c't LINUX

Anleitungen · Projekte · FAQs

www.ctspecial.de

Mit Software kreativ sein

Videoschnitt-Crashkurs mit Flowblade
Landschaftsfotos optimieren mit Darktable
Porträts malen lernen mit Krita

Bash besser nutzen

Abkürzung für die Kommandozeile meistern
Sicher in der Shell unterwegs

Das System feintunen

Treiber-Probleme verstehen
Unzerstörbare Linux-Distributionen
Dualboot: Linux parallel betreiben

Desktop effektiv einsetzen

Linux-Oberfläche individuell einrichten
Ubuntu-Tipps & Tricks nach der Installation
In virtuellen Maschinen risikofrei experimentieren



Durchstarten mit Linux

Apps sicherer und komfortabler installieren als unter Windows
App-Parade: Linux-Softwaretipps aus der c't-Redaktion

€ 14,90
CH CHF 27.90
AT € 16,40
LUX € 17,10

4 197665 614904 02



Du bist

... begeistert von Linux & Open Source

... neugierig auf spannende Aufgaben & Projekte

Wir sind

... über 140 Linux-Spezialisten

... in Deutschland & weltweit im Einsatz

... an unseren Standorten, beim Kunden & überwiegend im Homeoffice tätig

... ein starkes & familiäres Team

... deine zukünftigen Kollegen?

Consultants (m|w|d)

Entwickler (m|w|d)

Trainer (m|w|d)

Support-Mitarbeiter (m|w|d)

Auszubildende (m|w|d)

Mehr erfahren & bewerben:

jobs@b1-systems.de

https://www.b1-systems.de/wir/jobs-karriere/

B1 SYSTEMS

B1 Systems GmbH - Ihr Linux-Partner

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

ROCKOLDING · KÖLN · BERLIN · DRESDEN

www.b1-systems.de · info@b1-systems.de

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

Linux zu nutzen war noch nie so einfach und schön wie heute. Selbst Laien installieren die gängigen Distributionen in Windeseile. Die Einrichtung geht sogar schneller als unter Windows, denn man muss unter Linux keine lange Liste an Datenschutznachfragen beantworten. Daher legen wir in diesem Heft das Augenmerk auf den produktiven Einsatz von Linux.

Programme erhalten Sie mittlerweile bequem aus einem Software-Katalog mit grafischem Interface, ähnlich wie in den App-Stores unter Android und iOS. Dabei sind Sie nicht auf freie Software beschränkt, sondern installieren bei Bedarf auch Spotify, Zoom oder sogar Microsoft Teams kostenlos und mit einem Klick. Wir zeigen, wie das geht und stellen unsere Lieblingsapps vor.

Wer sich kreativ austoben will, findet unter Linux eine Menge solider Programme, die mittlerweile auch unter Windows und macOS als freie Alternativen beliebt sind. Lernen Sie, wie Sie Fotos mit Darktable entwickeln, Bilder digital mit Krita malen oder ein Video mit Flowblade schneiden.

Wollen Sie tiefer einsteigen, können Sie über und unter der Haube das Linux-System an Ihre Wünsche anpassen. Mit dem scheinbar anachronistischen Terminal erledigt man so manche Aufgabe schneller und stressfreier als mit der Maus. Wir zeigen Tricks, wie Sie die Bash effektiv nutzen, das Netzwerk verwalten oder sudo konfigurieren. So können Sie sich das Beste aus beiden Welten, grafische Oberfläche und Kommandozeile, herauspicken.



Viel Spaß mit Linux!

K. Tonekaboni

Keywan Tonekaboni

Inhalt

DURCHSTARTEN MIT LINUX

Das Linux-System ist schnell installiert, aber wie geht es dann weiter? Woher bekommt man die gewünschte Software und wie geht das am einfachsten? Aus der Vielzahl der Programme stechen manche Anwendungen besonders hervor. Wir stellen einige Favoriten vor.

6 Produktiv unter Linux durchstarten
8 Software von überall installieren
16 Bewährte Linux-Anwendungen

MIT SOFTWARE KREATIV SEIN

Auch unter Linux kann man der eigenen Kreativität freien Lauf lassen. Praktische Anleitungen helfen beim Einstieg in die vielseitigen Anwendungen. So sehen Sie schneller Erfolge und bringen die eigenen Projekte voran.

