mehrere PDFs von einem Webserver herunterladen, der ein Verzeichnis-Listing anzeigt. Kann man das automatisieren oder muss ich jede Datei einzeln anklicken?

**!** Mit GNU Wget (verfügbar für Windows, Mac und Linux; siehe c't-Link) lassen sich rekursiv Dateien von einem Webserver abrufen:

```
wget -A pdf -m -p -E -np -e robots=off [URL]
```

Dieses Beispiel lädt alle PDFs herunter. Damit eine eventuell vorhandene robots.txt das Programm nicht vom Download abhält, müssen Sie -e robots=off an Wget übergeben. Die restlichen Optionen lauten:

- A pdf: auf PDF filtern und nur diese speichern
- m: Verzeichnisstruktur übernehmen
- p: Fortschrittsanzeige
- E: liefert ein Pfad text/html ohne passende Endung, hängt Wget die Endung .html an
- np: Verzeichnisstruktur nur nach unten durchlaufen, nicht in ein höheres Verzeichnis wechseln

Weitere Erklärungen der Optionen liefert die Anleitung im c't-Link.

(Kai Wasserbäch/thl@ct.de)

**ct** Download und Dokumentation: [ct.de/ywtc](http://ct.de/ywtc)

## Admin-Konsole per Rechtsklick im Windows Explorer

**?** Wenn ich im Windows Explorer einen Ordner oder einen Laufwerksbuchstaben mit der rechten Maustaste anklicke und dabei die Umschalt-Taste gedrückt halte, enthält das Kontextmenü zusätzlich den Befehl „Eingabeaufforderung hier öffnen“. Ich hätte an dieser Stelle gerne die zusätzliche Möglichkeit, eine Eingabeaufforderung mit Administratorrechten im aktuellen Ordner zu starten. Kann man das nachrüsten?

**!** Ja, das funktioniert mit ein paar Registry-Einträgen. Navigieren Sie dazu im Registrierungseditor regedit zum Schlüssel HKEY\_CLASSES\_ROOT\Directory\shell. Hier erstellen Sie einen neuen Unterschlüssel und nennen ihn – das ist der wesentliche Trick – runas. In seinen (Standard)-Wert tragen Sie ein, welchen Befehl der Explorer im Kontextmenü anzeigen soll, etwa „Eingabeaufforderung mit Admin-Rechten“. Damit der Menüeintrag beim Rechtsklick auf einen Ordner nur er-



scheint, wenn Sie die Umschalt-Taste gedrückt halten, legen Sie einen neuen Zeichenfolgen-Wert namens Extended an; sein Inhalt kann leer bleiben.

Unter runas brauchen Sie nun noch einen Unterschlüssel mit dem Namen command. In dessen (Standard)-Wert gehört die Befehlszeile zum Öffnen der Eingabeaufforderung im aktuellen Ordner:

```
cmd.exe /s /k cd /d "%V"
```

Dabei entwirrt die Option /s mögliche doppelte Anführungszeichen bei Ordernamen mit Leerzeichen. /k führt alles Folgende als ersten Befehl in der neuen Konsole aus. Die Option /d weist cd an, bei Bedarf auch das Laufwerk zu wechseln; das %V ersetzt der Explorer beim Aufruf durch den Ordernamen.

Bis hierher funktioniert der neue Befehl nur, wenn ein Ordner ausgewählt ist. Damit er auch im Kontextmenü von Laufwerken erscheint, wiederholen Sie die gesamte Prozedur im Schlüssel HKEY\_CLASSES\_ROOT\Drive\shell. Ein Neustart des Explorers ist nicht nötig; die neuen Befehle sollten sofort zur Verfügung stehen. (hos@ct.de)

## Gramofon funktioniert mit der AllPlay-App nicht

**?** Ich habe den günstigen Streaming-Musikplayer Gramofon gekauft, um meine Musik nach dem AllPlay-Protokoll an meine Lautsprecher über DLNA/UPnP AV zu streamen. Allerdings verschluckt sich die AllPlay-App an großen Musiksammlungen mit der Meldung „No items found“.

**!** Tatsächlich wirkt Qualcomms eigene Player-App an vielen Stellen wie eine Demo. Vermutlich dauert die Aufbereitung des Musikindex so lange, dass die App einen Timeout erhält – und fälschlicherweise „No

items found“ ausgibt. Glücklicherweise ist man nicht auf Qualcomms App angewiesen, um AllPlay-Lautsprecher anzusteuern. Bei uns hat es mit der App von Musaïc geklappt (siehe c't-Link), Musik aus einer rund 20 000 Songs umfassenden Bibliothek abzuspielen. Statt auf Musaïc können Sie auch auf Apps anderer Anbieter AllPlay-kompatibler Hardware ausweichen (<https://www.qualcomm.com/products/allplay/platform>), die ebenfalls mit Gramofon zusammenspielen sollten. (vza@ct.de)

**ct** AllPlay-Apps von Drittanbietern: [ct.de/yjgk](http://ct.de/yjgk)



„No items found“: Ist die Musiksammlung zu groß, streikt die offizielle AllPlay-App von Qualcomm mitunter.

## Firmware auf Foscam-Kameras ersetzen

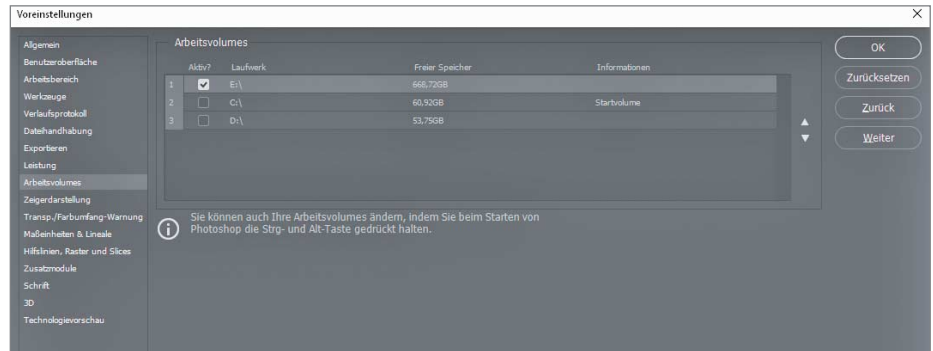
**?** Ich habe zwei Kameras von Foscam im Betrieb, die FI19900P und die R2. Beide hatte ich schon vor dem Artikel „Passwort-Petze“ aus c't 4/16 installiert, zugegebenermaßen mit etwas Bauchgrummeln. Was kann man nachträglich tun, um die Kameras abzusichern?

**!** Sie sollten zunächst in der Foscam-App die Einträge für beide Kameras löschen. Diesen Schritt müssen Sie machen, bevor Sie die App entfernen, da später zur Kamera kein Kontakt mehr möglich ist. Danach löschen Sie die Foscam-App und installieren eine alternative IP-Kamera-App. Anschließend richten Sie für beide Kameras die Kindersicherung ein. Diese erlaubt lediglich die Kommunikation über den TCP-Port 443 – dort arbeitet der HTTPS-Server der Kameras. Um die Kamera auch von unterwegs erreichen zu können, könnten Sie eine Portweiterleitung im Router einrichten. Damit haben aber Fremde Zugriff auf den Webserver der Kamera. Mit einem VPN-Zugang hingegen ist sie vor fremden Zugriffen geschützt. (mid@ct.de)

## Photoshop findet Laufwerke nicht

**?** Ich habe für Adobe Photoshop als Arbeitsvolume extra eine SSD in meinen PC eingebaut. Im Menü Bearbeiten/Voreinstellungen/Leistung kann ich zwar Arbeitsvolumes auswählen, beim normalen Start bietet mir Photoshop aber stets nur die Laufwerke C: und D: an. Erst wenn ich Photoshop als Administrator starte, steht auch das Volume E: als Arbeitsvolume zur Wahl. Das bedeutet aber, dass ich Photoshop nicht über den Doppelklick einer PSD-Datei star-

Anzeige



## Wenn Photoshop Laufwerke nicht als Arbeitsvolumen erkennt, stimmt etwas mit den Nutzungsberechtigungen nicht.

ten kann, da es dann nicht im Administrator-Modus startet.

**!** In Photoshops Voreinstellungen lassen sich Laufwerke in selbst gewählter Reihenfolge für Auslagerungsdateien festlegen. In älteren Versionen findet man die Funktion im Bereich Leistung, in neueren gibt es einen eigenen Eintrag für Arbeitsvolumen. Anscheinend findet Photoshop das gewünschte Laufwerk nicht, weil Ihrem Benutzerkonto die nötigen Rechte fehlen. Wenn Sie Laufwerk E: im Explorer öffnen und über einen Rechtsklick die Eigenschaften anzeigen, sehen Sie unter „Erweitert“, welche Rechte die einzelnen Nutzer besitzen. Wenn Sie dem gewünschten Windows-Benutzer dort Vollzugriff auf das Verzeichnis gewähren, findet Photoshop auch das Laufwerk. (akr@ct.de)

Unterschied zur Version für Privatanwender. Ist das noch zeitgemäß? Oder ist es womöglich sogar besser, wenn ein Antiviren-Produkt verschlüsselte Downloads und Webseiten nicht direkt analysiert?

**!** Ein SSL-Filter kann durchaus zusätzlichen Schutz bieten. Die Frage ist, ob diese Funktion zu den Aufgaben eines Antiviren-Programms gehören sollte. Verschlüsselte Downloads kann ein lokal installierter Virenwächter genauso gut beim Schreiben auf die Festplatte scannen wie über einen SSL-Filter. Die Bedrohung nimmt nicht zu, wenn die Überprüfung erst auf dem Rechner stattfindet.

Verschlüsselte Phishing- und Malware-Webseiten lassen sich auch über ein Schutzmodul innerhalb des Browsers überprüfen, ohne dass sich der Virenschutz dafür als Man-in-the-Middle in die Verbindung einklinken müsste. Ähnliches gilt für E-Mail. Bis vor einigen Jahren arbeiteten auch noch die meisten Virenwächter nach diesem Muster.

SSL-Filter sind aus einem einfachen Grund in Mode gekommen: Virenschutz-Hersteller sehen darin die Möglichkeit, sich die Entwicklung Browser-spezifischer Plug-ins zu sparen. Die schnellen Versionssprünge von Chrome und Firefox führten in den vergangenen Jahren zu einem Katz-und-Maus-Spiel: Jedes größere Browser-Update deaktivierte die Virenschutz-Erweiterung, weil ihre Signatur nicht mehr passte. Kaum aber hatte der AV-Hersteller das Plug-in aktualisiert, folgte das nächste Browser-Release.

Ist ein SSL-Filter schlampig umgesetzt, kann das ein zusätzliches Sicherheitsrisiko bedeuten. Gefährdet ein Viren-Scanner die Sicherheit verschlüsselter Verbindungen, ist das nicht akzeptabel. Probleme in dieser Richtung gab es beispielsweise bei Kaspersky und Eset.

Hinzu kommt, dass ein SSL-Filter ständig angepasst werden muss, um auf dem Stand der Technik zu bleiben – so, wie es die Browser-Hersteller auch tun. Von den Browser-Entwicklern ist bekannt, dass sie mittlerweile recht sorgfältig und flott arbeiten, weil ihr Ruf davon abhängt. Bei vielen Antiviren-Herstellern scheint diese Lektion noch nicht ganz angekommen zu sein.

(ju@ct.de)

## Online-Banking auf dem iPad

**?** Ich habe ein iPad und würde gerne wissen, ob hierfür Virenprogramme, eine Firewall oder ähnliches notwendig oder empfehlenswert sind? Ich will über das iPad auch Online-Banking nutzen.

**!** Für ein iPad benötigen Sie keine zusätzliche Software wie Antiviren-Programme oder eine Firewall. Aber ein paar Gedanken zur Sicherheit sind durchaus sinnvoll:

Online-Geldgeschäfte sollte man nicht in unsicheren, öffentlichen Netzen erledigen – etwa am Flughafen. Sie sollten dem Betreiber und den anderen Nutzern im WLAN vertrauen können. Der beste Ort für Online-Bankgeschäfte ist das eigene Heim-Netz. Darüber hinaus sollte nicht das gleiche Gerät (mobile) TANs empfangen, mit dem Sie auf Ihre Konten zugreifen. (ju@ct.de)

## Antiviren-Software ohne SSL-Filter

**?** Die Unternehmensversionen vieler Virenschutzpakete verzichten teilweise darauf, den SSL-Verkehr mit einer eigenen CA (Certificate Authority) im System zu entschlüsseln. So installiert beispielsweise G Data Antivirus Business keine SSL-CA, im

Anzeige

## 3D-Drucker RepRap extrudiert zu viel

**?** Mein 3D-Drucker RepRap produziert meistens Drucke in guter Qualität. Bei einer Wandstärke von etwa drei Millimetern extrudiert er aber deutlich zu viel Material, was zu verformten Drucken und unangenehmem Rattern beim Druck führt. Woran liegt das? Ich erzeuge den G-Code mit Slic3r.

**!** Slic3r versucht bei 3D-Drucken auch dann Infill zu drucken, wenn die Wandstärke nicht genug Platz dafür bietet. Dadurch baut sich ein Plastikwulst in der Wand auf, der nach einigen Schichten auch die Außenseite der Wand verformt. Das Rattern kommt daher, dass die Düse über das erkaltete Filament schleift, das sich nach oben herausdrückt.



**Slic3r versucht selbst dann Infill zu drucken, wenn nicht genug Platz dafür ist. Dadurch baut sich ein Wulst auf, der den 3D-Druck verformt.**

Das Problem entsteht genau dann, wenn die Wanddicke für alle Kunststoffbahnen entlang der Wand genug Platz lässt, der Zwischenraum aber zu schmal für eine einzelne Bahn Infill ist. Bei dünneren Wänden versucht Slic3r nicht, sie mit Infill zu stabilisieren. Auch wenn die Wand dicker ist, tritt das Problem nicht auf, weil ja genug Platz für das Infill ist. Wenn Sie das Design nicht verändern wollen, können Sie den G-Code mit einem anderen Programm erzeugen, wie beispielsweise Cura. Dort tritt das Problem nicht auf. (jme@ct.de)

## Xeon-Prozessor im PC

**?** Für meinen Selbstbau-PC brauche ich keinen Prozessor mit integrierter GPU. Angeblich kann man statt eines Core i5 oder i7 auch einen Xeon verwenden. Davon gibt

es Versionen, die mit Hyper-Threading und größerem Cache billiger sind als ein Core i7. Läuft ein Xeon auch auf gewöhnlichen Desktop-PC-Mainboards?

**!** Einige Xeons laufen auch in Mainboards für Desktop-Prozessoren – die aktuellen Skylake-Xeons gehören nicht mehr dazu. Die Prozessoren der Baureihe Xeon E3-1200 v5 benötigen ein LGA1151-Mainboard mit dem Chipsatz C232 oder C236. Mit den Chipsätzen Z170, Q170, H170, Q150, B150 und H110 funktionieren die Skylake-Xeons nicht. Deshalb haben Mainboard-Hersteller wie Asus, Asrock, Gigabyte und MSI auch C232- und C236-Mainboards für Desktop-PCs im Angebot: Diese sind billiger als Boards für Server und Workstations. Manche dieser Desktop-Xeon-Mainboards verzichten jedoch auf Server-Features wie den ECC-Fehlerschutz des RAM.

Bis zur Haswell-Generation (Xeon E3-1200 v3) liefen Xeons auf vielen LGA1150- und LGA1155-Mainboards mit Desktop-PC-Chipsätzen, sofern das jeweilige BIOS den Xeon unterstützt – Details verrät die CPU-Support-Liste des Board-Herstellers. Bei den Haswell-Boards gibt es aber auch keinen ECC-Fehlerschutz. Meist sind aktuelle Skylake-CPU's für den Desktop schneller und stromsparender als ältere Haswell-Xeons für den gleichen Preis.

Ob die zusätzlichen Funktionen eines Xeon in der Praxis überhaupt Vorteile bringen, hängt von der Nutzungsweise ab. Hyper-Threading bringt etwa nur mit gut optimierter Multi-Thread-Software nennenswerte Vorteile. Den billigsten Xeons fehlt Hyper-Threading sogar ganz. 8 statt 6 MByte L3-Cache machen sich ebenfalls nur selten als Mehrleistung bemerkbar. Von der Leistungsaufnahme her konnten wir in Tests keine relevanten Unterschiede zwischen einem Core i5 oder i7 mit nicht genutzter GPU und einem Xeon ohne GPU ausmachen. In der Rechenleistung unterscheidet sich ein Xeon nicht von einem Core i5 oder Core i7 mit gleicher Basis- und Turbo-Taktfrequenz sowie mit gleich großem Cache.

Nachteilig ist bei den Xeons, dass es keine „K“-Typen mit entsperrtem Multiplikator gibt. Bei vielen Anwendungen dürfte ein leicht übertakteter Core i5-6600K ohne Hyper-Threading etwas schneller sein als ein 30 Euro teurerer Xeon E3-1230 v5 mit Hyper-Threading und etwas größerem Cache, der aber etwas niedriger taktet. (ciw@ct.de)

Anzeige

### Xeon-E3-Generationen

Prozessorfamilie	Fassung	Codename	passende Chipsätze		
			Codename	ECC-tauglich	Desktop-PC-Versionen <sup>1</sup>
Xeon E3-1200 v5	LGA1151	Skylake	Sunrise Point	C236, C232	– (von Intel blockiert)
Xeon E3-1200 v4 <sup>2</sup>	LGA1150	Broadwell	Lynx Point	C226, C224, C222	Z97, H97
Xeon E3-1200 v3	LGA1150	Haswell	Lynx Point	C226, C224, C222	Z87, H87, Q87, H85, B85, H81
Xeon E3-1200 v2	LGA1155	Ivy Bridge	Panther Point	C216	Z77, Z75, H77, Q77, Q75, B75
Xeon E3-1200	LGA1155	Sandy Bridge	Cougar Point	C206, C204, C202	Z68, P67, Q67, Q65, B65, H61

<sup>1</sup> Auf Mainboards mit Desktop-PC-Chipsätzen laufen Xeons nur, wenn es der Board-Hersteller in der CPU-Support-Liste vermerkt.

<sup>2</sup> Von den Broadwell-Xeons gibt es nur drei Typen, die keine große Verbreitung erreichten.

Außer der Xeon-E3-Familie gibt es noch die Baureihen E5 und E7 und darin jeweils Untergruppen für LGA2011-Boards

# FAQ

Nico Jurrán

## Ultra HD Blu-ray

### Antworten auf die häufigsten Fragen

#### Bildqualität

**?** Ich habe gelesen, dass auf der Ultra HD Blu-ray ultrahochauflöste Videos mit einer Bildwiederholrate von 60 Hertz gespeichert werden. Sehen sie dadurch besser aus als die aktuelle UHD-Versionen, die Video-on-Demand-Dienste wie Amazon oder Netflix bereitstellen? Die Streams laufen ja nur mit 24 Bildern pro Sekunde.

**!** Die maximale Wiederholrate von 60 Hertz bei Ultra HD Blu-ray (UHD-BD) wird oft mit Filmen in Verbindung gebracht. Filme werden jedoch auch in 4K-Auflösung üblicherweise mit 24 Bildern pro Sekunde gedreht – und sind auch in dieser Form auf den neuen Scheiben gespeichert. Das UHD-Videoformat 2160p60 (3840 × 2160 Pixel) mit 60 Hertz ist vor allem für TV-Produktionen wie Mitschnitte von Sportereignissen oder Shows gedacht.

Dennoch können auch ultrahochauflöste Filme von UHD-BD besser aussehen als bei VoD-Diensten: Das neue Disc-Format nutzt zwar den gleichen Codec (HEVC/H.265), arbeitet aber mit erheblich höheren Bandbreiten, was die 4K-Filme schonender komprimiert.

Zudem wollen Studios und Industrie die ultrahohe Auflösung von UHD-BD und -VoD mit einem erhöhten Kontrast (High Dynamic Range, HDR) und einem erweiterten Farbraum kombinieren. Dadurch sollen die Bilder wesentlich plastischer aussehen als man es bislang gewohnt ist. Voraussetzung ist allerdings, dass die Beamer und Fernseher HDR und den erweiterten Farbraum ausgeben können.

#### Surround-Sound-Formate

**?** Stimmt es, dass mit der Ultra HD Blu-ray neue Tonformate eingeführt werden? Ich habe gehört, dass Filmstudios dort Scheiben mit Dolby-Atmos-Ton herausbringen wollen.

**!** Tatsächlich hat 20th Century Fox angekündigt, Filme auf Ultra HD Blu-ray erstmals mit einem oder mehreren der neuen Surround-Formate Dolby Atmos, DTS:X und Auro-3D zu veröffentlichen. Diese Formate liefern zusätzlich zum 5.1- oder 7.1-Setup auf Ohrhöhe Höhenkanäle, die über an oder direkt unter der Decke montierte Lautsprecher wiedergegeben werden.