22 Videos schneiden mit Flowblade
30 Malen lernen mit Krita
38 Praktischer Bild-Allrounder gThumb
46 Raw-Fotos entwickeln mit Darktable



DESKTOP EFFEKTIV EINSETZEN

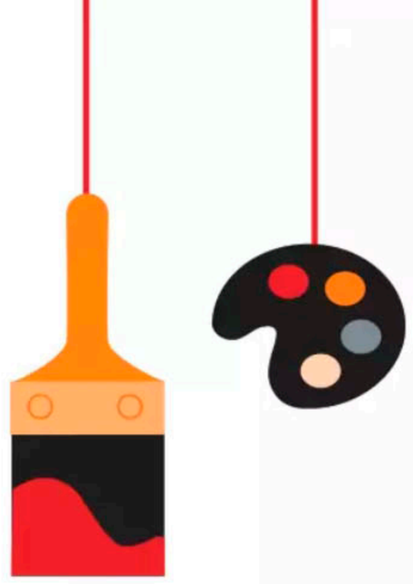
Der Desktop ist das digitale Wohnzimmer. Mit wenigen Handgriffen passen Sie ihn an die eigenen Vorstellungen an. Erweiterungen rüsten benötigte Funktionen nach und Tools sorgen für mehr Überblick. Dank Virtualisierung starten Sie bei Bedarf sogar ein Windows innerhalb des Linux-Desktops.

56 Ubuntu Desktop optimal einrichten
62 Desktop aufpeppen mit Erweiterungen
68 Festplattenanalyse mit Baobab & Filelight
72 Desktop-Benachrichtigungen zähmen
80 Awesome Tiling Window Manager
86 Virtuelle Maschinen für den Desktop
94 Netzwerk für virtuelle Maschinen

BASH BESSER NUTZEN

Die Kommandozeile ist die Stärke von Linux. Schnell und effektiv erledigt man damit komplexe Aufgaben, ohne sich die Finger wund zu klicken. Die richtigen Tools und Einstellungen bringen Farbe in die Shell und sorgen für mehr Komfort.

98 Bash konfigurieren mit .bashrc
104 Die Bash-History im Griff
110 Shell-Zugriff einschränken
115 Broot: Kommandozeile auf Speed
116 Dateinamen bereinigen mit Detox
118 Besser suchen mit Regulären Ausdrücken
122 FAQ Netzwerke verwalten mit ip
128 LUKS-Verschlüsselung selbst gehackt



DAS SYSTEM FEINTUNEN

In Linux-Systemen ist nichts in Stein gemeißelt. Selbst Systemkomponenten kann man an die eigenen Bedürfnisse anpassen. Warum nicht einmal selbst ein Programmpaket für Linux bauen? Wir zeigen, wie Sie Komfort und Sicherheit miteinander vereinbaren und woher die Hardware-Treiber für Linux kommen.

132 Linux booten ohne Grub
138 FAQ Linux-Systeme parallel betreiben
142 Root-Rechte erteilen mit Sudo und Polkit
152 Hickhack um Treiber für Linux
156 Robuster aufgebaute Distributionen
162 Flatpak-Pakete selbst bauen

ZUM HEFT

3 Editorial
170 Impressum





Mit Linux durchstarten

Oft stellt sich nach der Installation erst mal Erleichterung ein: Das Gröbste ist geschafft. Jetzt kann der Spaß beginnen! Hier erfahren Sie, wie es weitergeht, woher Sie Programme bekommen, wie Sie diese installieren und was die Software-Empfehlungen der Redaktion sind.