Dies ist jedoch reines Marketing: Fox möchte damit unterstreichen, dass die UHD Blu-ray die höchste Bild- und Tonqualität liefert. Eine technische Notwendigkeit besteht für diesen Schritt nicht: Diese Rundum-

Sound-Formate lassen sich genauso bei Blu-rays verwenden – wovon Studios wie Studio Canal, Universal und Warner auch bereits Gebrauch machen.

#### Player-Verkaufsstart

**?** Ich habe mir bereits einen UHD-Fernseher gekauft und würde das Gerät gerne ausreizen. Wann werden denn Player und Filme erhältlich sein und was werden diese kosten?

**!** Die ersten UHD-BD-Player und -Scheiben sollen Ende März in Deutschland erhältlich sein. Den Anfang wird wahrscheinlich Samsung mit dem Modell UBD-K8500 zu einem Listenpreis zwischen 400 und 500 Euro (inklusive der Ultra HD Blu-ray „Der Marsianer“) machen. Anfang April will Panasonic mit dem Player DMP-UB900 folgen. Das Gerät ist mit einem offiziellen Verkaufspreis zwischen 700 und 800 Euro deutlich teurer, enthält dafür unter anderem aber einen Surround-Decoder für bis zu 7.1 Kanäle.

In den USA sollen zum Start circa 25 Titel von 20th Century Fox, Lionsgate, Sony und Warner auf Ultra HD Blu-ray verfügbar sein. Aktuell gehen wir davon aus, dass davon auch hierzulande ein großer Teil angeboten wird. Die Listenpreise der Discs, die üblicherweise zusammen mit der Blu-ray-Fassung ausgeliefert werden, dürften anfangs zwischen 30 und 40 Euro liegen. Im US-Vorverkauf sind mittlerweile aber bereits Titel für umgerechnet unter 25 Euro zu bekommen.

#### UHD Blu-ray auf Full-HD-TVs

**?** Ich plane den Kauf eines neuen Players und würde im Hinblick auf Zukunftssicherheit gerne zu einem Modell greifen, das Ultra HD Blu-ray Discs abspielt. Aktuell habe ich aber noch einen Full-HD-Fernseher – und eine große Sammlung an DVDs und Blu-rays Discs. Daher wüsste ich gerne, ob sich der Player an meinem Fernseher betreiben lässt, und diese Disc-Formate abspielt.

**!** Nach derzeitigem Kenntnisstand geben die neuen Player Ultra HD Blu-rays auch an gewöhnlichen HD-Fernsehern wieder – in der Auflösung 1080p (1920 × 1080 Pixel). So haben Sie keine Qualitätseinbußen gegenüber einem Blu-ray-Player. Auch für ältere Ultra-HD-Fernseher, die keinen mit dem Kopierschutz HDCP 2.2 geschützten HDMI-Eingang haben, liefern die Ultra-HD-Player Videos in 1080p-Auflösung.

Zumindest bei den ersten UHD-BD-Playern gibt es gegenüber den aktuellen Wiedergabegeräten auch keine Einschränkungen bezüglich der Medienwiedergabe: Die Player von Panasonic und Samsung spielen nach Angaben der Hersteller auch Blu-ray Discs, 3D-Blu-rays, DVDs und Audio-CDs ab.

#### Regionalcode

**?** Ich schaue mir Filme lieber in der Originalfassung an – und ärgere mich daher immer wieder über ausländische DVDs und Blu-rays mit „Regionalcode“, die sich auf meinem deutschen Player nicht wiedergeben lassen. Nun habe ich gelesen, dass es diesen bei der UHD-Blu-ray nicht mehr geben wird.

**!** Das ist korrekt, diese Abspielsperre entfällt bei der Ultra HD Blu-ray komplett. Sie können künftig also beispielsweise aus den USA importierte UHD-Blu-rays problemlos auf deutschen Playern abspielen.

Beachten Sie aber, dass eventuell ebenfalls beiliegende Blu-ray Discs weiterhin einen Regionalcode haben können und dass auch die neuen UHD-Blu-ray-Player die Sperren von Blu-ray Discs und DVDs beachten.

#### AV-Receiver

**?** Ich möchte mir für die Ultra HD Blu-ray einen neuen Fernseher kaufen, vorerst aber für die Tonausgabe meinen alten Audio/Video-Receiver weiterverwenden. Der hat aber noch keinen passenden HDMI-Eingang. Komme ich ohne einen neuen Receiver aus?

**!** Wenn der UHD-BD-Player einen optischen Digitalausgang (SPDIF) bietet, können sie ihren alten AV-Receiver auf diesem Weg mit dem neuen Zuspeler verbinden. Bei den bisher angekündigten Playern ist das der Fall. Dabei bleiben aber HD-Audioformate wie DTS-HD Master Audio oder True HD auf der Strecke.

Da sich Panasonic und Samsung dieses Problems bewusst sind, haben die Hersteller ihren UHD-BD-Playern eine zweite HDMI-Buchse spendiert, die den Ton separat ausgibt. Sie lässt sich an allen AV-Receiver nutzen, deren HDMI-Eingang keine UHD-Video-signale entgegennimmt oder die den nötigen Kopierschutz HDCP 2.2 nicht unterstützen.

So können Sie alle Tonformate nutzen – und müssen lediglich darauf verzichten, Ihren AV-Receiver als Video-Schaltzentrale zu verwenden. (njj@ct.de)



Anzeige



Martin Reche

# Malen nach Fraktalen

Kleine Computerkünstler mit PC und Tablet

**Beim Begriff „Computergenerierte Kunst“ rutscht dem Künstler schon mal vor Schreck der Pinsel von der Palette. Zu Unrecht: Denn mit kleinen Programmen und großer Experimentierfreude zaubern Sie gemeinsam mit Ihrem Kind spektakuläre Bilder. Und das ganz ohne künstlerische Vorkenntnisse.**

**W**as verbindet den Mathematiker Benoît Mandelbrot und einen Blumenkohl der Sorte „Romanesco“? Mandelbrot prägte den Begriff „Fraktal“, der bestimmte geometrische Muster auf Grundlage der sogenannten Komplexen Zahlen bezeichnet. Deren Besonderheit ist die sogenannte Selbstähnlichkeit: Wenn man in das Bild eines Fraktals

hineinzoomt, stellt man fest, dass sich dessen Struktur – verkleinert – wiederholt. Ein Romanesco-Kohlkopf ist ein anschauliches Beispiel für fraktale Strukturen in der Natur: Etliche Teile sind spiralförmig angeordnet, von denen jedes wieder aussieht wie ein Miniatur-Romanesco. Die Mathematik hinter Fraktalen ist sehr anspruchsvoll. Man muss sie aber

nicht nachvollziehen können, um Spaß mit den faszinierenden Bildern zu haben, die sich damit berechnen lassen. Am PC lassen sich Fraktale berechnen und durch millionenfache Wiederholungen (Iterationen) am Monitor zu spektakulären Bildern arrangieren. Passende Programme gibt es auch für Tablets – auf Smartphones machen die Apps

aufgrund der vergleichsweise kleinen Displays wenig Spaß.

Die Motive kristallisieren sich während des kreativen Ausprobierens und Experimentierens mit Formen, Farben und Algorithmen heraus. Ihr Kind gelangt selbst ohne Mal- oder Zeichenkenntnisse zu beeindruckenden Werken. Deren Strukturen können an Schneeflocken, entfernte

Galaxien und schroffe Gletscherlandschaften erinnern. Aber auch dynamisch umschlungene Formen oder schwebende Figuren lassen sich mit Computer oder Tablet berechnen. Besonders gelungene Bilder können Sie auf Leinwände, T-Shirts oder Tassen verewigen und als Desktop-Hintergrund setzen.

## Fraktale Fingerübungen

Schnell und einfach lassen sich starke Bilder über iPad-Apps erzeugen. Vor allem für jüngere Kinder ist das ein großer Spaß, da sie ohne viel elterliche Hilfe zu ersten Ergebnissen kommen.

Im App Store gibt es das mit vier Euro nicht ganz günstige, aber dafür einfach zu bedienende Frax HD. Das Programm bringt 198 hochaufgelöste Vorlagen mit, aus denen man mit Tipp- und Wischgesten individuelle Bilder formt. Hier stehen kräftige Farben und verschlungene Formen im Vordergrund. Einige Vorlagen erinnern an Gletscherlandschaften oder ferne Planeten, andere an Seepferdchen und wieder andere an Farne und Blätter aus dem Regenwald. Sollte das Angebot nicht reichen, entwirft man im Editor „Frax Bauen“ eigene Vorlagen.

Lassen Sie Ihr Kind per Fingerwisch durch die fraktalen Landschaften einer der Vorlagen reisen. Alternativ fährt es durch Neigen und Kippen des Tablets durch die bunte Welt. Mit einem Fingertipp stoppt es erst dort, wo

es spannende Strukturen entdeckt. Per Zweifinger-Zoom geht die Entdeckungsreise weiter; für den optimalen Bildausschnitt dreht es das Bild – ebenfalls per Zweifingergeste. Ein anschließender Fingertipp fixiert das Motiv. Im nächsten Schritt helfen Sie Ihrem Kind, Farben, Lichter und Texturen auszurichten.

Die Farben justieren Sie, indem Sie den Farbmodus aktivieren und Ihr Kind mit einem oder zwei Fingern über das Display streichen lassen. Lichtakzente setzen Sie auf ganz ähnliche Weise. Dabei lässt sich das Licht nuanciert dimmen oder ganz gezielt auf bestimmte Bereiche des Bildes lenken. Im letzten Schritt der Bildgestaltung geht es darum, die Texturen zu optimieren. Ist das Bild im Kasten, speichern Sie es mit einem Tipp auf das Symbol im Bildrand rechts oben. Oder Sie fertigen einen Screenshot an, indem

Sie gleichzeitig die Powertaste und den Homebutton drücken. Die Auflösung entspricht in beiden Fällen der Displayauflösung des iPads. Fertige Bilder lassen sich direkt aus der App per Mail verschicken, in die Cloud laden oder mit Freunden auf Facebook, Instagram & Co. teilen.






## Paranoid Fractoid

Besitzer eines Android-Tablets brauchen kein Geld auszugeben, um in den Genuss guter Fraktal-Programme zu kommen. „Fractoid“ gibt es kostenlos im

## Der c't-Tipp für Kinder und Eltern



### Fraktale Kunst an Tablet und PC

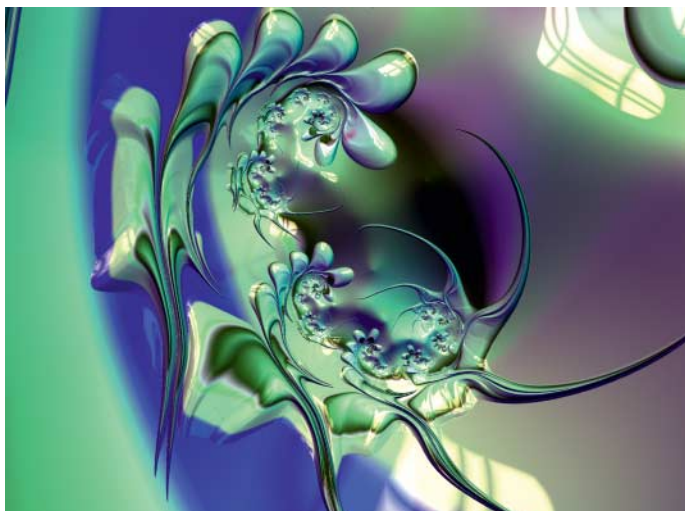
-  Windows-PC, Android-Tablet oder iPad
-  Grundkenntnisse in der PC-Bedienung, erste Englischkenntnisse von Vorteil
-  Ein einfaches Bild ist in wenigen Minuten erzeugt.
-  Vor allem mit den Apps können bereits Kinder unter sechs Jahren zusammen mit den Eltern erste Bilder anfertigen.
-  Die meisten Programme für Windows-PCs und Android-Tablets sind kostenlos. Für iOS sollten Sie rund vier Euro einplanen.

Play Store. Fractoid erfordert keine besonderen Rechte vom Tablet-Inhaber – eine sympathische Seltenheit in der Welt der Apps, denen es sonst häufig nach Kontakten, Dateizugriff oder GPS-Daten düstet. Einziger Kritikpunkt: Unser betagtes Google Nexus 10 genehmigte sich während der komplexen Bildberechnungen immer mal wieder ein paar Sekunden Bedenkzeit.

Nach dem Start der App begrüßt Sie ein Apfelmännchen. Dabei handelt es sich um die Grundform eines Fraktalbilds, die einem aufgeschnittenen Apfel samt Kerngehäuse ähnelt. Möchte Ihr Kind mit einer anderen Form experimentieren, tippen Sie auf das Symbol mit den drei Punkten am Bildschirmrand rechts unten. „Change Equation“ ändert die Berechnung der Grundform des Fraktals. Lassen Sie sich nicht von den seltsamen Bezeichnungen und kryptisch

aussehenden Formeln verunsichern. Experimentieren Sie mit den unterschiedlichen Formeln – ein Fingertipp reicht. Selber rechnen müssen Sie ebenso wenig wie bei den anderen Programmen. Aus den Formeln berechnet die App vielfältige Ausgangsformen zur Bildkomposition: „Burning Ship“ erinnert an eine Insellandschaft aus der Vogelperspektive; Phoenix Julia weckt Erinnerungen an Tribal-Tätowiermuster. Nachdem Sie die passende Form für Ihr Kind eingerichtet haben, gestalten Sie über „Change Algorithm“ Motiv und Hintergrund weiter um.

Wenn Sie mit Motiv und Hintergrund zufrieden sind, legen Sie den Bildausschnitt fest. Auf der Suche nach spannenden Formen und Strukturen navigieren Sie in die Randbereiche des Fraktals. Mit zwei Fingern zoomen Sie in das Bild ein. Wollen Sie weniger oder mehr Verästelungen



Vor allem für kleinere Kinder eignet sich die iOS-App Frax HD richtig gut, mit der (fast) immer spannende Bilder entstehen.



Eine der Vorlagen von Frax HD generiert Strukturen, die an Polarlichter erinnern.





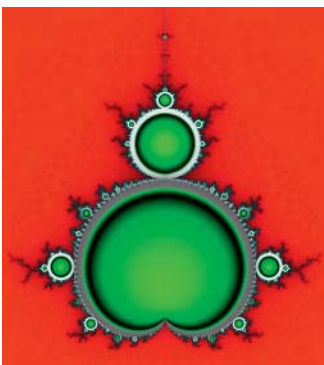
Bei der Android-App Fractoid lassen sich die Verästelungen an den Randbereichen über „Change Max Iterations“ anpassen. Die Anzahl der Wiederholungen der Fraktale liegt links bei 50, beim rechten Bild bei 1010.

in den Radbereichen haben, experimentieren Sie mit Werten im Menüpunkt „Change Max Iterations“. Anschließend wählen Sie unter „Change Colors“ aus einem der neun Farbschemata ihren Favoriten aus. „Winter“ verleiht dem Bild eine eisige, verschneite Atmosphäre; „Camp Fire“ taucht die Szene in warme Rot- und Gelbtöne.

Ist das Bild fertig, können Sie es direkt aus der App per Mail verschicken, in sozialen Netzwerken verbreiten, als Hintergrundbild Ihres Tablets festlegen oder speichern.

## Von Äpfeln und Männchen

PC-Programme bieten deutlich mehr Gestaltungsspielraum als Apps, erfordern dafür mehr Fingerspitzengefühl bei der Bedienung. Das kostenlose deutschsprachige „Fractal“ eignet sich optimal für den Einstieg in die fraktale Kunst am Windows-PC.



Beim PC-Programm Fractal verbergen sich die spannendsten Strukturen an den Rändern des Apfelmännchens.

Nach dem Start begrüßt Sie, ähnlich wie bei Fractoid, ein Apfelmännchen. Es bildet den Ausgangspunkt ihres Bildes. Am besten geht Ihr Kind erst einmal mit dem Zoom-Werkzeug auf Entdeckungsreise. An den Randbereichen des Apfelmännchens offenbaren sich komplex verästelte Strukturen.

In unserem Beispiel haben wir den Randbereich im ersten Schritt um das 4000-fache vergrößert. Das geht über das Lupenwerkzeug nur mühsam, schneller mit zwei Mausklicks in den gewünschten Bereich. Die dort liegenden Strukturen erinnern an Schneeflocken. Um diese rot glühen zu lassen, stellen Sie am rechten Bildrand „Farbmodus 4“ ein. Anschließend ändern Sie die Farben auf „Rot + Cyan“.

Haben Sie keine Lust, mit dem Zoom auf lange Entdeckungsreisen zu gehen, können Sie das Ausgangs-Apfelmännchen mit wenigen Klicks in eine schwebende Figur verwandeln. Klicken Sie im Menü „Grafik/Punktdichte i<i>Max“ an, bekommt das Apfelmännchen menschliche Züge. Das wirkt besonders verblüffend, wenn Sie das Bild über „Grafik/>Grad gedreht“ um 90 Grad im Uhrzeigersinn drehen, bis Sie das Apfelmännchen direkt anschaut. Um die Konturen noch deutlicher auszuarbeiten, probieren Sie unter „Effekte“ Option 2 „Häufige Punkte hell statt dunkel darstellen“ aus. Heben Sie das Motiv vom Hintergrund ab, indem Sie den Schieberegler bei „nMin“ auf 14 setzen. Für eine möglichst detailreiche Abbildung experimentieren Sie mit den Lichteffekten. In unserem Beispiel haben sich Werte zwi-

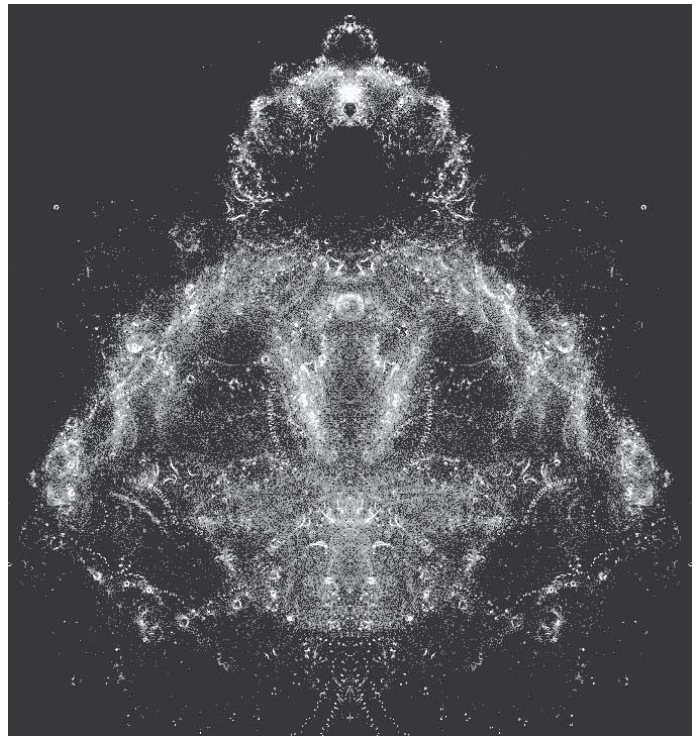
schen 20 und 30 bewährt. Nun bilden Haare, Taille und Arme eine Einheit. Das Fehlen der Beine bewirkt, dass die Figur zu schweben scheint.

## Flammende Fraktale

Wenn Sie mehr Kontrolle über die Bildberechnung haben wollen, installieren Sie die kostenlose Software Apophysis. Das kleine englischsprachige Programm hat bereits einige Jahre auf dem digitalen Buckel und generiert Fractal Flames. Wie der Name vermuten lässt, kann man mit

der Software feine Strukturen erschaffen, die an Flammen, Schleier oder Nebel erinnern. Apophysis bringt erheblich mehr Möglichkeiten der Bildmanipulation mit als Fractal – und das, obwohl das Programm nur wenige Megabyte auf der Festplatte belegt.

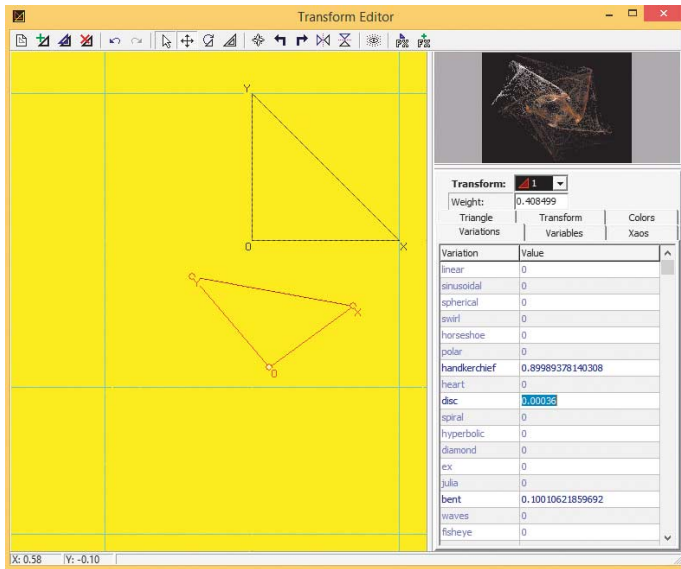
Wählen Sie im ersten Schritt eine der Vorlagen am linken Bildrand aus. Sollte der Ladevorgang sehr langsam vonstatten gehen, übersteigt die vorgegebene Render-Qualität die Fähigkeiten Ihres Rechners. Mit einem Wert von 15 erhalten Sie einen guten Kompromiss aus Arbeitsge-



Abgehoben: Mit dem PC-Programm Fractal lässt sich ein Apfelmännchen sogar in eine Figur mit menschlichen Zügen umwandeln; leichter Gruseffekt inklusive.



Anzeige



schwindigkeit und Abbildungsqualität, während Sie zusammen mit Ihrem Kind ein Motiv komponieren. Nach jedem Arbeitsschritt wird das Bild neu gerendert. Führen Sie zu viele Arbeitsschritte nacheinander aus, ohne die Zwischenresultate abzuwarten, arbeitet Apophysis diese stumpf nacheinander ab, ohne dass Sie eingreifen könnten. Achten Sie daher unbedingt auf die Dauer der Renderprozesse. Die wird am unteren Bildrand

eingblendet. Warten Sie am besten mit weiteren Eingaben, bis die Software den vorigen Arbeitsschritt erledigt hat.

Nachdem eine Vorlage geladen ist, gestalten Sie sie nach Ihren Wünschen um. Hinter dem Menüpunkt „Variation/Built-in“ verstecken sich Möglichkeiten, um das Ausgangsbild per Mausklick zu beeinflussen. Ein Klick auf die Variation „Julian“ zerreißt beispielsweise eine Vorlage mit Strudelgebilde

**Der unscheinbare Editor des PC-Programms Apophysis entpuppt sich als mächtiges Gestaltungswerkzeug, mit dem man sogar eigene Vorlagen erstellen kann.**

in einen Schwarm federähnlicher Strukturen. Aus einem Geflecht feiner Linien generiert „Popcorn“ eine in Nebel gehüllte Wolke mit Trapezen, Rechtecken und weiteren geometrischen Formen. Haben Sie eine Variation gefunden, die Ihnen gefällt, geht es ans Fein-Tuning. Öffnen Sie unter dem Menüpunkt „View“ den „Editor“. Dieses auf den ersten Blick unscheinbare Werkzeug eröffnet fast vollständige Kontrolle über die Bildkomposition. Um Bildinhalte zu verschieben, bewegen Sie im Koordinatensystem die Dreiecke hin und her. Das kann Ihr Kind nach kurzer Zeit auch. Eine Echtzeit-Vorschau verschafft den nötigen Überblick.

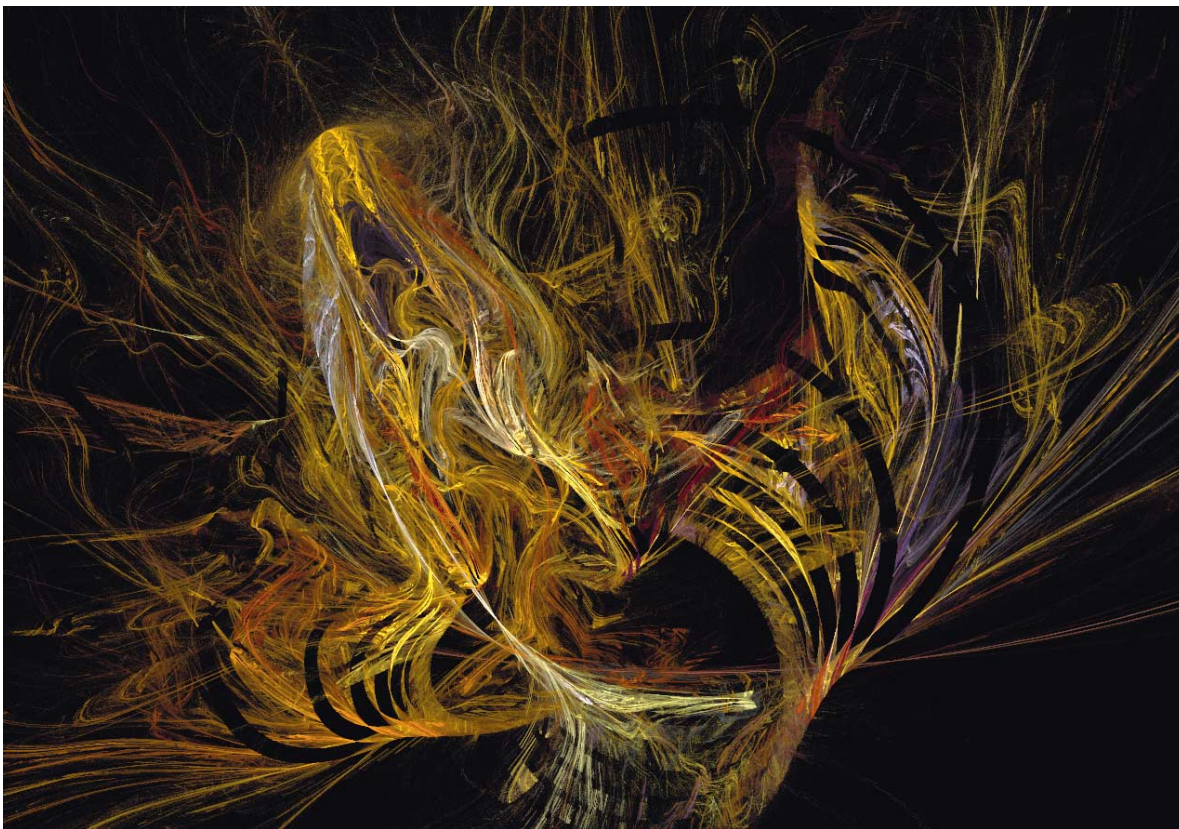
Mit dem Editor können Sie zudem verschiedene Variationen miteinander vermischen. Lassen Sie Ihr Kind dazu Zahlenwerte hinter den einzelnen Vorlagen eintragen und schauen Sie gemeinsam, welchen Einfluss

Anpassungen auf das Bild haben. Kombinieren Sie ausgiebig verschiedene Variationen und Werte. Haben Sie die Bedienung des Editors verinnerlicht, können Sie mit ihm neue Vorlagen über einen Klick auf „New blank Flame“ gestalten und abspeichern.

Im nächsten Arbeitsschritt legen Sie den optimalen Bildausschnitt fest. Der dafür zuständige Adjust-Dialog verbirgt sich im View-Menü und lässt sich alternativ mit F4 öffnen. Hier drehen Sie das Bild und legen zudem Farbgradienten sowie Bildgröße fest. Arbeiten Sie stets in kleinen Schritten und behalten Sie im Auge, wie lange Apophysis fürs Rechnen veranschlagt. Vor allem der Zoom kann selbst schnelle PCs zu Denkpausen zwingen.

Sind Sie mit dem Ergebnis zufrieden, rendern Sie das Bild als PNG-Datei auf die Festplatte. Dafür navigieren Sie ins „Flame“-Menü und wählen „Render to Disk“. Im anschließenden Dialogfenster legen Sie die Bildgröße und Qualität fest. Wollen Sie das Motiv später auf eine farbige Tasse oder ein T-Shirt drucken, speichern Sie es ohne Hintergrund. (mre@ct.de)

**ct** Apps und Programme für Computerkunst: [ct.de/y9qb](http://ct.de/y9qb)



**Was wie ein Ölbild aussieht, hat der Computer nach menschlichen Vorgaben berechnet.**

Anzeige

Dr. Michael Brenner

# Rechnen mit sieben Siegeln

## Verschlüsselt rechnen mit homomorpher Verschlüsselung

Eigentlich ist „Cloud“ nur ein schickes Wort für „anderer Leute Computer“. Cloud-Computing bedeutet demnach, seine Daten auf den Computern anderer Leute zu verarbeiten. In der Folge haben diese dann eine Kopie der Daten und natürlich auch der Ergebnisse, die oft Geschäftsgeheimnisse sind. Homomorphe Verschlüsselung kann das ändern.

Bisher werden Daten zwar beim Transport und zur Speicherung verschlüsselt, sie können aber nur im Klartext verarbeitet werden. Genau das will homomorphe Kryptografie ändern. Es geht dabei im Kern um das Rechnen mit verschlüsselten Daten, sodass diese im durchgehend verschlüsselten Zustand verarbeitet werden. Das wichtigste Einsatzgebiet dafür sind Cloud-Dienste und Cloud-Computing.

Durch eine effiziente Anwendung von homomorpher Kryptografie ließen sich sogar neue Geschäftsfelder erschließen. Klassisches Beispiel ist die Cloud-gestützte Verarbeitung von vertraulichen Medizindaten. Dies ist auch eines der Themen des aktuellen Forschungsrahmenprogramms Horizon 2020 der Europäischen Kommission.

Das Prinzip ist einfach: Weil die homomorphe Verschlüsselung die Struktur erhält, kann man die Daten verschlüsseln und mit dem Resultat weiterhin rechnen. Algebraisch homomorphe Systeme unterstützen die Addition und die Multiplikation. Als Resultat erhält man ein Ergebnis, das nur der Eigentümer der Daten mit seinem Schlüssel wieder dechiffrieren kann. Kompliziert wird es erst, wenn man die Details betrachtet.

### Die Herausforderung

Die größte Herausforderung ist dabei aktuell die Tatsache, dass die Anzahl von hintereinander durchführbaren Rechenschritten auf verschlüsselten Daten begrenzt ist. Der mathematische Hintergrund ist die etwas ungenaue Verschlüsselung einer Klartextzahl. Werden zwei verschlüsselte Zahlen addiert, vergrößert sich die Ungenauigkeit, auch Rauschen genannt. Nach der Entschlüsselung verschwindet das Rauschen wieder, das Ergebnis ist korrekt.

Die Multiplikation jedoch ist die alles entscheidende Operation. Bei vielen homomorphen Systemen vergrößert sie das Rauschen exponentiell mit der Anzahl der Operationen. Nach einer Multiplikation ist das Rauschen verdoppelt, nach der zweiten vervierfacht, dann verachtstacht und so fort. Ein zu stark verrauschter Chiffretext lässt sich aber nicht mehr vernünftig entschlüsseln und führt zu falschen Ergebnissen.

Will man ein unbeschränkt lauffähiges System (fully homomorphic), muss man die Daten zwischendurch entauschen. Das ist etwa mit dem sogenannten Bootstrapping durchaus möglich, es verschlingt aber im Vergleich zu den Nutzoperationen einen großen Teil der Rechenleistung. Mit einem nur teilweise homomorphen System lässt sich hingegen – bis zu einer bestimmten Komplexität – sehr effizient verschlüsselt rechnen.

### Aktive Forschung

Homomorphe Verschlüsselung ist ein Bereich aktiver Forschung; die Szene ist sehr dynamisch. Beinahe wöchentlich werden neue Ansätze vorgestellt, alte Ansätze verbessert und alle Ansätze anscheinend irgendwie miteinander verknüpft. Neben der Verbesserung der theoretischen Grundlagen wird auch mit hohem Aufwand an konkreten Umsetzungen gearbeitet.

Die entstandenen Implementierungen sind aber noch meilenweit von einer effizienten Einsatzfähigkeit oder gar Standards entfernt. Über die Benutzbarkeit der Implementierungen für nicht gerade Krypto-affine Entwickler hüllen wir lieber den Mantel des Schweigens. Als eine Art Referenz-Implementierung gilt derzeit die Bibliothek HELib von Shai Halevi und Victor Shoup, die allerdings immer noch reichlich komplex und schwierig zu benutzen ist.

Anfang Dezember hat nun Microsoft Research ihre Simple Encrypted Arithmetic Library – kurz SEAL – veröffentlicht. Dabei

kommt ein Kryptosystem namens YASHE zum Einsatz, mit dem sich bisher nur eine begrenzte Anzahl von verschlüsselten, arithmetischen Operationen hintereinander ausführen lassen. Diese Tatsache qualifiziert das Verfahren unter Experten als „somewhat homomorphic“, halbwegs homomorph.

SEAL könnte tatsächlich das sein, was Amerikaner als Game Changer bezeichnen: eine bahnbrechende Veränderung. Denn schon die Projektbeschreibung formuliert einen klaren Anspruch: „Eine einfach zu benutzende Bibliothek für homomorphe Verschlüsselung“. Auch der Entwickler Kim Laine betont, dass es hauptsächlich darum geht, selbst interessierten Laien den Zugang zu der Technologie zu ermöglichen.

### Benutzbare Bibliothek

Der Einstieg in die homomorphe Verschlüsselung gestaltet sich mit SEAL tatsächlich denkbar einfach. Neben etwas Boilerplate-Code unter anderem zur Konfiguration der Schlüsselgeneratoren sind die ersten verschlüsselten, arithmetischen Operationen schnell umgesetzt.

Das Code-Beispiel zeigt das grundsätzliche Vorgehen: Zunächst werden die Klartextzahlen als Polynom kodiert (encode), um sie dann per Verschlüsselung in den homomorphen Bildraum zu transferieren (encrypt). Dort können dann die verschlüsselten Operationen ausgeführt werden. Nach der Entschlüsselung des Ergebnisses muss dieses noch von der Polynomdarstellung in eine ganze Zahl zurückgewandelt werden.

```
1 const int value1 = 5;
2 const int value2 = -7;
3 BigPoly encoded1 = encoder.encode(value1);
4 BigPoly encoded2 = encoder.encode(value2);
5 BigPoly encrypted1 = encryptor.encrypt(encoded1);
6 BigPoly encrypted2 = encryptor.encrypt(encoded2);
7
8 BigPoly encnegated1 = evaluator.negate(encrypted1);
9 BigPoly encsum = evaluator.add(encrypted1, encrypted2);
10 BigPoly encdiff = evaluator.sub(encrypted1, encrypted2);
11 BigPoly encproduct = evaluator.multiply(encrypted1, encrypted2);
12
13 BigPoly decryptedsum = decryptor.decrypt(encsum);
14 int decodedsum = encoder.decode_int32(decryptedsum);
```

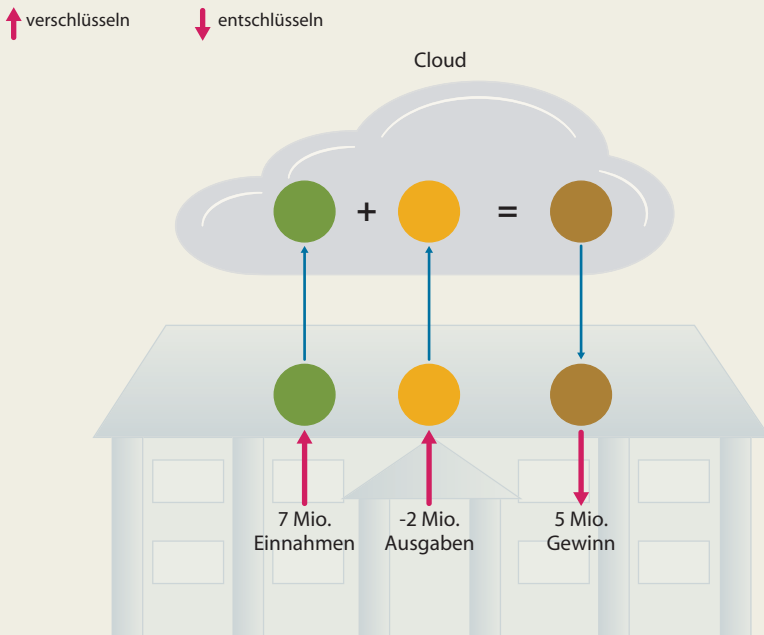
Ein einfaches Rechenexempel mit der SEAL-Bibliothek



Anzeige

## Homomorphe Verschlüsselung im Einsatz

Der Anwender verschlüsselt seine Daten und ein Cloud-Anbieter rechnet für ihn damit. Der Cloud-Server bekommt dabei jedoch weder die Daten noch das Ergebnis zu sehen.



Durch die homomorphe Verschlüsselung kann man alle Operationen der Evaluatorklasse auch an ein externes System delegieren, ohne dass der Ausführende die Klartextzahlen zu Gesicht bekommt. Für die Verarbeitung der verschlüsselten Zahlen wird zur Laufzeit nur der Public-Key benötigt. Den geheimen Schlüssel braucht der Auftraggeber am Ende zur Entschlüsselung des Ergebnisses.

Da YASHE-Operationen das erwähnte Rauschen produzieren, muss man sich in SEAL als Entwickler mit zwei Funktionen behelfen, die in der Entwicklungsphase eines Programms mit verschlüsselten Zahlen Aufschluss über das Rauschen eines Operanden geben. So liefert `inherent_noise()` das tatsächliche gegenwärtige Rauschen eines Operanden

und `inherent_noise_max()` das maximale Rauschen, bei dem unter der gewählten Parameter-Konfiguration noch eine Entschlüsselung möglich ist.

YASHE wählt den scheinbar umständlichen Umweg über die Polynome, weil dies ein recht effizienter Ansatz ist, Zahlen in eine so verschlüsselbare Form zu bringen, dass man damit dann noch vernünftig rechnen kann. Daneben existieren aber auch etliche andere Ansätze, wie die Darstellung als Gitter-Vektor in Form einer Matrix oder als zusammengesetzte Zahlen.

Die SEAL-Bibliothek bietet die Grundrechenarten auf ganzen (einschließlich negativen) und rationalen Zahlen, die auch in ausführlichem Beispiel-Code dokumentiert sind. Die hohe Kunst der homomorphen Krypto-

grafie erfordert aber eigentlich nur die Addition und die Multiplikation natürlicher Zahlen. So lassen sich boolesche Ausdrücke aus AND- und XOR-Operationen und damit beliebige Schaltkreissimulationen und Programme herstellen.

Wer jetzt gleich loslegen möchte, kann sich die SEAL-Bibliothek etwa per Git aus dem Codeplex-Repository klonen und per GNU-C++ übersetzen. Zusätzlich liefert Microsoft nicht überraschend .NET-Wrapper mit. Anders als andere Implementierungen, die auf arithmetische Funktions-Kolosse wie GMP oder NTL aufsetzen, hat die Bibliothek keine externen Abhängigkeiten. Das erleichtert die Portierung auf Plattformen mit begrenzten Ressourcen.

### Die Zukunft

Die Bibliothek wird in Kooperation mit der Forschungsgruppe Distributed Computing & Security (DCSec) der Leibniz Universität Hannover weiterentwickelt. Das Ziel ist dabei eine verschlüsselt rechnende Maschinen-Simulation. Dazu werden die booleschen Schaltkreise eines Prozessors so in arithmetische Formeln abgebildet, dass sie sich mit einem homomorphen Schema verschlüsselt berechnen lassen. Wichtigstes Schaltelement ist dabei der Multiplexer, der eine Auswahl aus mehreren Argumenten anhand eines Index gestattet. Das kann eine Speicheradresse oder auch eine elementare Befehlsfunktion (ein Opcode) sein.

Ein wichtiger Schritt in diese Richtung wird die Umsetzung eines sogenannten Bootstrapping-Mechanismus sein. Erst dieser erlaubt die unbegrenzte Anzahl von verschlüsselten Operationen, wie sie beispielsweise für die Implementierung eines Prozessors erforderlich ist.

Um das Versprechen einer sicheren Umgebung halten zu können, muss der verschlüsselte Prozessor bestimmten Konstruktionsregeln gehorchen: Damit ein Angreifer nicht etwa über einen Seitenkanal – also etwa die Laufzeit bestimmter Funktionen – nützliche Informationen ermitteln kann, müssen alle Operationen eine konstante Laufzeit aufweisen. Das Ziel ist, dass sich je zwei Maschinenzyklen nicht voneinander unterscheiden lassen. Das gelingt bisher im Prototyp, bis aber verschlüsselte Prozessoren mit vernünftiger Performance auf den Markt kommen, dürften noch ein paar Jahre vergehen. SEAL ist immerhin ein Beitrag, diesen Weg möglicherweise zu verkürzen.