Von **Liane M. Dubowy und Keywan Tonekaboni**

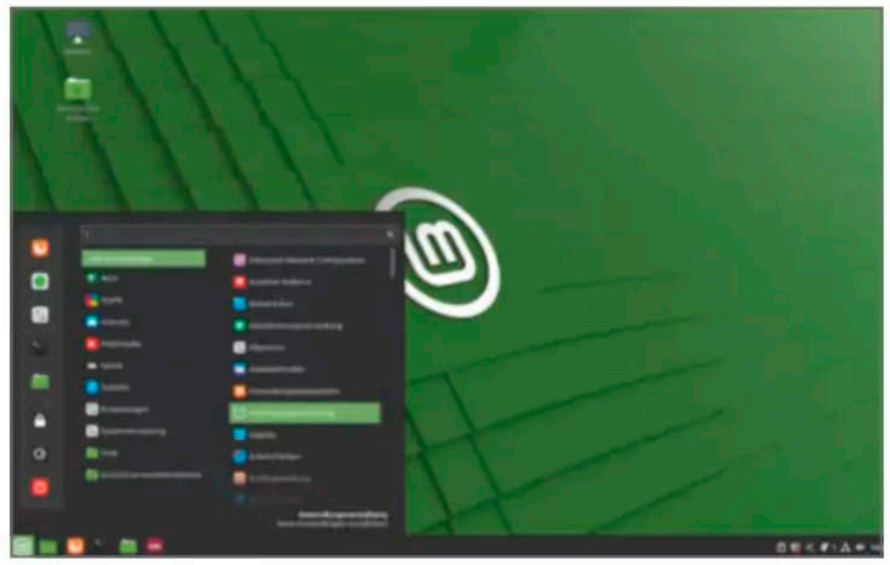


Bild: Andreas Martini

Produktiv unter Linux durchstarten	6
Software von überall installieren	8
Bewährte Linux-Anwendungen	16

Der Einstieg in Linux ist meist gar nicht mal so schwer: Live-System von einer DVD oder einem USB-Stick starten und sich dort einmal durch den Installer klicken. Mit Linux Mint 20 steht ein Desktop-Linux bereit, das gleichzeitig solide, sicher und auf einem aktuellen Stand ist – der Ubuntu-Unterbau wurde aktualisiert und basiert jetzt auf dem aktuellen Langzeitrelease Ubuntu 20.04 [1]. Wie die Installation im Einzelnen geht und wo die Fallstricke liegen, haben wir im letzten Linux-Sonderheft in mehreren Artikeln ausführlich beschrieben [2].

Doch wie geht es dann weiter? Welche Programme stecken in Linux-Distributionen drin? Wie richtet man sie für die produktive Arbeit am besten ein? Welche Schaltknöpfe gibt es überhaupt?



Der Cinnamon-Desktop von Linux Mint ist ein guter Ausgangspunkt, um die Linux-Welt zu erkunden.

Flexibler Desktop

Der Desktop ist unter Linux besonders flexibel. Sie können an vielen Schräubchen drehen und ihn sich genau so konfigurieren, wie Sie ihn brauchen, um geschmeidig zu arbeiten. So geht die Arbeit mit Linux gleich leichter von der Hand. Anders als beim Windows-Desktop ist auf der grafischen Bedienoberfläche unter Linux nichts in Stein gemeißelt, Sie können Farben, Schriften, Fensterdekorationen und natürlich den Hintergrund anpassen und Funktionen nachrüsten.

Haben Sie die Hauptausgabe von Linux Mint installiert, dann begrüßt Sie nach dem Rechnerstart der Cinnamon-Desktop, den Sie ganz ohne Gefrickel mit grafischen Tools in Anordnung und Farbe verändern können. Applets ergänzen praktische Funktionen wie ein Screenshot-Tool oder ein alternatives Menü in der Bildschirmleiste. Und auch der Desktop-Hintergrund lässt sich mit Desklets – kleinen Miniprogrammen – mehr als nur für die Ablage von Dateien und Startern nutzen. Der Artikel ab Seite 62 stellt praktische Erweiterungen für den Gnome- und Ubuntu-Desktop vor. Wie Sie Benachrichtigungen nach Ihren Wünschen einrichten, zeigen wir auf Seite 72.

Gefällt Ihnen der Desktop gar nicht oder ist Ihr Computer zu alt für eine moderne Desktop-Oberfläche, tauschen Sie diese einfach aus. Neben Cinnamon stehen Mate, KDE Plasma, Xfce und viele weitere Desktop-Umgebungen bereit, sodass sicher auch für Sie eine passende Arbeitsumgebung dabei ist. Sie haben die Wahl zwischen umfangreichen Desktop-Umgebungen und spartanischen Fenstermanagern, die anspruchslos sind und blitzschnell laufen. In die letztere Kategorie fällt der Awesome Tiling Window Manager, den wir auf Seite 80 vorstellen.

Die richtige Linux-Software

Linux Mint liefert die wichtigsten Programme für alltägliche Aufgaben gleich mit. Reichlich Nachschub bietet die Anwendungsverwaltung: Neben bekannten Open-Source-Programmen wie der Bildbearbeitungssoftware Gimp enthält der Software-Katalog auch populäre Apps wie Spotify oder Zoom. Daneben gibt es viele weitere Wege, wie man unter Linux Software installiert. Der Artikel ab Seite 8 zeigt auch jene abseits der Paketverwaltung und erklärt die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Methoden und Quellen.