Im derzeitigen Zustand lässt sich die Bibliothek durchaus schon für konkrete Anwendungen einsetzen. Laine hat darüber hinaus angekündigt, die Themen Bootstrapping, Performance und Vorschläge für Standards anzugehen, ohne jedoch schon einen konkreten Zeitplan vorzulegen. Angesichts der Klarheit und des Funktionsumfangs des verfügbaren Prototyps lohnt es sich aber zweifellos, am Ball zu bleiben. (ju@ct.de)

**ct** Links zu den Projektseiten: [ct.de/yeyu](https://ct.de/yeyu)

## Ein einfaches homomorphes Kryptoschema

Verschlüsselt man einen Klartext  $a$  mit einer großen Primzahl  $p$  als Schlüssel und pro Chiffretext je einer großen Zufallszahl  $r$  nach der Formel  $a' = a + r \cdot p$ , so kann man mit den Chiffretexten  $a'$ ,  $b'$  Additionen und Multiplikationen ausführen. Die Entschlüsselung des Rechenergebnisses  $c$  mit  $c = c' \bmod p$  gelingt, solange es kleiner als  $p$  bleibt.

Doch wie sicher ist das? Kryptologen tun sich schwer mit absoluten Maßzahlen für die Sicherheit. Man hält viel von Vergleichen. In diesem Fall lässt sich die Sicherheit der Verschlüsselung mit der Schwierigkeit der Primfaktorzerlegung vergleichen. Mit anderen Worten: Wenn jemand aus  $a'$  effizient den Schlüssel  $p$  berechnen kann, hat er ein Verfahren gefunden, um die Primfaktorzerlegung beliebiger großer Zahlen durchzuführen. Er könnte damit auch RSA entschlüsseln. Herzlichen Glückwunsch.

Anzeige

Jörg Wirtgen

# Android-Sicherheitsrisiko selbstgemacht

## Eine Fehlkonfiguration des ab Android 5 ausgelagerten Browser-Moduls WebView verhindert wichtige Updates

**Haben Sie Ihr Android-Smartphone bei der Einrichtung erst mal gründlich entrümpelt, weil es der Hersteller mit einem Haufen unnützer Apps vollgestopft hat? Dann sollten Sie überprüfen, ob Sie dabei nicht übers Ziel hinausgeschossen sind und Schadsoftware ein Einfallstor geöffnet haben.**

Android System WebView ist eine App mit einem offiziell klingenden Namen, bei deren Aufruf nichts passiert – scheinbar also wichtigtuerische Bloatware, die man deinstallieren oder deaktivieren will. Doch das ist nicht empfehlenswert: Ganz im Gegenteil erhöht die App die Systemsicherheit durch ihre pure Anwesenheit. Sie stellt nämlich anderen Apps eine aktuelle Browser-Engine ohne bekannte Sicherheitslücken bereit.

Ein grundsätzliches Problem von Android besteht darin, dass sich einzelne Teile des Betriebssystems nicht aktualisieren lassen. Anders als Microsoft bei Windows kann Google nicht direkt einen Patch verteilen, sondern muss die Gerätehersteller und teils sogar Mobilfunk-Provider mit ins Boot holen. Das dauert im besten Fall viele Wochen, im schlechtesten Fall bekommen Geräte gar keinen Patch.

Als erste Gegenmaßnahme lagert Google zunehmend Komponenten in die sogenannten Play-Dienste aus. Diese Systemkomponente wird automatisch über den Play Store aktualisiert. Alle Erweiterungen und Sicherheits-Patches hierfür landen innerhalb weniger Tage auf der Mehrzahl aller Android-Geräte.

### Updates für WebView

Auch WebView, die Browser-Komponente von Android, will Google direkt mit Updates versorgen, um Schwachstellen wie etwa den XSS-Bug vom Frühjahr 2015 schnell zu beheben [1]. WebView kommt in den meisten der Apps zum Einsatz, die Internetseiten abrufen, darunter einige Browser, aber auch Mail-Apps und RSS-Reader. Seit Android 4.4 steckt in WebView als erste Verbesserung nicht mehr die Webkit-Engine von Apple, sondern die hauseigene und daher sowieso mit Sicherheits-Patches versorgte Chromium-Engine.

Update-fähig ist WebView dadurch nicht, das bringt erst Android 5.0. Google hat WebView allerdings nicht in die Play-Dienste integriert, sondern liefert es in Form der App „Android System WebView“ aus. Begründet

hat Google das nicht; vielleicht war es technisch nicht anders möglich oder spart Transfervolumen: Die Play-Dienste gehen an alle Android-Nutzer ab Version 2.3, WebView-Updates nur an die ab Android 5.

### Aus neu mach alt

Die Auslagerung bringt aber einen gefährlichen Nachteil mit sich: Anders als die Play-Dienste-App lässt sich die WebView-App nämlich deaktivieren, woraufhin Android alle heruntergeladenen Updates deinstalliert und zukünftige ignoriert.

Von da ab wird nicht etwa jeglicher Aufruf von WebView unterbunden – was ein schöner Trick wäre, um Apps den Internetzugang

zu sperren. Stattdessen graben die Apps die Version von Chromium-WebView aus, mit der die Firmware des Smartphones ausgeliefert wurde.

Damit läuft im besten Fall Chromium 44 (bei Android 6), schlimmstenfalls Version 36 (bei der Betaversion von Android 5). Die Apps verlieren somit alle neuen Fähigkeiten und Sicherheits-Patches – aktuell ist Chromium 48. Immerhin bleibt man vom XSS-Bug verschont, denn den hat Google schon mit Chromium 30 im WebView von Android 4.4 beseitigt. Doch die nachfolgenden WebView-Changelogs erwähnen weitere Sicherheitslücken. Zudem bringen neue Chromium-Versionen auch neue Funktionen; das kommende Chromium 49 soll beispielsweise CSS custom properties einführen.

Betroffen sind alle Apps, die auf WebView zugreifen, darunter Schwergewichte wie die Facebook-App und Alternativ-Browser wie Mercury. Einige Browser sind nicht beeinträchtigt, weil sie ihre eigene Engine mitbringen, darunter Dolphin, Firefox, Opera und Googles eigene Chrome-App.

Android 6.0 mindert diese Gefahr etwas: Es führt die WebView-App nicht mehr in der App-Liste, sodass man sie nicht irrtümlich deaktiviert. Sie und andere System-Apps tauchen erst auf, wenn man in der App-Liste oben rechts „Systemprozesse anzeigen“ klickt.

### Updates reaktivieren

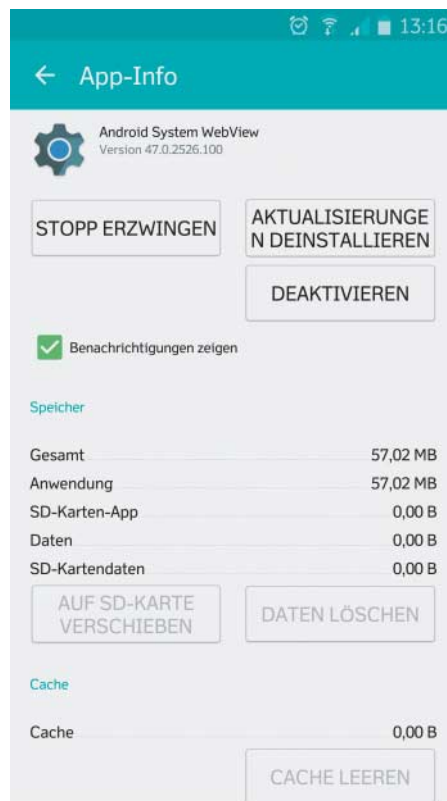
Immerhin können Sie diese Sicherheitslücke leicht selbst stopfen. Am einfachsten öffnen Sie die Play-Store-App, suchen nach „Android System WebView“, stehen dort der Knopf „Deinstallieren“, ist alles im Lot – tippen Sie also nicht darauf. Heißt der Knopf „Aktivieren“, tippen Sie ihn an und kurz darauf das folgende „Aktualisieren“. Fertig. Sie können diese Schritte auch über den App-Manager erledigen, finden dort die WebView-App allerdings nicht so leicht.

Wenn Sie die App im Play Store nicht finden, nutzen Sie vermutlich Android 4.4 oder älter. Dann haben Sie einen unveränderlichen WebView und müssen nichts machen. Falls dort allerdings „Installieren“ steht, tun Sie das – bei manchen CustomROMs fehlt die WebView-App auch nach Installation eines Gapps-Pakets. (jow@ct.de)

### Literatur

[1] Jörg Wirtgen, Ronald Eikenberg, Surf-Versicherung für Android, Jelly Bean und älter trotz Schwachstellen sicher nutzen, c't 7/15, S. 156

**Die ab Android 5 vorhandene App „Android System WebView“ sollte aktiv bleiben. Die Knöpfe „Deaktivieren“ und „Aktualisierungen deinstallieren“ im Anwendungs-Manager verschlechtern Ihr System.**





Anzeige

Andreas Linke

# Musikalisches Tablet

## MIDI-Programmierung mit Android 6

Android unterstützt seit Version 6 die Ansteuerung von MIDI-Geräten. Damit lässt sich zum Beispiel eine App entwickeln, die zur musikalischen Bildung beliebige Noten-Intervalle vorspielt.

Das Musical Instrument Digital Interface (MIDI) ist eine dieser Technologien aus der Urzeit der Computer-Entwicklung, die sich bis heute großer Beliebtheit erfreuen. Viele Musikinstrumente lassen sich per MIDI steuern, darunter die meisten E-Pianos, aber auch Synthesizer, Drum-Computer und diverse Effektgeräte. Ursprünglich über serielle Kabel mit fünfpoligem Spezialstecker angeschlossen, werden MIDI-fähige Geräte inzwischen häufig per USB verbunden. Das Nexus 5X lässt sich beispielsweise mit einem USB-C-auf-USB-B-Kabel an den USB-Host-Port gängiger Keyboards anschließen und kann über diese Verbindung sowohl MIDI-Daten empfangen als auch senden. An geeignete Geräte lässt sich MIDI aber auch per Bluetooth oder WLAN übertragen.

MIDI spezifiziert ein Bus-System, an dem theoretisch beliebig viele Geräte hängen können. Dabei kann ein Gerät Sender, Empfänger oder beides sein. Im Unterschied zur digitalen Audio-Aufnahme oder -Wiedergabe im MP3- oder WAV-Format werden über MIDI nur Steuerbefehle wie das An- und Abschalten einzelner Noten oder die Änderungen von Sound-Einstellungen übertragen. Es gibt verschiedene Arten von MIDI-Befehlen. Die meisten sind zwischen 1 und 3 Byte lang, wobei bestimmte Bits des ersten Bytes die Gesamtlänge bestimmen. So startet die Byte-Folge 0x90 0x60 0x7F eine Note der Tonhöhe C, die Folge 0x80 0x60 0x00 schaltet sie wieder ab [1].

### Intervalle lernen

Zur Einführung in die MIDI-Programmierung unter Android haben wir eine kleine App geschrieben, die beliebige Noten-Intervalle vorspielt, zum Beispiel Quinten, Quarten oder Septimen. Umgekehrt zeigt sie für jeweils zwei nacheinander gespielte Noten den entsprechenden Intervallnamen an. Anders als das von Google veröffentlichte Beispielprojekt ist sie bewusst einfach gehalten, um den Fokus auf die wesentlichen Elemente der MIDI-Programmierung zu lenken. Den Quellcode bekommen Sie wie gewohnt über den c't-Link am Artikelende.

In unserer App zeigt eine ListActivity eine Liste von Intervallnamen an, wobei der Listen-Index jeweils der Anzahl der Halbtonschritte des Intervalls entspricht. Zentraler Bestandteil des Projekts ist die Klasse Midi,

alle wichtigen Funktionen implementiert: das Öffnen und Schließen der MIDI-Geräte und ihrer Input- und Output-Ports sowie das Senden und Empfangen von MIDI-Nachrichten. Zwei darin enthaltene Hilfsklassen, MidiConstants und MidiFramer, haben wir aus Googles Beispielprojekt übernommen. Die App verbindet sich der Einfachheit halber mit allen Input- und Output-Ports aller auf dem MIDI-Bus gefundenen Geräte. In der Praxis würde man den Benutzer die gewünschten Geräte per UI auswählen lassen.

Das Folgende umreißt, wie der MIDI-Teil der App funktioniert.

### Verwalten

Wenn ein Android-Gerät MIDI unterstützt, liefert der Aufruf von

```
context.getPackageManager()
    .hasSystemFeature(PackageManager.FEATURE_MIDI);
```

den Wert true zurück. context kann ein beliebiger Context sein, beispielsweise ein von getApplicationContext() gelieferter. Wenn der Aufruf direkt aus der Activity erfolgt, genügt

```
getPackageManager()
    .hasSystemFeature(PackageManager.FEATURE_MIDI);
```

Liefert der Aufruf true, lässt sich ein MidiManager mit

```
midiManager = (MidiManager) getSystemService(
    Context.MIDI_SERVICE);
```

abrufen. Darüber erhält man zum Beispiel Informationen über die auf dem Bus verfügbaren MIDI-Geräte:

```
MidiDeviceInfo deviceInfos[] = midiManager.getDevices();
```

Für jedes Gerät lässt sich etwa dessen Name abfragen:

```
for (final MidiDeviceInfo deviceInfo : deviceInfos) {
    String deviceName = deviceInfo.getProperties()
        .getString(MidiDeviceInfo.PROPERTY_NAME);
```

Die verfügbaren Input- und Output-Ports liefern die MidiDeviceInfo-Methoden:

```
if (deviceInfo.getInputPortCount() == 0
    && deviceInfo.getOutputPortCount() == 0)
    // keine Ports vorhanden
```

Was Input und Output ist, ergibt sich aus der Sicht des Musikinstruments: Die App kann MIDI-Daten an einen oder mehrere Input-Ports senden und empfängt umgekehrt MIDI-Daten von einem oder mehreren Output-Ports.

Das Öffnen eines MidiDevice läuft asynchron:

```
midiManager.openDevice(deviceInfo, new
    MidiManager.OnDeviceOpenedListener() {
        public void onDeviceOpened(MidiDevice device) {
            // ...
        }, handler);
```

Der letzte Parameter gibt an, in welchem Thread die Antwort verarbeitet wird:

```
handler = new Handler(context.getMainLooper());
```

legt fest, dass das Callback im Main-Thread stattfindet, aus dem heraus das UI aktualisiert werden kann.

Die Methoden device.openInputPort(int portNumber) und device.openOutputPort(int portNumber)



Die Beispiel-App erkennt und spielt Intervalle per MIDI.



Viele Keyboards haben einen USB-Host-Port, an den sich ein Smartphone oder Tablet zum Beispiel mit einem USB-C-auf-USB-B-Kabel anschließen lässt.

des geöffneten `MidiDevice` öffnen den gewünschten Port. Wichtig: Alle geöffneten Geräte und Ports müssen vor dem Beenden der Activity mit `close()` wieder geschlossen werden, um Ressourcenlecks zu vermeiden.

## App-Hören

Zum Aufzeichnen oder Auswerten von MIDI-Daten wird ein Output-Port mit einem `MidiReceiver` verbunden:

```
outputPort.connect(midiReceiver);
```

Die Dokumentation bezeichnet `MidiReceiver` zwar als Interface, es handelt sich aber um eine abstrakte Klasse, von der lediglich die Methode

```
public void onSend(byte[] msg, int offset, int count,
    long timestamp);
```

implementiert werden muss. Der Parameter `msg` ist ein Ausschnitt aus einem internen Puffer und muss vor der Weiterverarbeitung kopiert werden:

```
byte data[] = Arrays.copyOfRange(msg, offset,
    offset + count);
```

Beim Vergleichen von Bytes in Java ist Vorsicht angebracht. Der Typ `byte` ist wie alle numerischen Typen vorzeichenbehaftet und wird, falls das höchste Bit gesetzt ist, bei der Konvertierung nach `int` als negative Zahl behandelt. So ergibt der folgende Vergleich immer `false`:

```
if (data[0] == 0x80)
```

Korrekt wäre:

```
if (data[0] == (byte)0x80)
```

Eine Besonderheit des MIDI-Protokolls sind die `SysEx`-Nachrichten (system exclusive messages). Diese haben keine feste Länge. Sie beginnen mit `0xF0` und enden mit `0xF7`. Da sie an beliebiger Stelle im Byte-Strom vorkommen dürfen, die App sie aber nicht benötigt, müssen sie vor der Weiterverarbeitung herausgefiltert werden. Am einfachsten verwendet man dafür die von Google im Beispielprojekt bereitgestellte Klasse `MidiFramer`. Sie erbt von `MidiReceiver` und erhält über den Konstruktor ihrerseits einen `MidiReceiver`, an den sie die gefilterten MIDI-Nachrichten weitergibt. Die ebenfalls aus dem Google-Beispiel stammende Klasse `MidiConstants` enthält nützliche Konstanten rund um das MIDI-Pro-

tokoll, etwa die Länge der verschiedenen MIDI-Befehle oder wichtige Status-Bytes.

Der Befehl

```
inputPort.send(bytes, offset, length, timestamp);
```

sendet MIDI-Daten über den Bus zum Zielgerät. Mithilfe des Parameters `timestamp` in Nanosekunden kann das auch zeitversetzt geschehen. Der aktuelle Zeitstempel (`now`) ergibt sich aus

```
long now = System.nanoTime();
```

## Bilanz

Mit den von Google bereitgestellten Treibern und APIs ist eine komfortable Verarbeitung von MIDI-Daten ab Android 6 möglich. Das macht diverse mehr oder weniger gut gewartete Portierungen von Drittentwicklern überflüssig. Eine in diesem Artikel nicht beschriebene Klasse `MidiDeviceService` erlaubt sogar die Entwicklung eigener virtueller MIDI-Geräte, zum Beispiel Software-Synthesizer, an die andere MIDI-Geräte Nachrichten schicken können. (ola@ct.de)

## Literatur

- [1] Tim Gerber, Ohne Noten, MIDI-Geräte per PC oder Smartphone steuern und konfigurieren, c't 5/13, S. 162

**ct** Beispiel-App und Literatur: [ct.de/ytvd](http://ct.de/ytvd)

## Drahtlos debuggen

Das Debuggen von MIDI-Anwendungen auf dem Android-Smartphone oder -Tablet gestaltet sich schwierig, weil man den vorhandenen USB-Anschluss des Geräts ja für die MIDI-Übertragung benötigt. Die Android Debug Bridge (adb) erlaubt zum Glück aber auch das Debuggen über WLAN. Dazu verbindet man das Gerät zunächst wie gehabt per USB und startet dann adb im TCP/IP-Modus

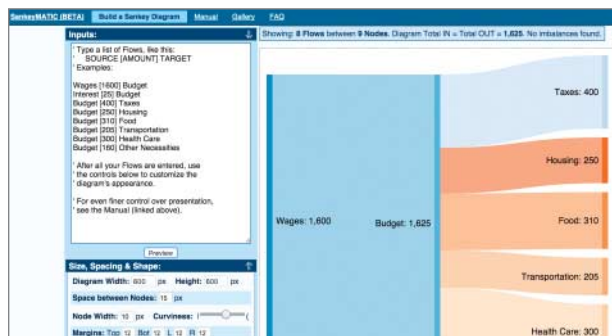
```
adb tcpip 5555
```

Nun trennt man die USB-Verbindung und gibt

```
adb connect 192.168.0.x
```

ein, wobei `192.168.0.x` der IP-Adresse des im lokalen WLAN eingebuchten Android-Geräts entspricht. Diese findet man heraus, indem man in der Einstellungs-App „Über das Telefon/Status“ wählt. Anschließend sollte das Gerät als Debug-Ziel in Android Studio zur Verfügung stehen.

Anzeige



## Pfeil-Diagramme

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sankey-Diagramm#/media/File:Minard.png>

[www.sankey-diagrams.com](http://www.sankey-diagrams.com)

[www.sankeymatic.com/build](http://www.sankeymatic.com/build)

<https://developers.google.com/chart/interactive/docs/gallery/sankey>

Sankey-Diagramme stellen Werteflüsse mit Pfeilen dar, deren Dicke im direkten Verhältnis zum Wert steht. So lassen sich nicht nur Energie- und Materialflüsse, sondern Mengen und Kosten generell transparent machen. Ein populäres Beispiel ist **Charles Minards Darstellung von Napoleons verlustreichem Russlandfeldzug**. Aktuelle Anwendungsfälle wie die Entsorgungswege des deutschen Bio-Abfalls zeigt und erklärt das Blog **Sankey Diagrams**.

Mit **SankeyMATIC** kann man solche Diagramme ohne großen Aufwand selbst erstellen. Das Web-Tool ist leicht zu bedienen; die Werteflüsse werden mit wenig Text festgelegt und lassen sich in drei Farbsets kolorieren. Praktisch: SankeyMATIC prüft, ob die Summe aller Werte korrekt ist. Das fertige Diagramm wird als PNG-Datei mit bis zu 2400 x 2400 Pixeln exportiert. JavaScript-Entwickler finden ähnliche Funktionen übrigens bei **Google Charts**. (Tobias Engler/ad@ct.de)

## MTV-Geschichte des Indie-Rock

<http://120minutes.tylerc.com>

Die Fernsehshow „120 Minutes“ stellte von 1986 bis 2003 auf MTV in den USA alterna-

tive Musik vor. Danach wurde sie vom Nachfolger Subterranean abgelöst. Im Jahr 2011 kehrte „120 Minutes“ auf MTV2 zurück. Die Webseite **The 120 Minutes Archive** veröffentlicht die Playlists aller Shows von 1986 bis heute, geordnet in die drei Kategorien 120 (1986 bis 2003), Sub (2003 bis 2011) und wieder 120 (2011 bis 2013).

Die Webseite verweist nicht nur auf YouTube-Links der klassischen Episoden, die auf MTVs YouTube-Channel zu finden sind, sondern auch auf alle einzelnen Musikvideos, die in der jeweiligen Show vorgestellt wurden. Manchmal erwischt man eine Diashow, die nur mit der Musik unterlegt ist. Die meisten Links führen aber zu den Original-Videos – eine phantastische Zeitreise durch die Geschichte des Indie-Rock. (akr@ct.de)

## Miniatur-Street-View

[www.google.com/maps/about/behind-the-scenes/streetview/treks/miniatur-wunderland](http://www.google.com/maps/about/behind-the-scenes/streetview/treks/miniatur-wunderland)

Deutschland ist kein Street-View-Land: Datenschützer und Bürger protestierten von Beginn an gegen Googles Bilderdienst; viele ließen ihr Haus verpixeln. 2011 verlor Google die Lust und stellte klar, dass es keine neuen Fotos aus deutschen Städten online stellen werde. Doch jetzt sind neue Bilder aufgetaucht, auf denen sogar Gesichter erkennbar sind. Auch ein Flughafen ist dabei. Allerdings ist das Ganze dennoch eine Kleinigkeit: **Street View aus dem Miniatur Wunderland** in Hamburg.

Dazu führen ein Kameraauto und ein Kamerazug im Maßstab 1:87 durch die größte Modelleisenbahn-Anlage der Welt. Heraus kamen Panorama-Fotos, die schöner sind als das meiste, was man im Besucherstrom selbst aufnehmen kann. Kurze Erklärungen ergänzen das Gezeigte. Egal ob man schon im Miniatur Wunderland war, einen Besuch plant oder sich nur informieren will – die Seiten machen viel Spaß. (ad@ct.de)

## Hype-Videos

Der kleinste Koch der Welt müht sich redlich ab, um am Tisch ein leckeres Mahl zu bereiten – scheitert jedoch. Zum Glück für die Gäste ist diese per **Projektionmapping** servierte Sequenz nur eine sehr amüsante Vorspeise, nach der echtes Essen aus der Küche kommt.

<https://youtu.be/yBJEP4lsRFY> (3:04)

Mit einer Gabel kann man nicht nur essen, erklärt ein russischer Hacker. Seine **Gabel-Hacks** zeigen, wie sich das Besteckteil zum Beispiel auch als Chips-tüten-Verschluss, Türriegel oder Mini-Webstuhl nutzen lässt.

<https://youtu.be/3Q7V03Hrrg0> (6:01, Englisch)

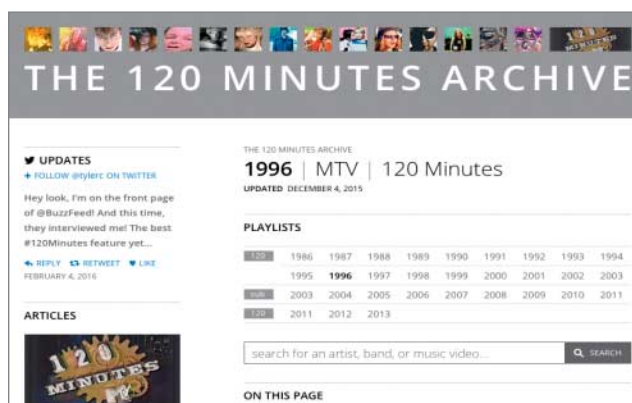
## Gedächtnisstütze für Shortcuts

<http://waldobronchart.github.io/ShortcutMapper>

Die Tastaturbefehle von Programmen, die man jeden Tag benutzt, setzen sich allmählich im Gedächtnis fest. Bei nur gelegentlich verwendeter Software fehlt die notwendige Wiederholungsrate und der Anwender kämpft sich lieber mit der Maus durch Menüs. Eine ausdrückte Keymap eignet sich prinzipiell als Gedankenstütze, veraltet aber spätestens mit dem zweiten Programm-Update.

**Shortcut Mapper** ist die Online-Version eines solchen Ausdrucks: Man wählt das Programm aus einer Liste sowie die verwendete Version und das Betriebssystem (Windows, OS X oder Linux). Ein Druck auf Sondertasten blendet die Funktionen auf der dargestellten Tastatur ein. Shortcut Mapper kennt etliche Programme von Adobe und Autodesk, außerdem Blender, SketchUp, Entwicklungs-Tools von JetBrains und einiges mehr. (ad@ct.de)

**ct** Diese Seite mit klickbaren Links: [ct.de/yu39](http://ct.de/yu39)





Anzeige



**Nürnberg 2015**  
**Webmasters Press**  
**554 Seiten**  
**30 €**  
**(Mobi-E-Book: 10 €)**  
**ISBN 978-1-5170-5411-3**

Marco Emrich, Christin Marit

## JavaScript

### Aller Anfang ist leicht

Bislang unterstützen nur einzelne Web-Browser den JavaScript-Standard ECMA-Script 2015 (ES6, Codename „Harmony“), der im Juni 2015 ratifiziert wurde. Sehr weitgehend tun dies die aktuellen Versionen von Firefox und Microsoft Edge, mit Einschränkungen auch Chrome und Opera. Passend zur schleppenden Durchsetzung des Standards ist das Angebot an Fachliteratur zum Thema ES6 bislang klein.

Das Einsteigerbuch von Emrich und Marit springt in diese Lücke. Es will Neulingen die JavaScript-Programmierung im Allgemeinen und geübten Entwicklern die Feinheiten des ES6-Standards vermitteln. Das Buch ist vom Branchenverband Webmasters Europe e. V. als Curriculum für die Ausbildung von Webschaffenden anerkannt. Der lebendige und lockere Schreibstil erfreut den Lernenden.

Die Autoren erklären alle Sprachelemente, von Variablen und Zeichenketten über Schleifen bis zu Typkonvertierungen und Operatoren. Besonderheiten und Neuerungen des ES6-Standards kommen im Detail zur Sprache. Jeder Themenblock schließt mit Übungsaufgaben ab, die sich eng an die Vorgaben des Ausbildungsprogramms anlehnen. Sie helfen aber auch Einsteigern ohne Zertifizierungsambitionen, das Gelernte sinnvoll zu vertiefen. Bei den Übungen arbeiten Emrich und Marit mit Firefox und dem Scratchpad sowie der Firefox-Webkonsole.

Die Übungsdateien lassen sich über den im Buch abgedruckten Registrierungscode auf der Webmasters-Press-Website abrufen. Das Buch – das erste einer Reihe zu JavaScript – kann als guter Einstieg für sich allein stehen. Der nächste Band soll im Juni erscheinen und sich der DOM-Programmierung widmen – und zwar ohne das verbreitete Framework JQuery. Weitere Bände werden dann etwa das Google-Framework AngularJS, Ajax und Websockets sowie Objektorientierung, Test Driven Development und andere Themen für Fortgeschrittene behandeln. (Ulrich Schmitz/psz@ct.de)



**München 2015**  
**Knaus**  
**68 Seiten**  
**25 €**  
**ISBN 978-3-8135-0715-7**

Randall Munroe

## Der Dinge-Erklärer

### Komplizierte Sachen in einfachen Worten

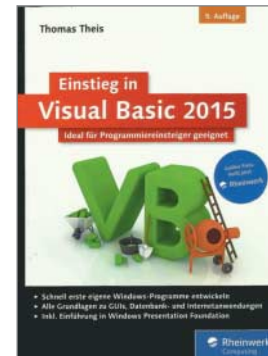
Nachdem Munroe mit seinem Strichmännchen-Webcomic xkcd und seinem Blog zum Internet-Star geworden ist, vertraut er seine besondere Sicht auf Technik und Wissenschaft auch gedruckten Medien an. In seinem Buch „What if?“ (c't 23/14, S. 180) ging es um die Beantwortung kurioser Fragen aus der Welt der Physik.

Im „Thing Explainer“ unternimmt er ein besonderes Wagnis: Er erklärt Aufbau und Funktion von Laptop und Smartphone, aber auch naturwissenschaftliche Erkenntnisse aus sehr unterschiedlichen Bereichen mit Hilfe filigraner Handzeichnungen. Für deren Beschriftung muss ein strikt begrenzter umgangssprachlicher Wortschatz herhalten.

Munroe verwendet nur die 1000 Wörter, die im Alltag am häufigsten vorkommen. Die Folge ist, dass er sich für alles, was es zu bezeichnen gilt, Metaphern ausdenkt. So wird aus einem Hubschrauber ein „Himmelsboot mit Drehflügeln“ und aus Zellen „die sehr kleinen Wasserbeutel, aus denen wir gemacht sind“. Diese streckenweise skurrile Metaphorik hat einen ganz eigenen Charme, wenn sie auch nicht wirklich immer eine Vereinfachung schafft.

Das Buch ist ein Hingucker – dafür sorgen schon das übergroße Format und die augenzwinkernde Aufmachung. Wie bei Randall Munroe gewohnt steckt hinter den blumigen Dinge-Erklärungen fundierte Sachkenntnis. Mancher Smartphone-Besitzer mag nach der Betrachtung der metaphorisch zugeordneten Komponenten tatsächlich eine bessere Vorstellung vom Innenleben seines digitalen Begleiters haben als zuvor. Und wenn nicht, hatte er zumindest Gelegenheit zum Schmunzeln.

Eine kleine Meisterleistung haben die Übersetzer vollbracht, indem sie nicht nur ein stimmiges Pendant zur englischen 1000-Wörter-Liste erstellten, sondern auch viel von Munroes Humor ins Deutsche hinübertrugen. (Maik Schmidt/psz@ct.de)



**Bonn 2015**  
**Rheinwerk**  
**552 Seiten**  
**30 €**  
**(Mobi-/Epub-/PDF-E-Book: 25 €)**  
**ISBN 978-3-8362-3703-1**

Thomas Theis

## Einstieg in Visual Basic 2015

### Ideal für Programmierneinsteiger geeignet

Als Visual Basic 1 für Windows 3.0 im Jahr 1991 erschien, belächelte mancher den merkwürdigen Quick-Basic-Abkömmling. Heutige Versionen bauen auf dem .NET-Framework auf, unterstützen vollständig objektorientierte Programmierung und haben sich als ernstzunehmende Werkzeuge für die Anwendungsentwicklung etabliert. Zudem gewährt Visual Basic einen niedrigherschweligen Zugang zur Software-Entwicklung über Visual Studio.

Anfänger und Umsteiger, die diesen Weg gehen wollen, sind das primär angepeilte Lesepublikum für Theis' Buch. Als Grundlage für die vorgestellten Beispielprogramme und Projekte dient die kostenlose Community-Version von Visual Studio. Der im Buch angegebene Download-Link weist allerdings ins Leere; der c't-Link am Artikelschluss führt zum aktuellen Download der Entwicklungsumgebung.

Schritt für Schritt zeigt der Autor, wie man vorgeht, um einfache Programme zu schreiben. Wer bereits mit Programmiersprachen zu tun hatte, kann leicht folgen. Allerdings werden grundlegende Elemente wie Schleifentypen und Variablen nur im Schnelldurchgang erwähnt. Danach beschreibt Thies den objektorientierten Ansatz und vertieft das Thema mit einfachen Beispielen. Darauf aufbauend erläutert er das .NET-Klassenkonzept. Ein Rundumschlag erfasst klassische IT-Aufgaben wie ADO.NET-Datenbankanwendungen, Web-Applikationen mit ASP.NET sowie die Verwendung der GDI-Bibliothek für Grafik. Schließlich demonstriert der Autor in Projekten wie einem Tetris-Spiel das Zusammenwirken der Klassen.

Der Code zu den Buchkapiteln findet sich auf der Rheinwerk-Website (siehe c't-Link). Insgesamt verspricht der Buchtitel nicht zu viel: Hier wird brauchbares Wissen für die Programmierpraxis vermittelt.

(Ulrich Schmitz/psz@ct.de)

**ct** Code zum Buch: [ct.de/yb4q](http://ct.de/yb4q)

Anzeige

Anzeige



Anzeige

# Vollgas und Feuer frei!

Wem die tägliche Fahrt zur Arbeitsstelle zu wenig Explosionen bietet, den macht das australische Studio Varkian Empire mit **Obliteracers** glücklich. Durch Schluchten, über Schiffe und durch Wolkenstädte geht die farbenfrohe Jagd, bis man den letzten Rivalen verloren hat.

Vier Rennvarianten stehen zur Auswahl, doch letztlich kommt es immer darauf an, länger zu

überleben als alle anderen. Es gibt 14 Strecken. Sie sind groß – mit Ausnahme des Tankers – und abwechslungsreich. Brücken und Rampen laden zu Sprüngen oder Stürzen ein. Oft fährt man in Runde drei auf eine Mine, die man in Runde eins selbst gelegt hat.

Am besten steuert sich das Ganze mit Xbox-Controllern. Neben den wie üblich für Gas und Bremse zuständigen Schultertasten sind der A- und Y-Button wichtig: Mit A vollführt man kleine Hüpfen, Y aktiviert einen Schutzschild. Der ist sehr sinnvoll, hat aber zwei Tücken: er verlangt, dass das Fahrzeug – und entfernt außerdem jede eingesammelte Waffe aus dem Arsenal.

Diese Waffen aber sind der besondere Clou des Spiels. Ob Lenkraketen, Flammenwerfer, Minen, Ölspucker oder Elektrifizierungseinrichtungen – alle paar Meter bieten sich bunte Power-ups an. So entsteht ein hochdynamisches Rennfeld, in dem jeder die beste Position für seine Waffe sucht. Mit etwa 15 Minu-



ten fühlen sich die Rennen allerdings etwas lang an.

Bis zu 16 Spieler rasen am selben PC oder online gegeneinander. Im Gewusel der Fahrzeuge, Explosionen und Magnetwellen verliert man leider schnell den Überblick. Bei Gruppen von zwei bis vier Leuten arbeitet die dynamische Kamera hingegen tadellos. Probleme bereitet bisweilen das Setup – gelegentlich erkennt das Spiel einen Controller nicht, dann muss man es neu starten

oder die Tastatur nutzen. Per QR-Code soll man Tablets und Smartphones zu Controllern für „Obliteracers“ machen können – das funktioniert allerdings oft nicht.

Insgesamt ist das mehrfach preisgekrönte Spiel auf jeden Fall eine Empfehlung wert: ein turbulenter Fun-Racer im Geiste von Super Mario Kart, der manchen Abend mit Freunden bereichern kann.

(Stephan Greitemeier/psz@ct.de)

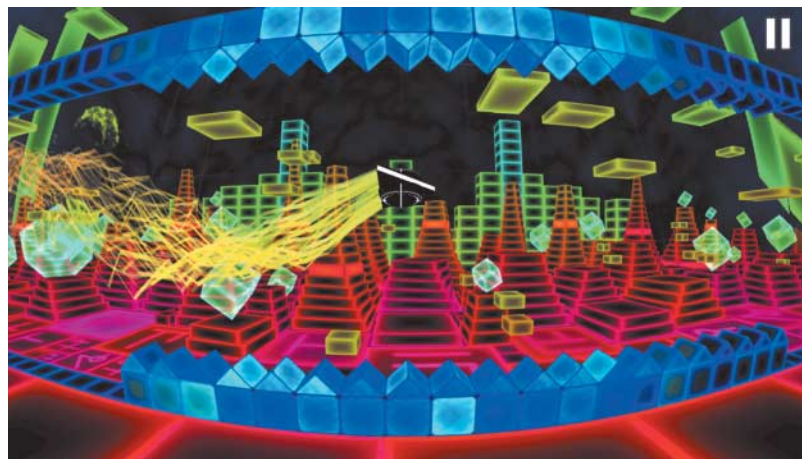
# Reifenparty

Wummernde Musik und knallige Neonfarben fordern die Sinne, während der Spieler einen schwarzen Reifen durch neun Level lenkt: Das rhythmusorientierte **Dub Dash** kann nicht verhehlen, dass es ursprünglich für Mobilgeräte entwickelt wurde. Die PC-Umsetzung ist jedoch rundum gelungen. Freunde psychedelischer Grafik und halluzinöser Electro-Trips haben eine Menge Spaß damit.

Die Steuerung ist ausgesprochen einfach. Mit den Pfeiltasten

lenkt man den rollenden Reifen nach rechts oder links, anschließend kehrt er automatisch auf seine ursprüngliche Spur zurück. An Hindernissen und Dekorationen in Gestalt geometrischer Objekte kann er zerschellen. Electro-Klänge aus der Feder von fünf namhaften Musikern treiben den Spieler durch die Schikanen. Abschnitte der Musik sind auf den Level-Verlauf angepasst, oft fällt ein bestimmter Taktschlag mit einer Ausweichbewegung zusammen. Wegen dieser Rhythmusorientierung kann man als Begleitung für die Spiellevel nur die vorgegebene Musik einsetzen.

Auch visuell serviert Dub Dash alles andere als Schonkost: Verzerrt wie in einer Fischaugenlinse erlebt man die blinkende, farbenfrohe Umgebung als verwirrendes Feuerwerk. Wer sensorische Belastung nicht locker wegsteckt, sollte sich zumindest zu Spielpausen zwingen. Epilepsiegefährdeten empfehlen wir, dieses Spiel zu meiden.



Der Schwierigkeitsgrad ist mörderisch, obwohl der Spielerfolg an Checkpoints gespeichert wird. Jede Berührung bedeutet Neustart vom Level-Beginn. Im Modus „Herausforderung“ kann man sich zwar fünf Leben erspielen, doch auch diese sind schnell verbraucht.

Immer wieder wird man überrascht: Dann erscheint das Geschehen plötzlich nicht mehr in der vorherrschenden Vogelperspektive, sondern aus Verfolgersicht. Oder das Ganze wird zum

Sidescroller und der Reifen mutiert zum UFO, dem ein Tastendruck wie bei „Flappy Bird“ Auftrieb verleiht. Sieben solcher Variationseffekte hält das Spiel bereit.

Bis zu vier Spieler können per Splitscreen am selben Rechner gegeneinander antreten. Solange noch einer im Rennen ist, geht das Spiel weiter. Freunde, deren Reifen zerschellen, können am nächsten Checkpoint wieder einsteigen.

(Stephan Greitemeier/psz@ct.de)

Dub Dash	
Vertrieb	Headup Games, <a href="http://www.incodra.com/de/projects/dubdash">www.incodra.com/de/projects/dubdash</a> (nur Download)
Betriebssystem	Windows 10, 8, 7; OS X ab 10.8; außerdem iOS
Hardwareanforderungen	1.5-GHz-PC, 512 MByte RAM, 128-MByte-Grafik
Kopierschutz	Online-Aktivierung und -Registrierung über Steam
Mehrspieler	4 per Splitscreen
Idee	⊕
Umsetzung	⊕
Spaß	○
Dauermotivation	○
Deutsch • USK 0 • 5 €	

## Könige der Langstrecke

Die Macher der „Eurotruck“-Spiele wagen den Sprung über den Atlantik: Highways und Freeways warten in **American Truck Simulator** darauf, von mächtigen Lastern bezwungen zu werden. Von Los Angeles bis Las Vegas gilt es, Waren sicher, schnell und günstig zu befördern.

Vom Spielablauf her bleibt die Simulation ihren europäischen Vorgängern treu. Als angestellter Fahrer nimmt man Aufträge an, bis man mittels Kredit einen eigenen Truck erwerben kann. Dann gilt es, die persönliche Spedition zu vergrößern, Fahrer anzuheuern und Filialen zu eröffnen. Zeit, Sprit und Fahrzeugzustand sind die wichtigsten Faktoren. Ein ungewöhnliches Stück



Realismus liefert der Müdigkeits-Modus: Wenn der Fahrer zu lange keine Ruhepause eingelegt hat, beginnt er zu gähnen; irgendwann kommt es dann zum verhängnisvollen Sekundenschlaf.