Steht eine Anwendung nicht für Linux bereit, lohnt sich der Blick auf Alternativen. Gerade die Softwarelandschaft der Open-Source-Szene liefert regelmäßig interessante neue Programme. Ab Seite 16 verraten Redakteurinnen und Redakteure der c't, welche Software ihnen unter Linux ans Herz gewachsen ist. Unter den Empfehlungen sind sicher sowohl für Umsteiger als auch alte Linux-Hasen ein paar neue Entdeckungen dabei. Wollen Sie sich kreativ austoben, zeigen Ihnen die Artikel ab Seite 22 Schritt für Schritt, wie Sie unter anderem im Videoeditor Flowblade oder dem Malprogramm Krita loslegen.

Jetzt aber auf Tuchfühlung mit dem Pinguin: Viel Spaß beim Individualisieren Ihres Desktops, beim Einrichten von Software und dem Ausprobieren neuer Programme. (ktn) c't

Literatur

[1] Keywan Tonekaboni, **Frischer Atem**, Linux Mint 20: Ubuntu-Ableger für Traditionalisten, c't 16/2020, S. 111

[2] Schwerpunktthema Linux-Umstieg, c't Linux 2019, S. 126-145



Bild: Andreas Martini

Software von überall installieren

Linux-Distributionen bieten zahlreiche Wege Programme zu installieren. Viele sind komfortabler und sicherer als die Installer unter Windows. Und moderne App-Stores erhöhen die Vielfalt und die Aktualität der Anwendungen.

Von **Keywan Tonekaboni**

Gängige Distributionen wie Linux Mint liefern die wichtigsten Programme mit, um im Alltag loszulegen: Surfen, Mails schreiben oder klassische Briefe; eine Tabellenkalkulation bearbeiten oder Fotos; Musik hören oder Filme schauen. All das geht mit der vorinstallierten Software. Trotz der vielfältigen Vorauswahl reicht dies für die meisten Nutzer nicht. Ob ein Spiel, eine ausgefeilte Bildbearbeitungssoftware oder der Messenger, irgendein Lieblingsprogramm vermisst jeder.

Glücklicherweise ist die Softwareinstallation unter Linux kinderleicht, zumindest wenn es eine Open-Source-Anwendung ist. Statt ein Programm mühsam im Netz zu suchen, installiert man es über einen App-Katalog aus der Paketverwaltung. Das läuft ähnlich ab wie bei von den Mobilbetriebssystemen bekannten App-Stores. Zwar sind die Softwarekataloge unter Linux nicht so hübsch aufgemacht und prall gefüllt wie der Google Play Store, dafür findet sich auch weniger Schund im Angebot.

Da die Distributionen ihren Katalog pflegen müssen, fehlt manch schönes Programm in den integrierten Sammlungen. Daher zeigen wir neben der Installation über die klassische Paketverwaltung weitere Wege, Software zu installieren, auch proprietäre Anwendungen. Von Flatpak über zusätzliche Repositories wie PPAs bis hin zur händischen Installation mit einem Debian-Paket, einem AppImage oder gar selbst

kompiliert. Und wir erklären die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Methoden. Die Reihenfolge, in der diese vorgestellt werden, sind auch als Empfehlung gemeint. Als Beispiel dient Linux Mint mit der Oberfläche Cinnamon, aber das meiste lässt sich auch auf andere Distributionen übertragen.

Klassische Paketverwaltung

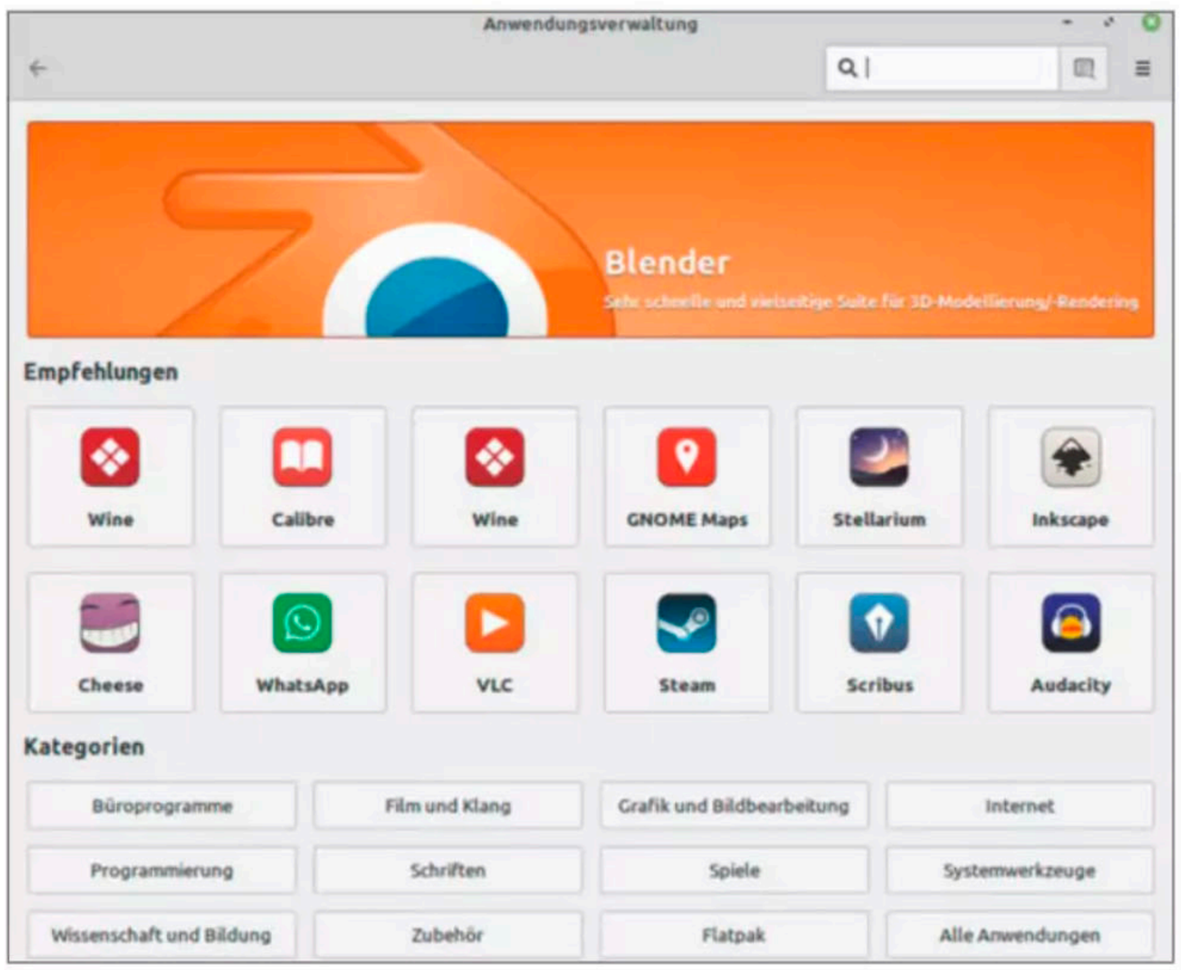
Linux-Kenner schwören auf die Paketverwaltung, denn diese sorgt dafür, dass alle von einem Programm notwendigen Abhängigkeiten gleich mitinstalliert werden. Auch Problemen beugt sie vor, denn wenn zwei Anwendungen in Konflikt miteinander stehen, gibt es eine Warnung. Man hat dann die Wahl, welcher Software man den Vorzug geben möchte. Die Anwendungen, Programmbibliotheken und zusätzliche Dateien wie Anleitungen oder Plugins sind in Paketen organisiert. Diese liegen signiert in einem „Repository“ auf einem zentralen Server und werden vor der Installation von dort heruntergeladen und ihre Integrität wird anhand der Signatur geprüft. Solange das Repository nicht kompromittiert ist, kann man sich über die Paketverwaltung keinen Trojaner oder anderen Schädling einfangen. Da Linux Mint auf Ubuntu aufbaut, kommt die Debian-Paketverwaltung zum Einsatz. Denn Ubuntu ist einst als Debian-Ableger gestartet.

Genug der grauen Theorie. Linux Mint bietet wie die meisten Distributionen eine grafische Anwendung, um Software zu installieren. Diese heißt unter Mint „Anwendungsverwaltung“ und Sie finden sie im Hauptmenü an der linken Seite unter Firefox oder in der Rubrik „Systemverwaltung“.