Kalifornien und Nevada sind die ersten Areale, die es zu durchfahren gilt. Arizona soll als kostenlose Download-Ergänzung hinzukommen. Die Entwickler haben darüber hinaus angekündigt, weitere Staaten ins Spiel zu bringen – und eine größere Auswahl an Fahrzeugen. Derzeit stehen nur etliche Varianten von Peterbilt- und Kensington-Trucks bereit.

Großartig ist die grafische Umsetzung der Landschaften gelungen. Ob Küstenstraßen, Wüsten-Freeways oder Industriegebiete: Die Umgebung glänzt durch Farbenpracht und Detailreichtum. Am Himmel tummeln sich je nach Region Kampffjets, Fesselballons oder Sternschnuppen – während sich Hunderte von LKWs, Limousinen und Steppenläufern den Boden teilen.



Anders als etwa die „Grand Theft Auto“-Spiele belohnt diese Simulation vorbildliches Verkehrsverhalten. Das Verursachen von Unfällen, das Überfahren roter Ampeln und Geschwindigkeitsübertretungen werden sofort geahndet. Das Dahinbrummen auf den bisweilen sehr langen Strecken kann man sich mit Online-Streams US-amerikanischer und kanadischer Radiostationen versüßen – allerdings ertönen dazwischen irritierenderweise immer wieder deutsche Werbespots.

Mehr als bei anderen Simulationen empfiehlt es sich, ein

Lenkrad-/Pedal-Set zu verwenden – zur Not tun es aber auch Tastatur und Controller. (Stephan Greitemeier/psz@ct.de)

### American Truck Simulator

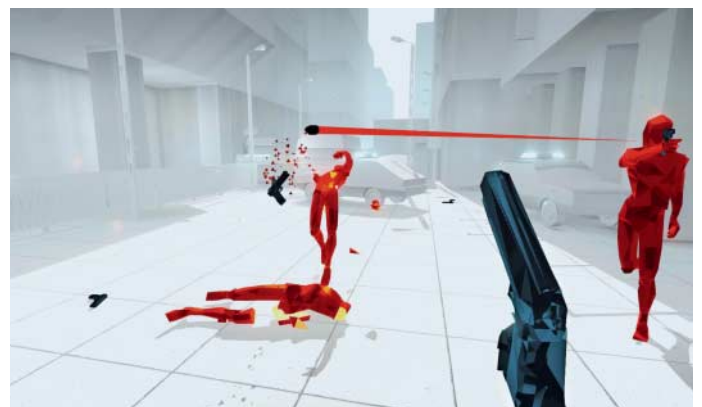
Vertrieb	Astragon, <a href="http://www.americantrucksimulator.com">www.americantrucksimulator.com</a>
Betriebssystem	Windows 10, 8, 7; OS X ab 10.9; Linux
Hardwareanforderungen	2,4-GHz-Mehrkernsystem, 5 GByte RAM, 1-GByte-Grafik
Kopierschutz	Online-Aktivierung und -Registrierung über Steam
Idee	Umsetzung
Spaß	Dauermotivation
1 Spieler • Deutsch • USK 0 • 19 €	

## Zeitlupenduell

Das Genre der Ego-Shooter ist nicht gerade ein Quell origineller Spielideen. Umso erfrischender mischt **Superhot** die Szene mit seinem innovativen Zeitlupenmodus auf: Die Zeit läuft nur dann im normalen Tempo weiter, wenn der Spieler sich bewegt. Verharrt er in seiner Position, fliegen die Kugeln der Gegner nur im Schneckentempo auf ihn zu. Im Unterschied zu anderen First-Person-Shootern kommt es hier also nicht auf Reflexe an, sondern auf eine gute Umsicht.

Denn jede Kopfbewegung, jeder Schritt und jeder Schuss will gut geplant sein.

Die Schießereien finden in stylischen virtuellen Arenen statt, in denen rote Gegner den Spieler von allen Seiten aufs Korn nehmen. Oft hat man zum Start keine eigene Waffe, sondern muss zu einer Flasche sprinten und diese auf den Gegner werfen. Sobald dieser seine Waffe fallen lässt, ergreift man selbige und schießt auf ihn. Noch bevor die eigene Kugel auftrifft und er in Scherben zerspringt, dreht man sich zum nächsten Kontrahenten. Oftmals ist es besser, dem Gegner die eigene Waffe an den Kopf zu werfen oder ihn per Fausthieb auszuknocken, als zu warten, bis sie wieder schussbereit ist. Denn obwohl man seine Bewegungen in Ruhe planen kann, hat man dennoch keine Zeit zu verschwenden. Superhot ist extrem schwierig. Dank der sphärischen Musik und den wunderbar choreografierten Angrif-



fen taucht man binnen Sekunden in die Spielwelt ein und fühlt sich wie im Film „Die Matrix“. Es braucht zuweilen viele Anläufe, bis man sich die Wege aller Gegner und ihrer Kugeln in den rund 30 Levels des Solo-Modus eingeprägt hat. Hinzu kommen neun Arenen mit endlos vielen Zufallsgegnern und Regelmodifikationen. Wird man selbst getroffen, startet die Runde ohne lange Pause neu.

Das polnische Entwicklerteam zitiert in seinem Retro-Menü mit lustigen ASCII-Spiele-

reien alte DOS-Rechner. Dabei läuft das Spiel selbst auf kleineren PCs mit interner Grafikberechnung wie beispielsweise einem aktuellen Mac mini flüssig. Superhot gelingt eine tolle Umsetzung mit einem grandiosen Rhythmus. Das spricht selbst alte Ego-Shooter-Hasen an, denen Online-Schießereien zu hektisch sind. Gespannt sein darf man auf die geplante Umsetzung für VR-Brillen, die dieses Spiel zu einem Virtual-Reality-Vorzeigetitel machen könnte.

(hag@ct.de)

### Superhot

Vertrieb	Superhot, <a href="http://www.superhotgame.com">www.superhotgame.com</a>
Betriebssystem	Windows, OS X, Linux; außerdem geplant für Xbox One
Hardwareanforderungen	2,4-GHz-PC, 4 GByte RAM, 1-GByte-Grafik
Kopierschutz	Steam, DRM-frei über Gog.com
Idee	Umsetzung
Spaß	Dauermotivation
1 Spieler • Englisch • USK 16 • 23 €	



# Herber Rückschlag

Capcom weiß, wie man aus einer Serie mit immer neuen Aufgüssen das Maximale herausholt. Schon bei Street Fighter IV war das Original von 2009 nur der rudimentäre Unterbau, der erst sechs Jahre später in der Ultra-Version zu seiner endgültigen Stärke fand. Mit **Street Fighter V** gibt die beliebte Kampfspielserie ihr Debüt auf der PS4 und fängt erst einmal ganz unten an.

Die Zahl der Kämpfer ist wieder auf 16 zusammengeschnitten. Unter ihnen findet man zwölf alte Recken wie Ryu, die fesche Chun-Li und den rüden Birdie. Zu den vier neuen Kämpfern zählen eine Jiu-Jitsu-Dame sowie der flinke Rashid, der mitunter zum Wirbelwind wird. Der brasilianische Hau-

drauf Blanka fehlt jedoch. Alle Figuren erreichen ein ähnliches Stärke-Niveau, gegen jede Offensive gibt es einen geeigneten Konter.

Die Steuerung ist gut gelungen, insbesondere Serienanfänger dürfen sich über einprägsame Tastenkombinationen für die neuen Combos freuen. Nach dem kurzen Tutorial beherrscht man bereits alle Kniffe, um die Kämpfe des Story-Modus ohne nennenswerte Patzer zu bestehen. Im Vergleich zu den Vorgängern hat Capcom den Schwierigkeitsgrad heruntergeschraubt. Die 16 allzu kurzen Kampagnen für jeden Kämpfer hat man jedoch bereits nach zwei Stunden erledigt.

Die in der Unreal Engine 4 konstruierten Kulissen sehen prima aus, wirken allerdings statisch: Es gibt kaum bewegliche Objekte und die Statisten am Rand wurden langweilig animiert. Im Vergleich zu Mortal Kombat X lassen es die Kämpfer auch etwas an geschmeidigen Bewegungen vermissen. Die hässlichen Menüs wirken sehr



unübersichtlich; dazu dröhnt ein nervtötender Stumpf-Rock aus den Lautsprechern.

Auf der getesteten PS4-Version vermiest deutliche Verzögerungen die Online-Kämpfe. Die Verbindungsprobleme der Windows-Version konnte Capcom mit einem Patch beheben, allerdings dauert es auch hier sehr lange, bis ein Online-Match endlich startet. Abseits des Versus-Modus kann man in der Online-Liga sein Glück versuchen. Durch die neuen Einsteiger-Combos kommen in den spannenden Offline-Duellen selbst Button-Masher

erstaunlich weit, gezielten Konten von Könnern unterliegen sie jedoch weiterhin.

Am dürftigen Umfang von Street Fighter V erkennt man deutliche Leerstellen, die Capcom künftig mit Add-ons füllen will. Diese müssen nicht unbedingt extra bezahlt werden, sondern sollen sich mit Ausdauer auch freispielen lassen. Gegenüber dem Vorgänger muss man so zunächst herbe Einschnitte in Kauf nehmen. Umsteiger sollten daher in Ruhe abwarten, bis Capcom die inhaltlichen Lücken geschlossen hat.

(Peter Kusenberger/hag@ct.de)

Street Fighter V	
Vertrieb	Capcom
Systeme	Windows, PS4
Idee ○	Umsetzung ○
Spaß ⊕	Dauermotivation ⊖
1 bis 2 Spieler • deutsche Untertitel • USK 12 • 50–60 €	

# Abenteuer mit rotem Faden

Im Knobel-Geschicklichkeitsspiel **Unravel** steuert der Spieler den Dreikäsehoch Yarny, der aus rotem Strickgarn besteht. Yarny erkundet bezaubernde Landschaften, um Erinnerungsbilder und Deko-Objekte zu sammeln.

Auf seiner Sidescroller-Reise spult Yarny fortwährend sein Garn ab. Ist es vollständig aufgebraucht, muss er zurückgehen. Dann findet er vielleicht einen Weg, der weniger Garn kostet, sodass er bis zur nächsten Garnspule gelangt. Hier wickelt sich der verhärmte Kerl neues Garn auf die Rippen, und der Spielstand wird gesichert.

Yarny springt, schwingt und klettert über den Geschicklich-

keitsparcours. Wenn er sein Garn verschießt, bleibt es an markierten Punkten haften. Verknüpft der Held zwei Punkte miteinander, entstehen ein Trampolin oder eine Rampe, über die sich etwa Büchsen transportieren lassen.

In jedem der zwölf Level sind knapp ein Dutzend kleiner Rätsel zu lösen, die Tüftelei und Geschick erfordern. So lässt der Spieler Yarny ein Scheunentor öffnen, damit die herausrollenden Heuballen eine Brücke bilden. Genaues Timing ist nur selten nötig, etwa während der Flucht vor einem wilden Lemming. Hilfestellungen fehlen, doch mit etwas Nachdenken lässt sich jedes Problem lösen.

Das Ausprobieren macht vor allem deshalb Spaß, weil sich die Objekte physikalisch korrekt bewegen. Das Entwickler-Team hat sich an seiner Lebenswelt im heimischen Nordschweden



orientiert und wunderschöne Wälder, Meeresufer und Kiesgruben gestaltet. In einem Level stapft der wollige Kerl bei eisigem Wind durch tiefen Schnee, was den Spieler frösteln lässt. Sich ringelnde Blindschleichen, fallendes Laub oder nervtötende Mücken, die Yarny mit putzigen Animationen zu verscheuchen versucht, schmücken die fotorealistische Spielwelt mit liebevollen Details. Dazu erklingt meist ruhige, akustische Musik.

In den rund sechs Stunden Spielzeit lassen sich etliche Geheimnisse aufspüren. Wenn auch die Erzählung schemenhaft bleibt und Yarnys Wandlung vom unbelebten Wollknäuel zum Lebewesen nicht weiter erläutert wird, ist er doch sympathisch. Das wunderhübsche und spielerisch ausgewogene Abenteuer passt gut zu einem verregneten Wochenende mit Tee und Zimtschnecken. Den Schweden ist ein anheimelndes kleines Kunstwerk gelungen.

(Peter Kusenberger/hag@ct.de)

Unravel	
Vertrieb	Electronic Arts
Systeme	PS4, Xbox One, Windows
Idee ⊕⊕	Umsetzung ⊕⊕
Spaß ⊕	Dauermotivation ⊕
1 bis 2 Spieler • Deutsch • USK 6 • 20 €	



# Ich bin dann mal weg

Das Erzähl-Adventure **Firewatch** versetzt den Spieler in die Rolle eines Rangers in einem Nationalpark im US-Staat Wyoming, wo er einem mysteriösen Verbrechen auf die Spur kommt.

Henry heißt der Enddreißiger, der nach familiären Stürmen im Jahre 1989 eine abrupte Änderung seines Lebens beschließt: Er besetzt als Feuerwache einen Ausguck in einem weitläufigen Waldgebiet. Sein einziger Gesprächspartner ist seine Vorgesetzte Deliah, die in einiger Entfernung ihren Dienst verrichtet. Die beiden Kollegen reden viel via Walkie-Talkie miteinander, wobei sich die äußerst sympathischen Charaktere näher kommen.

Da der Spieler eine gewisse Entscheidungsfreiheit genießt,

kann er Deliahs Fragen und Bemerkungen unterschiedlich beantworten oder gar ignorieren. Stößt Henry seine Kollegin verbal vor den Kopf, wird sie sauer oder macht giftige Bemerkungen. Die Gesprächsoptionen vermitteln zwar den Eindruck, als forme der Spieler die Beziehung zwischen den beiden, ändern aber nichts am grundsätzlichen Handlungsverlauf.

Während seiner Wache unternimmt Henry tägliche Exkursionen. Deliah schickt ihn mit Karte und Kompass durch die malerischen Wälder, um zündelnde Teenager aufzuspüren oder gekappte Telefonleitungen zu untersuchen. Es ist zwar etwas umständlich, mit der Karte zu hantieren, aber man findet sich auf den Pfaden im Unterholz recht gut zurecht.

Nach der sanften Einführung nimmt das Spiel in der zweiten Hälfte eine dramatische Wendung. Die Fernsprech-Beziehung im Wald spiegelt immer stärker Henrys Innenleben wider, sodass einem die hervorragend gesprochenen Figuren schnell ans Herz



wachsen. In **Firewatch** gibt es keine Puzzles oder Reaktionstests, stattdessen erkundet man die wunderbare Landschaft, erledigt kleine Aufgaben wie das Öffnen einer Versorgungsbox oder das Anbringen von Kletterseilen und spinnt vor allem die Beziehung der beiden Protagonisten weiter.

Die Landschaft sieht fabelhaft aus. Der US-Entwickler Campo Santo tüncht den Wald in warme Orange-Töne mit dichten Laubwäldern, Gebirgsschluchten und Flussufern. Obwohl der Cel-Shading-Wald unbelebt ist und Henry weder wilden Tieren noch Menschen direkt begegnet,

schluckt die in Unity programmierte Grafik-Engine einiges an Systemleistung. In der getesteten PS4-Version wirkte die Fernsicht beschränkt und gelegentlich traten kleine Ruckler auf. Leider gibt es keine Untertitel für die beiden herausragenden englischen Sprecher, die den Figuren nur mit ihrer Stimme so viel Persönlichkeit verleihen.

Für rund fünf Stunden taucht der Spieler in ein lebendiges, erstklassig inszeniertes und bis zum Ende spannend erzähltes Drama, das zu den besten des jungen Genres der Walking-Simulatoren zählt.

(Peter Kusenberger/hag@ct.de)

## Firewatch

Vertrieb	Campo Santo
Systeme	PS4, Windows, OS X, Linux
Idee	Umsetzung
Spaß	Dauermotivation
1 Spieler • Englisch • redaktionelle Empfehlung ab 12 Jahren • 20 €	
⊕⊕ sehr gut	⊕ gut
⊖ schlecht	⊖ sehr schlecht

## Indie- und Freeware-Tipps

Mit seinem kostenlosen Studentenspiel **Orchids to Dusk** (Windows, OS X, Linux) wurde Pol Clarissou für den renommierten Nuovo Award beim Independent Games Festival nominiert. In seinem farbenfrohen Walking-Simulator schickt Clarissou den Spieler auf einen fremden Planeten, auf dem er nur wenige Minuten überleben kann. Also macht er sich auf den Weg, entdeckt Oasen und andere Astronauten, denen in der Wüste die Luft ausgegangen ist. Aber was passiert, wenn sich der Spieler einfach nur hinsetzt und seinen Helm abnimmt? Das kurze Spiel entzieht sich gängigen Spielmechaniken und greift mit seinem Online-Modus Ideen von „Journey“ auf.



Das furiose **Super Space Arcade** (Windows, OS X, Linux, Android) entführt Spieler in die Welt der 80er, als mit Zaxxon & Co. die ersten Pseudo-3D-Ballerspiele auf den Markt kamen. In dieser Freeware steuert der Spieler ein Raumschiff über eine klötzchenhafte 3D-Landschaft, schießt rund drei Minuten lang Gegner ab und sammelt Punkte ein. Dazu tönt ein herrlicher 16-Bit-Arcade-Soundtrack. Entwickler Tom Wor hat die Quellen des Unity-Spiels frei auf Github veröffentlicht, sodass man sich auch selbst an der Weiterentwicklung beteiligen kann.

Die Künstlerin Loren Schmidt denkt sich seit vielen Jahren bizarre Spielthemen

aus. Minimalistisch auf den Punkt brachte sie ihren Stil bereits 2009 mit dem prämierten Sidescroller **Star Guard** (Windows, OS X, Linux), einem temporeichen Jump&Run, dessen Grafik nur aus bunten Linien besteht, der jedoch mit seiner exakten Steuerung und der schnellen Spielmechanik besticht. Da das Freeware-Spiel in JavaScript programmiert wurde, lässt es sich einfach im Browser starten.



Mehr Tipps für originelle Indie-Spiele finden Sie in unserem Video-Blog „c't zockt“ auf ct.de und auf unserer gleichnamigen Kurator-Liste auf Steam. (hag@ct.de)

**ct** Downloads und Video: [ct.de/yp6x](http://ct.de/yp6x)

ROMAN SCHLEIFER 1. TEIL

# DER SCHWUR





**P**apa, warum leben wir nicht auf der Erde?"

„Weil sich das nur ...“

Das Geräusch auf- und abschwelliger Polizeisirenen unterbrach Pedor.

*Sieh an.* Er blickte durch das gekippte Fenster der Kochnische. Vier diskusförmige Gleiter schwebten zwischen den Wohnblöcken. Blaues Licht zuckte durch die Abenddämmerung, kratzte über Hauswände. Selbst bis in den achten Stock hörte er die gebrüllten Befehle der Polizisten. *Die Razzia findet diese Woche einen Tag früher statt.*

„Papa?“, fragte Cara.

Pedor sah seine Tochter an und fuhr fort, die Möhren zu zerkleinern. „Auf der Erde wohnen nur die Reichen.“

„Hm.“ Cara griff nach einem der Möhrenstücke am Schneidbrett und verfehlte es. Pedor stupste mit dem Messer eine Möhre an und rollte sie zu ihr. Cara erwischte sie, biss ein Stück ab und zerkaute es lautstark. „Asram wird dort mal wohnen.“

Pedor lachte. „Und wie will er so reich werden?“

„Er wird ein noch besserer Strahlenreiter als du.“

Stakkatoartig schossen Selbstvorwürfe gemeinsam mit Bildern aus der Vergangenheit in sein Bewusstsein. Überall Blut, endlos viel Blut, Schreie, Schmerz, Wut, Fassungslosigkeit und mitten darin Caras halb zerschnittener Körper mit Splintern im Gesicht und Danie, seine Lebensfrau, die in seinen Armen starb.

Mühevoll konzentrierte er sich auf die Gegenwart. „Da wünsche ich ihm viel Glück.“

„Er meint, mit dem Geld, das du beim Strahlenreiten verdient hast, müsstest wir längst auf der Erde leben.“

Pedor legte das Messer weg und kniete sich zu seiner Tochter. „Cara, du weißt von dem Unfall. Ich habe unser Vermögen dafür ausgegeben, dein Leben zu retten.“

Sein Magen verkrampfte sich, als er in die blinden Augen sah. Die Ärzte hatten sie zusammengeflickt, aber neue Augen konnten sich nur Erdbewohner leisten. Das implantierte Ultraschallgerät ersetzte die Sehkraft nur unzureichend.

„Wir haben auf Hernat alles, was wir brauchen.“ Sanft streichelte er ihre rotblonden Haare, die sie wie die Sommersprossen von ihrer Mutter geerbt hatte. Zum Glück wusste sie nicht, dass er log. Sie war zu klein gewesen, um sich jetzt mit neun Jahren daran zu erinnern, wie er als mehrfacher Strahlenreiter-Champion mit ihr und Danie im Luxus gelebt hatte. Sie wusste nicht, was sie verloren hatte.

„Stimmt.“ Cara piffte durch ihre Zahnücke. Es hörte sich falsch an. „Was kochst du diesen Monat?“

Pedor stand auf. „Lözty-Nuss-Ragout. Dafür habe ich extra Couszka gekauft.“ Fünfunddreißig Tage mussten sie sich mit dem Automaten-Synthofraß begnügen. Einmal im Monat leistete er sich ein selbst gekochtes Mahl samt einer Spezialität.

„Juhu!“ Die aufgedruckte Figur auf Caras T-Shirt, eine Mischung aus Biber und Ratte, verselbstständigte sich als Hologramm und schwebte pfotenklatschend und sich überschlagend im Raum.

Cara grinste. „Sogar Uly freut sich.“

„Dann kann ja nichts mehr schiefgehen.“ Pedor schüttete die Zwiebeln in den Topf, als die Kommunikationsfolie am Handgelenk vibrierte. Ein Miniholo baute sich auf.

*Achtung dringend! Untersuchungsbefund liegt vor.*

Pedor runzelte die Stirn. Das Computerprogramm, das die Ergebnisse der staatlichen Gesundenuntersuchung automatisiert zusandte, musste fehlerhaft sein – anders war der Vermerk nicht erklärbar.

Er öffnete die Datei, las die Zusammenfassung, schüttelte ungläubig den Kopf, las das vernichtende Resultat erneut und wurde blass.

zeugten von optimistischeren Zeiten und warnten vor erneuten übermütigen Utopien. Längst war die Oberschicht in den Nordwesten der City geflüchtet und tummelte sich am Strand des künstlich angelegten Tabea-Sees.

Der Rest der Menschen, ab dem unteren Bürgertum, lebte weiter in dem Begegnungsviertel, weil sie sich nur dort die Mieten leisten konnten.

Pedor schüttelte den Kopf. Seit dem Untersuchungsbefund war seine politisch kritische Haltung unwichtig. Er bekam Angst. Was würde aus Cara werden? Wer würde ein blindes Mädchen mit derselben Hingabe wie ihr Vater durch das Leben begleiten? Wer würde sich den ersten Freund zur Brust nehmen? Wer würde sie nach der ersten Enttäuschung trösten? Wer sich mit ihr über den Schulabschluss freuen?

Bevor ihn die anderen Passagiere ansprachen, zog er die Baseballkappe tiefer ins Gesicht und wischte die Tränen weg.

„Nächster Halt: Grell's Plaza.“

Zusammen mit einer Handvoll Menschen stieg er aus dem Gleiterbus in die anbrechende Nacht. Ein eisiger Windstoß ließ ihn frösteln.

*Die Kälte passt zu meinem Gemütszustand,* dachte er und zog den Reißverschluss der Jacke nach oben. Diese Überlegungen brachten ihn kein Stück weiter. Er musste stark sein, durfte sich keine Schwäche leisten.

Ein Bettler lehnte in dem Wartehäuschen, hielt die Hand auf in der Hoffnung auf Kleingeld. Niemand erbarmte sich. Pedor seufzte, griff in die Tasche und drückte dem Mann gerade so viel in die Hand, dass er sich einen Happen zu essen, aber keinen Alkohol kaufen konnte.

Wie eines der Pärchen, das mit ihm ausgestiegen war, wandte er sich in Richtung des Bergs im Nordosten der Stadt. An der ersten Straßenecke lungerten mehrere Halbwüchsige und musterten sie mit grimmigen Gesichtern.

Unwillkürlich grinste Pedor. Die Methoden der Einschüchterung hatten sich seit seiner Jugend nicht geändert, nur die Halbstarken waren jünger geworden. Für zwei von ihnen war Bartentfernungsschmerzcreme einstweilen nur ein Begriff.

Als das Pärchen an der Gruppe vorbeiging, riefen die Jungs ein paar Zoten. Die Frau antwortete mit dem Mittelfinger. Die Kids johlten, klatschten und vollführten eindeutige Beckenbewegungen.

*Wer rastet aus, wenn Cara mit so einem Typen heimkommt?*

Wütend auf sich selbst schlug er mit der Faust in die andere Hand.

*Hör auf!* mahnte er sich. *Grübeln bringt nichts, nur Taten helfen Cara.*

Nach drei Straßenzügen bog er am Automaten-Mini-Supermarkt ab und hielt auf die „Maiskolben“-Türme zu. Den Namen verdankten die drei ihrer Ähnlichkeit mit dem Getreide. Die Fenster der untersten Etage waren mit Brettern verschlagen. Graffiti zweier Banden, die um das Gebiet kämpften, prangten darauf.

Anstelle der Sprechanlage ragten vier lose Kabel aus der Mauer. Die Eingangstür war eingetreten, hing nur an einer Angel und würde diesen Herbst nicht mehr überstehen. Das Treppenhaus war mit systemkritischen Sprüchen und Beschimpfungen gegen die Polizei vollgeschmiert. Über das quer über die Aufzugstür geschriebene Wort „Defekt“ wunderte er sich nicht einmal.

Dass dieser Canossa-Gang schwer werden würde, war ihm vor dem Aufbruch klar gewesen. Die einunddreißig Stockwerke zu Fuß zu bewältigen, war dabei die leichteste Übung. Zügig stieg er nach oben und betrat den Gang zu den Wohnungen.

Zwei der Türen waren mit roten, kreuz und quer verlaufenden Strahlen gesichert. Wohnung Nummer 3107 gehörte nicht dazu. Auch hier war die Türholanlage zerstört worden. Also musste er klopfen.

Er hob den Arm, zögerte.

War das die beste Option für Cara?

Er holte tief Luft, klopfte.

Stille.

Pedor pochte energischer, schlug mit der Faust mehrmals gegen die Tür.

„Verpiss euch!“ Eine männliche Stimme drang aus der Wohnung.

Pedor hämmerte weiter, bis er Öffnungsgeräusche hörte.

Ein glatzköpfiger Mann mit buschigen Augenbrauen zog die Tür auf, ein Vibromesser in der Hand. „Ihr blöden Wichser!“ Er erkannte

Pedor und stutzte. „Du hast echt Mumm.“ Er senkte das Messer ein wenig ab.

„Mir fehlen die Alternativen, Thim.“ Pedor schob seinen Schwager beiseite und betrat den Vorraum. Im Bad versiegten die Duschgeräusche.

„Ligia springt dir ins Gesicht.“ Thim stellte sich vor ihn. „Gestern war Danies Todestag, verdammt!“

Pedor schnaufte. „Denkst du, ich wüsste das nicht?“

Die Badezimmertür öffnete sich und Ligia trat ihm mit einem Badetuch um den Körper entgegen. In den schwarzen Haaren klebte weißer Schaum vom Shampoo. „Thim hat es ...“ Ihre Gesichtszüge verhärteten sich, als sie Pedor sah. „Du wagst es, hier aufzutauchen?“ Ihr Blick fiel auf Thims Vibromesser.

„Es geht um Cara.“

„Erinnere mich nicht daran, dass meine Nichte bei dir wohnt.“

Nach dem Sorgerechtsstreit nach Danies Tod hatte sich Pedor geschworen, nie wieder mit der Schwester seiner verstorbenen Frau zu reden. Doch diesen Luxus konnte er sich nicht mehr leisten.

„Ich lebe nur noch sechs Monate.“

Während Thim ein „Oh!“ entfuhr, zeigte Ligia keine Reaktion. Vermutlich freute sie sich, dass Danies Tod endlich gerächt wurde.

„Ich bitte euch, Cara aufzunehmen.“ Pedor war erleichtert, die Worte ausgesprochen zu haben. Obwohl es die einzig sinnvolle Möglichkeit für Cara war, hatte er nach Alternativen gesucht. Ligia war ihm bereits beim ersten Treffen unsympathisch gewesen. Sie lehnte ihn als „Schwager“ ab, hielt ihn für den Kriminellen, der er einst gewesen war. Und seit dem Unfall, der Danie das Leben gekostet hatte, war er ohnehin ihr persönlicher Feind Nummer Eins.

Sie musterte ihn. Der Triumph in den Augen über seinen baldigen Tod prallte an ihm ab. Er musste eine Bleibe für Cara finden, egal wie stark er sich dafür demütigte.

Thim räusperte sich. „Beat und Lambra liegen uns ganz schön ...“

Ligia sah ihn an und er verstummte. „Wir denken darüber nach.“

Pedor ballte die Finger zu Fäusten. Es war falsch gewesen, sie aufzusuchen. Ligia sprang nicht über ihren Schatten, hasste ihn so sehr, dass die Liebe zu ihrer Nichte verlor.

„Mein Fehler“, sagte Pedor. „Ich hätte wissen müssen, dass dir dein Frust wichtiger ist als Cara.“ Bevor sie antworten konnte, drehte er sich um und flüchtete aus der Wohnung.

*Ich finde einen anderen Weg, Cara ein halbwegs normales Leben zu ermöglichen.*

**P**edor kniete vor seiner Tochter, streichelte ihre rotblonden Haare und tippte auf ihre Nasenspitze. „Bilta verbringt den Tag mit dir.“

„Juhul!“ Cara drehte sich zu der knapp dreißigjährigen Nachbarin und nahm sie an der Hand. „Spielen wir ‚Uty ärgere dich nicht‘?“

Bilta tätschelte Caras Schulter. „Damit du erneut gewinnst?“

„Du musst dich halt bemühen.“ Cara zeigte ihr die Zunge. „Vielleicht verrate ich dir ein paar Tricks.“ Sie zerrte Bilta in Richtung der Wohnzimmercouch. „Aber erst nach dem Spiel.“

Lautlos formte Pedor ein „Danke“.

Bilta lächelte. „Cara, geh vor, ich begleite deinen Papa zur Tür.“

Cara huschte davon und sprang auf die Couch, während er und Bilta in den Vorraum gingen.

„Ich weiß gar nicht, wie ich mich revanchieren kann“, sagte Pedor.

Die junge Frau machte eine wegwerfende Handbewegung. „Ich drücke dir für heute die Daumen.“ Sie verzog die Lippen. „Sicher, dass du ausgerechnet das tun willst?“

„Sie zahlen am besten.“

„Du könntest auch wieder ...“

Er schüttelte den Kopf. „Ich habe es ihr geschworen.“

Sie seufzte, öffnete die Tür. „Viel Glück!“

Pedor verließ die Wohnung und steuerte auf die Landestelle für den Schwebebus zu. Drei Linien brachten ihn zum Raumhafen, auf dem ein walzenförmiges Raumschiff neben dem anderen parkte. Der Wartebereich des Hafens war ein Tollhaus. Touristen suchten hektisch nach zollfreien Waren, Geschäftsleute konferierten im Schutz von Akustikfeldern und andere wollten nur ihre Ruhe. Wie Pedor. Er setzte sich in einen Sessel am Abfluggate zur Diebohn-Raumstation und hing seinen Gedanken nach.

Warum musste das Schicksal zweimal in seinem Leben zuschlagen? Zuerst der Unfall mit Danies Tod und nun er. Aber dass er als Strahlenreiter früher als der Durchschnitt abtreten würde, war klar gewesen. Die irrsinnigen Strahlenwerte, denen er bei jedem Ausritt ausgesetzt gewesen war, konnten nur zu einem früheren Tod führen. Doch dass er vor Caras zehntem Geburtstag sterben musste, erschütterte ihn.

Leider hatte er sich damals keine Gedanken um Kinder gemacht. Mit zwanzig Jahren war ihm das erhöhte Krebsrisiko durch den Sport gleichgültig gewesen. „Was interessiert mich, wie es mir in vierzig Jahren geht?“, hatte er mehr als einmal in die Mikrofonfelder gesagt. „Ich lebe heute und nicht morgen.“

Außerdem waren die Champagnerbäder mit den Groupies, die exquisiten Speisen und die scheinbar unbegrenzten Möglichkeiten ein zu gutes Argument gewesen, um über später nachzudenken. Verdammt, seine Mutter hatte gestohlen, um ihn ernähren zu können. Er selbst hatte sich das erste Holo-Spiel durch Abzocke von Touristen verdient. Warum hätte er im Geldregen vernünftig werden sollen?

Der vertraute Geruch von Kokos drang in seine Nase und spülte Erinnerungen hoch. Er spürte Danies Lippen, spürte ihre Finger, die abwärts wanderten, spürte ...

Schlagartig sprang er aus der Höhle seiner Gedanken und blickte sich um. Eine Geschäftsfrau stolzierte an ihm vorüber und setzte sich drei Stühle neben ihn.

Das musste er sich nicht antun.

Er stand auf und suchte sich einen anderen Platz. Eine Stunde später brachte ihn das Shuttle zur Raumstation. Nach dem Ausstieg orderte er bei einem der Infoterminals einen Holo-Navigationspfad, der ihn zur Ebene 78 leitete, in dem sich das Büro des vor zwanzig Jahren gegründeten Familienunternehmens Homots Ltd. befand.

Warum die Homots überhaupt noch arbeiteten, war Gegenstand zahlreicher Spekulationen in den Wirtschaftsmedien. Nötig hatten sie es nicht. Vor neunzehn Jahren hatten sie in der Westside der Galaxis einen Mond voller Schwingungsquarze gefunden. Die hohe Dichte und Reinheit der Kristalle bescherte ihnen ein Monopol im Bereich des überlichtschnellen Raumantriebs, das sie sich unverschämt hoch bezahlen ließen. Eigentlich hätten sie längst auf der Erde wohnen müssen.

Pedor betrat den Wartebereich und stutzte. Im ersten Moment wähnte er sich am Strand einer Äquatorinsel. Das trockene Knirschen des Sandes unter den Schuhsohlen vermischte sich mit dem Vogelgezwitscher und dem Rauschen des holografischen Wasserfalls. Beides kam aus unsichtbaren Lautsprecherfeldern. Dennoch verhalten ihm der leichte salzhaltige Wind und die Palmen zu Urlaubsfeeling. Fehlten nur die Cocktails samt dem Geklitze der Eisdübel und es wäre wie vor dem Unfall gewesen.

Zwei Männer saßen auf einem der Baumstämme, während eine Frau es sich im Sand bequem gemacht hatte. Er nickte ihnen zu.

Nur die Frau sah ihn an, wandte sich ihrem Holo-Buch zu, nur um ihn erneut anzusehen. Ihre Augenbrauen hoben sich.

Menschen, die ihn erkannten, teilte er in zwei Kategorien. In jene, die vor sieben Jahren auf die fünfzehnte Titelverteidigung gewettet, viel Geld verloren hatten und auf ihn sauer waren, und in jene, für die er immer noch den Helden verkörperte. Der arme Junge aus der Gosse, der Kleinkriminelle, der es durch Fleiß und Können im Sport bis an die Spitze geschafft hatte. Dass dabei auch Wettbetrug im Spiel gewesen war, wussten nur er und sein damals bester Freund.

Die Frau kniff die Augen zusammen, schien mit sich zu ringen, ob sie ihn ansprechen sollte und verzichtete darauf.

Dreißig Minuten später saß er allein im Sand. Die beiden Männer waren mit misstrauischem Gesicht aus dem Büro gestapft, die Frau hatte es danach mit einem siegessicheren Grinsen betreten. Während die Tür aufging, verwischte er die Totenköpfe, die er in den Sand gezeichnet hatte.

Sie rauschte an ihm vorbei. „Du sollst reinkommen!“

*Ebenfalls verloren.*

Im Büro empfing ihn die Gegenwart. Bis auf den holografischen Mond, der langsam hinter Josh Homot rotierte, war es zweckmäßig, fast schon eine Spur zu nüchtern eingerichtet.

„Pedor Hinohs.“ Der Firmenchef musterte ihn. Sündteure grüne Kristalle waren in den Kinnbart eingeflochten. „Nimm Platz, Champ.“



Anzeige

Er hasste diesen Titel, weil es vorbei und er längst nicht mehr der Champion war. Aber er sagte nichts und wartete, dass Homot das Gespräch eröffnete.

Der Unternehmer beugte sich vor. „Du hast mich verdammt viel Kohle gekostet.“

Längst hatte Pedor es aufgegeben, sich für sein „Versagen“ zu entschuldigen. Homot jedoch strahlte etwas aus, das ihn immer beeindruckt hatte: Ehrlichkeit und Offenheit. Selten hatte er einen Menschen getroffen, der ihm auf Anhieb so sympathisch gewesen war wie Homot. „Tut mir leid.“

„Ach was! Deine Tochter lag im Sterben. Wenn es meine gewesen wäre, hätte ich auch nicht mehr entspannt gearbeitet.“ Der Mann goss einen orangefarbenen Saft ins Glas. „Auch einen?“

Pedor schüttelte den Kopf. Er hatte damals nur verloren, weil er geistig statt in der Kampfzone in Caras Krankenzimmer gewesen war. Die Sorge hatte die Intuition überlagert und ihn als Verlierer aus der Arena geworfen.

„Du bewirbst dich wirklich um die Stelle, Champ?“

Er nickte.

„Hm.“ Homot klimperte mit den Kristallen im Bart. „Strahlenreiten wäre lukrativer.“

Sollte Pedor ihm die Wahrheit sagen?

„Du hättest alle Aufmerksamkeit der Galaxis“, fuhr Homot fort. „Und du wärest Favorit.“

„Ich verfolge die Wettbewerbe nicht mehr.“

„Du verpasst nichts. Der neue Galaxismeister ist nur halb so gut wie du. Es macht keinen Spaß mehr.“ Er nahm einen Schluck von dem orangefarbenen Getränk. „Ich würde wieder auf dich setzen.“

Pedor verzog die Lippen, kommentierte die indirekte Wertschätzung jedoch nicht.

„Zum Geschäftlichen: Die Bedingungen sind simpel. Ein Monat durchgehend auf dem Schürfmond. Für Unterkunft, Essen und Trinken sorgen wir. Die steuerliche Geschichte obliegt dir.“

„Ich bleibe drei Monate.“

Homot lachte auf. „Das hältst du nicht durch.“

„Lass es mich versuchen. Abreisen kann ich jederzeit.“

„Du meinst es tatsächlich ernst.“

„Todernst.“

„Na gut, Champ. Deine Verantwortung. Ich brauche die Ergebnisse deiner letzten staatlichen Gesundenuntersuchung und ...“

„Darauf können wir bei mir doch sicher verzichten.“

„Wo denkst du hin? Wir sind ein anständiges Unternehmen, gesetzestreu und steuerehrlich.“ Er zwinkerte. „Bei einer Fixanstellung kommen wir also nicht darum herum.“ Homot blickte an die Decke. „Paragraph 358 Arbeitnehmerschutzgesetz. Sofern du auf Honorarnote arbeitest, genügt mir das Wort eines Champions, dass er gesund ist.“

„Gesünder geht's nicht.“ Pedor zwang sich zu einem Grinsen, das Homot erwiderte. „Wie viel?“

Schlagartig wich der Schalk aus Homots Augen. „Dir geht's wirklich mies, oder?“

„Wie viel?“

Die Summe, die ihm Homot nannte, war für Cara zu gering. Damit erkaufte er ihr drei, maximal vier Jahre. Er benötigte mindestens das Zehnfache. „Hast du andere Jobs?“

„Keine, die so gut bezahlt sind.“ Homot nahm das Glas in die Hand. „Sorry, Champ.“

Pedor kaute an der Unterlippe. Welche legalen Optionen hatte er?

„Wirklich so schlimm, Champ?“

„Schlimmer.“

„Wie viel brauchst du?“ Homot nippte am orangefarbenen Getränk.

Nachdem Pedor ihm die Zahl gesagt hatte, verschluckte sich der Unternehmer. „Willst auf der Erde leben, was?“ Er stellte das Glas ab. „Dort hältst du keine zwei Wochen durch.“

„Denkst du?“

„Meine mir Zugemutete und ich waren dort und sind nach einem Monat geflüchtet. Friede, Freude, Eierkuchen liegen uns nicht. Wir leben vom Nervenkitzel.“ Er lächelte. „Außerdem können wir mit diesen reichen Schnöseln nicht.“

„Irgendeine Idee, wie ich das Geld innerhalb von vier, maximal fünf Monaten auftreibe?“

„Strahlenreiten.“

Pedor schüttelte den Kopf.

„Warum nicht?“ Homot räusperte sich. „Das ist der beste Weg zu so viel Geld. Und du bist allen anderen überlegen.“ Er kratzte sich am Kinn. „Wo ist das Problem, Champ?“

Er rang mit sich. Den Grund für seine Sturheit kannte nur ein enger Kreis von Leuten. Homot blickte ihn geradewegs in die Augen. Pedor gab sich einen Ruck. „Ich habe es meiner Frau nach dem Unfall versprochen.“

„Sie ist gestorben, oder?“

„In meinen Armen.“

Homot schwieg, schien nachzudenken. „Und der Schwur ist dir wichtiger als ein gutes Leben für deine Tochter?“

„Nein. Aber ich...“ Pedor suchte nach Worten. Homot hatte recht. Es war dämlich, einer Verstorbenen gegenüber loyal zu sein. „Ich bin Schuld, dass sie gestorben ist, und jetzt ... jetzt soll ich auch noch den Schwur brechen?“

Er wusste, dass es ein schlechtes Argument war. Der Bruch des Versprechens war ein Klacks gegen ihren Tod.

„Das klingt nach Ausrede.“

Kannst du Gedanken lesen?

Der zweite Grund war sein mieses Bauchgefühl. Es gab nur einen Mann, der einen Kampf so arrangieren konnte, dass Pedor genügend Geld herauschlug. Aber dieser Mann würde ihn und Cara abzocken. Vermutlich bekamen sie den Gewinn nie zu Gesicht.

„Ich will nicht darüber reden“, antwortete Pedor.

„Wie du meinst, Champ.“ Homot zuckte mit den Schultern. „Aber denk daran: Es geht um deine Tochter.“

Während das Shuttle die Raumstation verließ, verband Pedor die Kommunikationsfolie mit den Ortungssensoren und holte sich den Doppelstern ins Hologramm. Noch ein Monat bis zum Sonnenfleckenmaximum. Die Anzahl der Protuberanzen, mit der Reats Beta das Magnetfeld von Herat bewarf, stieg mit jedem Tag. Pedor zoomte die Feuerfinger heran, suchte nach den besten Strömungskavernen und fand sie sofort.

Selbst im Holo „fühlte“ er die Strömung, sah sie, erkannte die Stelle, an der sie sein würde. Diese Gabe hatte ihn zum vierzehnfachen Champion gekürt, woher immer sie auch kam.

Eine Anrufsignatur legte sich über das Holo der Zwillingssonnen.

Pedor schnaufte. Er hatte mit dem Anrufer viel früher gerechnet. Aber Makam war ein hinterhältiger Mistkerl. Er hatte gewartet, bis er gegen ein paar Mauern gelaufen war, bevor er ihn kontaktierte.

Mit einem Blinzeln öffnete er das Hologramm.

„Pedor, stimmt das?“ Die sorgenvolle Stimme des gleichaltrigen Mannes klang tiefer als vor sieben Jahren.

Stimmband-Operation.

Seit ihrem letzten Kontakt hatte sich der eitle Geck mehrmals neu designen lassen. Wahrscheinlich kannte Pedor als Einziger auf dem Planeten Makams ursprüngliches Gesicht. Die Wangenknochen waren nach der aktuellen Mode erhöht, die Haut darüber durchsichtig, damit die Diamanten in den Knochen bewundert werden konnten. Wie in reichen Kreisen üblich, hatte er über der rechten Augenbraue einen Holo-Projektor implantiert. Damit projizierte er ein zusätzliches Auge, das zeitverzögert die echten Augenbewegungen imitierte.

Was für ein Schwachsinn, dachte Pedor. Aber Makam hatte immer großen Wert darauf gelegt, dazu zu gehören und auf sein Äußeres geachtet. Bereits mit vierzehn Jahren hatten sie gemeinsam gefälschte Designeranzüge für ihn geklaut. Der Erfolg gab seinem Grundsatz recht: Exklusives Aussehen ist die halbe Miete.

„Pedor?“

„Stellst du immer noch rhetorische Fragen?“ Sein Bauchgefühl schlug Alarm. Er durfte ihm nicht trauen.

Makam grinste. „Begraben wir die Vergangenheit.“ Das holografische Auge öffnete sich voller Sorge. „Ich helfe dir.“

„Bist du unter die Samariter gegangen?“

„Warum so feindlich?“

„Du weißt, wie wir auseinandergegangen sind.“

„Ich erinnere mich daran, dass ich dir das Leben geschenkt habe.“

„Weil du eine identische Schuld beglichen hast.“

„Wie ich schon sagte: Begraben wir die Vergangenheit.“

Konnten sie das wirklich? Sie waren gemeinsam aufgewachsen, waren beste Freunde geworden, hatten sich gegenseitig angestachelt, Frauen und Gewinne aus halblegalen Geschäften geteilt. Ihre Partys waren in der Szene legendär gewesen. Sie hatten sich blind vertraut, bis ...

„Warum zögerst du?“, fragte Makam, während das Auge die Emotionen des vorvorletzten Satzes spiegelte.

„Weil du unsere Freundschaft wegen Geld verraten hast.“

*Und weil ich ein mieses Gefühl bei dir habe. Weil nichts mehr so ist wie früher, als wir die besten Freunde waren,* ergänzte er in Gedanken.

„Ich habe mich von dir distanziert, um dich zu schützen.“ Makam klang beleidigt. „Die Leute des Syndikats wollten von mir das Geld und dich tot sehen. Dein verlorener Kampf hat mich fast in den Ruin getrieben.“

„Du hast auf ihn bestanden. Ich wollte ihn absagen.“

„Für eine Absage war zu viel Geld im Spiel.“

„Das am Ende alle verloren haben.“

Makam schüttelte den Kopf. „Das ich verloren habe. Ich habe ...“ Er hielt inne. „Deine Lebenszeit ist zu kostbar, um sie mit einem Streit zu verschwenden. Dir bleiben fünfeinhalb Monate, um Geld für Caras Leben aufzutreiben.“

Pedor hasste es, wenn Makam recht hatte.

„Falls du um den Titel kämpfst, hat Cara ausgesorgt und du kannst mit ruhigem Gewissen sterben. Zusätzlich zu deinem Kampfgeld, deiner üblichen Beteiligung an den Wettquoten, spende ich von jedem Wetteinsatz ein Prozent an eine Stiftung für Cara. Wir werden ihre Rettung in den Werbemittelpunkt stellen.“ Makams Augen leuchteten, während Pedors Bauchgefühl immer lauter auf-

schrie. „Ich schwöre dir, nach dem Kampf schwimmen sogar deine Enkel im Luxus.“

Pedor wurde wütend. „Du kennst Cara nicht, hast dich damals nur mit mir getroffen, sofern sie nicht in der Nähe war. Tu nicht so, als läge dir ihr Wohl am Herzen.“ Ihm fiel noch etwas ein. „Du hast mich einen Schwachkopf genannt, der seine Freiheit aufgibt, als Danie schwanger wurde.“

„Ich habe meine Einstellung geändert.“

„Makam, du ...“

„Schon gut, schon gut. Klar will ich mitverdienen.“ Makam fuhr sich über die modisch kurz geschnittenen pinkfarbenen Haare. „Gilt der Deal?“

„Du weißt, warum ich ablehne.“

Makam verdrehte die Augen. „Scheiß auf den Schwur! Ohne das Geld ist deine Tochter in dieser Welt aufgeschmissen. Bei deiner Schwägerin wäre sie nur das Kind ihrer Schwester.“ Er rümpfte die Nase. „Jede Wette, du warst schon bei diesem Miststück, und sie hat abgelehnt.“

Pedor verzog keine Miene.

„Ich habe recht, ich weiß es. Pedor, der Wettkampf ist deine und Caras einzige Chance. Wie lange überlebt eine mittellose Blinde in einem staatlichen Waisenhaus? Was schätzt du?“

Wortlos deaktivierte Pedor die Funkverbindung. Mit solchen Sätzen konnte er ihn kreuzweise. So brauchte ihm Makam nach sieben Jahren des Ignorierens gar nicht erst zu kommen.

Im Hologramm waren die Aufnahmen der Protuberanzen dem näherkommenden Raumhafen gewichen. Als das Shuttle aufsetzte, wusste er, was er als Nächstes tun musste. (bb@ct.de)

Zweiter und letzter Teil im nächsten Heft

ct

Anzeige

Anzeige



Anzeige

Anzeige

Anzeige

Anzeige



Anzeige

Anzeige

Anzeige

Anzeige



# Impressum

## Redaktion

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Redaktion c't  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-300  
Telefax: 05 11/53 52-417  
Internet: www.ct.de  
E-Mail: ct@ct.de

### Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe

„WLAN ohne Funkloch“: Dušan Živadinović (dz@ct.de),  
„Lassen Sie denken!": Jo Bager (jo@ct.de)

**Chefredakteure:** Detlef Grell (gr@ct.de) (verantwortlich für den Textteil),  
Johannes Endres (je@ct.de)

**Stellv. Chefredakteure:** Jürgen Kuri (jk@ct.de), Georg Schnurer (gs@ct.de)

### Textredaktion & Qualitätssicherung

Harald Bögeholz (bo@ct.de), Gerald Himmelein (ghi@ct.de), Ingo T. Storm (it@ct.de)

### Ressort Software & Medien

(software-medien@ct.de)

**Leitende Redakteure:** Dorothee Wiegand (dwi@ct.de), Dr. Volker Zota (vza@ct.de)

**Redaktion:** Dieter Brors (db@ct.de), Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Sven Hansen (sha@ct.de), Ulrich Hilgefort (uh@ct.de), Nico Jurrán (nij@ct.de), André Kramer (akr@ct.de), Martin Reche (mre@ct.de), Peter Schmitz (psz@ct.de), Dr. Hans-Peter Schüller (hps@ct.de), Andrea Trinkwalder (atr@ct.de), Peter-Michael Ziegler (pmz@ct.de)

### Ressort Systeme & Sicherheit

(systeme-sicherheit@ct.de)  
**Leitende Redakteure:** Peter Siering (ps@ct.de), Dr. Oliver Diedrich (odi@ct.de),  
Jürgen Schmidt (ju@ct.de)

**Redaktion:** Mirko Dölle (mid@ct.de), Liane M. Dubowy (lmd@ct.de), Ronald Eikenberg (rei@ct.de), Oliver Lau (ola@ct.de), Thorsten Leemhuis (thl@ct.de), Johannes Merkert (jme@ct.de), Fabian A. Scherschel (fab@ct.de), Dennis Schirmacher (des@ct.de), Jan Schüßler (jss@ct.de), Hajo Schulz (hos@ct.de), Axel Vahldiek (axv@ct.de)

### Ressort Hardware

(hardware@ct.de)  
**Leitende Redakteure:** Christof Windeck (ciw@ct.de), Ulrike Kuhlmann (uk@ct.de),  
Andreas Stiller (as@ct.de), Dušan Živadinović (dz@ct.de)

**Redaktion:** Ernst Ahlers (ea@ct.de), Benjamin Benz (bbe@ct.de), Martin Fischer (mfi@ct.de),  
Tim Gerber (tig@ct.de), Christian Hirsch (chh@ct.de), Jan-Keno Janssen (jkj@ct.de), Lutz Labs (ll@ct.de), Rudolf Opitz (rop@ct.de), Stefan Porteck (spo@ct.de)

### Ressort Internet & Mobiles

(internet-mobiles@ct.de)

**Leitende Redakteure:** Jörg Wirtgen (jow@ct.de), Axel Kossel (ad@ct.de)

**Redaktion:** Jo Bager (jo@ct.de), Achim Barczok (acb@ct.de), Bernd Behr (bb@ct.de),  
Daniel Berger (dbe@ct.de), Holger Bleich (hob@ct.de), Hannes A. Czerulla (hcz@ct.de),  
Urs Mansmann (uma@ct.de), Florian Müssig (mue@ct.de), Alexander Spier (asp@ct.de),  
Christian Wölbelt (cwo@ct.de)

### Newsroom/heise online:

Jürgen Kuri (Ltg., jk@ct.de)  
**Redaktion:** Kristina Beer (kbe@ct.de), Volker Briegleb (vbr@ct.de), Martin Holland (mho@ct.de), Axel Kannenberg (axk@ct.de), Andreas Wilkens (anw@ct.de)

### Koordination Social Media:

Martin Fischer (mfi@ct.de), Dr. Volker Zota (vza@ct.de)

### Koordination:

Martin Triadan (mat@ct.de)

**Redaktionsassistent:** Mariama Baldé (mbi@ct.de), Susanne Cölle (suc@ct.de),  
Christopher Tränkmann (cht@ct.de)

### Software-Entwicklung:

Kai Wasserbäch (kaw@ct.de)  
**Technische Assistent:** Ralf Schneider (Ltg., rs@ct.de), Hans-Jürgen Berndt (hjb@ct.de),  
Denis Fröhlich (dfr@ct.de), Christoph Hoppe (cho@ct.de), Stefan Labusga (sla@ct.de),  
Arne Mertins (ame@ct.de), Jens Nohl (jno@ct.de), Wolfram Tege (te@ct.de)

### Dokumentation:

Thomas Masur (tm@ct.de)

### Korrespondenten

Verlagsbüro **München:** Hans-Pinsel-Str. 10a, 85540 Haar,  
Tel.: 0 89/42 71 86-0, Fax: 0 89/42 71 86-10

**Frankfurt:** Volker Weber (vowe@ct.de), Elly-Heuss-Knapp-Weg 8, 64285 Darmstadt,  
Tel.: 0 61 51/2 26 18

**Nordamerika:** Daniel AJ Sokolov (ds@ct.de), 91 Nelsons Landing Blvd., Apt 600, Bedford, NS,  
B4A 3X4, Kanada, Tel.: +1 77 83 00 06 37

**Ständige Mitarbeiter:** Ralph Altmann, Leo Becker (lbe@ct.de), Detlef Borchers,  
Herbert Braun (heb@ct.de), Tobias Engler, Monika Ermert, Prof. Dr. Noogie C. Kaufmann,  
Dr. M. Michael König, Stefan Krempl, Prof. Dr. Jörn Loviscach, Kai Mielke, Dr. Klaus Peeck,  
Prof. Dr. Thomas J. Schult, Ben Schwan (bsc@ct.de), Christiane Schulzki-Haddouti,  
Kai Schwirzke

**DTP-Produktion:** Wolfgang Otto (Ltg.), Ben Dietrich Berlin, Martina Fredrich, Ines Gehre,  
Jörg Gottschalk, Birgit Graff, Angela Hilberg, Anja Kreft, Martin Kreft, Astrid Seifert,  
Edith Tötsches, Dieter Wähler, Dirk Wollschläger, Brigitta Zurheiden

**Art Direction:** Bettina Keim (Layout), Thomas Saur (Illustration)

**Junior Art Director und Layout-Konzeption:** Martina Bruns, Hea-Kyoung Kim

**Fotografie:** Andreas Wodrich, Melissa Ramson, Antonia Stratmann

**Videoproduktion:** Johannes Maurer

**Tablet-Producerin:** Melanie Seewig

### Illustrationen

Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover

Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien

Story: Susanne Wustmann und Michael Thiele, Dortmund

Aufmacher: Thomas Saur, Stefan Arand

c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

**c't-Krypto-Kampagne:** Infos zur Krypto-Kampagne unter ct.de/pgpCA. Die Authentizität  
unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: DAFFB000

ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>

A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000

Key-ID: B3B2A12C

ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>

19ED 6E14 58EB A451 C5E8 0871 DBD2 45FC B3B2 A12C

## Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: www.heise.de

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Dr. Alfons Schröder

**Mitglieder der Geschäftsleitung:** Beate Gerold, Jörg Mühle

**Verlagsleiter:** Dr. Alfons Schröder

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil),  
www.heise.de/mediadaten/ct

**Anzeigenpreise:** Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 33 vom 1. Januar 2016.

### Anzeigen-Auslandsvertretungen (Asien):

CyberMedia Communications Inc., 9F-2, No.89, Sec. 1, Beixin Rd.,  
Xindian Dist., New Taipei City 23147, Taiwan (R.O.C.),  
Tel: +886-(0)2-8911-0960, Fax: +886-(0)2-8911-0940,  
E-Mail: fc@cybermedia.com.tw

**Leiter Vertrieb und Marketing:** André Lux (-299)

**Werbeleitung:** Julia Conrades (-156)

**Service Sonderdrucke:** Julia Conrades (-156)

**Druck:** Firmengruppe APPL echter druck GmbH, Delpstraße 15, 97084 Würzburg

**Kundenkonto in der Schweiz:** PostFinance, Bern,  
Kto.-Nr. 60-486910-4, BIC: POFICHBEXXX,  
IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

### Vertrieb Einzelverkauf:

VU Verlagsunion KG  
Am Klingenweg 10  
65396 Walluf  
Tel.: 0 61 23/62 01 32, Fax: 0 61 23/62 01 332  
E-Mail: info@verlagsunion.de

### c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 4,50 €; Österreich 4,70 €; Schweiz 6,90 CHF;  
Belgien, Luxemburg 5,30 €; Niederlande, Italien, Spanien 5,50 €

### Abonnement-Preise:

Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 104,00 €, Österreich 107,90 €, Europa 122,20 €, restl. Ausland 149,50 € (Schweiz 151,50 CHF); ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 75,40 €, Österreich 79,30 €, Europa 93,60 €, restl. Ausland 120,90 € (Schweiz 128,70 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 18,20 € (Schweiz 22,10 CHF) Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUG, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, JUG Switzerland, Mac e.V., VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 78,00 €, Österreich 81,90 €, Europa 96,20 €, restl. Ausland 123,50 € (Schweiz 114,40 CHF).  
Luftpost auf Anfrage.

### Leserservice:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

**Heise Medien GmbH & Co. KG**

**Leserservice**

**Postfach 24 69**

**49014 Osnabrück**

**E-Mail: leserservice@ct.de**

**Telefon: 05 41/8 00 09-120**

**Fax: 05 41/8 00 09-122**

**c't abonnieren:** Online-Bestellung via Internet (www.ct.de/abo)  
oder E-Mail (leserservice@ct.de).

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. 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.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2016 by Heise Medien GmbH & Co. KG

**ISSN 0724-8679**

**AWA ACTA**

**LAC/2011**



# Das bringt **ct** 7/16

Ab 19. März 2016 am Kiosk

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

## Smartphone fährt mit

Ein Infotainment-System im Neuwagen kostet das Zehnfache eines Handys mit den gleichen Fähigkeiten: Musik-Wiedergabe, Navigation und Online-Dienste. Machen Android Auto und Apple CarPlay das Handy wirklich zum perfekten Ersatz für die teuren Systeme der Autohersteller?

## Komfortable Datensicherung für Linux

Fotos, Briefe, Doktorarbeit: Wer seine privaten Daten konsequent sichert, bekommt bei Festplattendefekten nicht gleich die Krise. Grafische Backup-Tools sind leicht einzurichten, sichern Daten automatisch und optional verschlüsselt auf eine externe Festplatte oder einen Server.

## Leistungsstarke Apps zur Bildbearbeitung

Unter Android und iOS sind nur ein paar Tippser nötig, um Schnappschüsse für WhatsApp und Social Media aufzupeppen. Mittlerweile müssen sich die Möglichkeiten zur mobilen Bildbearbeitung kaum mehr hinter denen der Desktop-Schergewichte verstecken.

## Smart Home im Eigenbau

Hersteller verkaufen Smart-Home-Technik vorzugsweise „am Stück“ mit fest vorgegebenen Protokollen und Komponenten. **ct** zeigt, wie sich das smarte Heim aus frei gewählten Geräten zusammenfügen lässt – mit wenig Aufwand und ohne Bohren.

## Allround-PCs

Für 800 Euro bekommt man Komplett-Rechner mit leistungsfähiger Quad-Core-CPU und spieltauglicher Grafikkarte. Doch erst schneller Massenspeicher macht einen Desktop-PC wirklich flott. Wir vergleichen die Wirkung von Hybrid-Festplatten mit Kombinationen aus SSD und Festplatte.

 **heise online** Ständiger Service auf [www.heise.de](http://www.heise.de)

**heise Autos:** Zu des Deutschen liebstem Spielzeug, dem Auto, liefert [www.heise.de](http://www.heise.de) News, Fahrberichte, Service-Infos und spannendes Technik-Know-how.

**heise Netze:** Der Informationsdienst für alle, die sich mit Netzwerken befassen. Unter [www.heise-netze.de](http://www.heise-netze.de) finden Netzwerker relevante News, praxistaugliches Wissen und nützliche Online-Werkzeuge.

**ct-Schlagseite:** Auch den Cartoon gibt es online – [www.ct.de/schlagseite](http://www.ct.de/schlagseite)



Heft 3/2016 jetzt am Kiosk



Heft 3/2016 jetzt am Kiosk



Lesen Sie **ct** auch auf Ihrem Tablet oder Smartphone – mit unserer kostenlosen App für Android und iOS: [www.ct.de/app](http://www.ct.de/app)

Änderungen vorbehalten