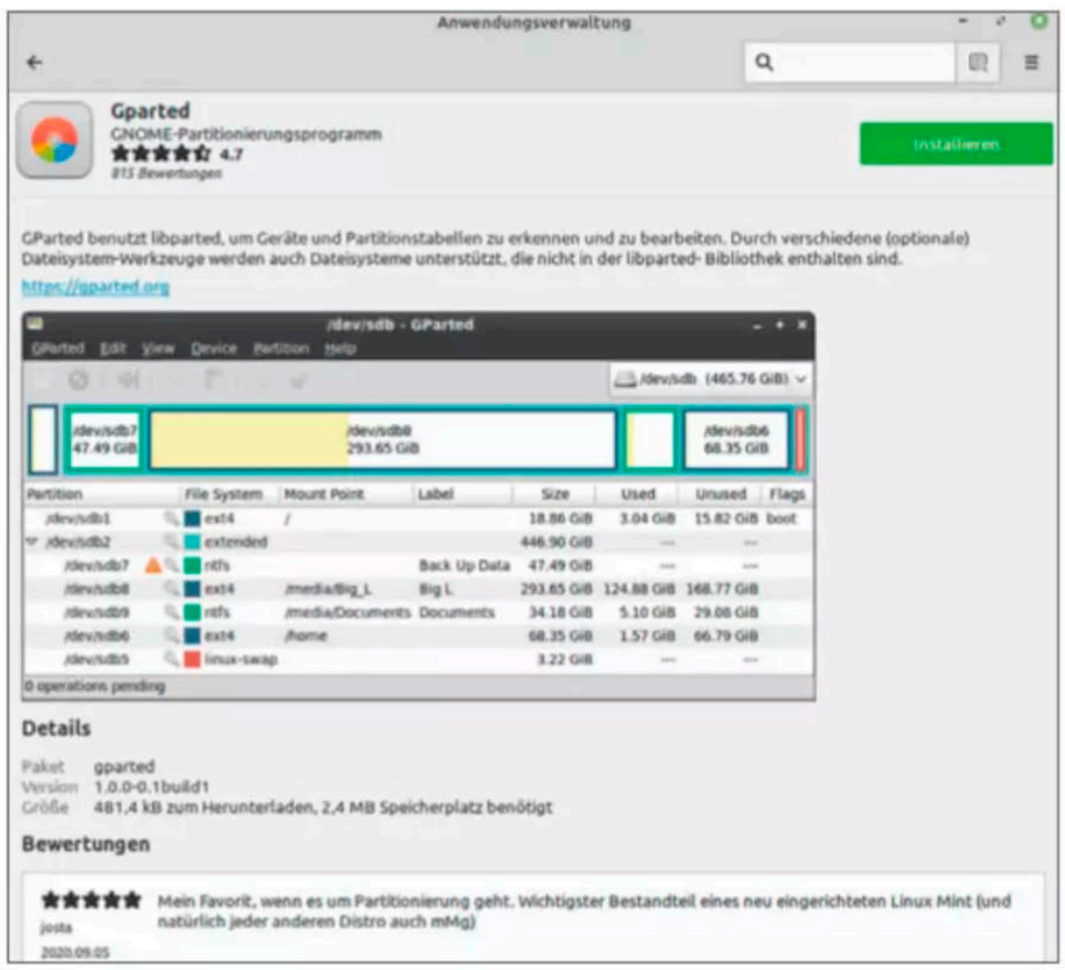
Die Anwendungsverwaltung präsentiert mit einem großflächigen Banner eine App. Darunter sind ein Dutzend Empfehlungen für von den Mint-Entwicklern ausgewählte Programme. Die restlichen Anwendungen sind einsortiert in verschiedenen Kategorien, wie „Büroprogramme“ oder „Film und Klang“. Klicken Sie auf eine der Apps, um eine detaillierte Beschreibung zu erhalten. Dort stehen auch Bewertungen anderer Mint-Anwender. Um das Programm zu installieren, klicken Sie auf die entsprechend beschriftete grüne Schaltfläche oben rechts.

Am schnellsten finden Sie ein gewünschtes Programm über die Suche in der oberen Leiste. Über das Hamburger-Menü rechts daneben erweitern Sie die Suche über die Paketnamen hinaus oder lassen sich bereits installierte Anwendungen auflisten.

Die Paketverwaltung greift auf die Quellen von Ubuntu zu, die Open-Source-Software enthalten,



Über die Anwendungsverwaltung installiert man bequem Programme aus den Mint- und Ubuntu-Repositories.



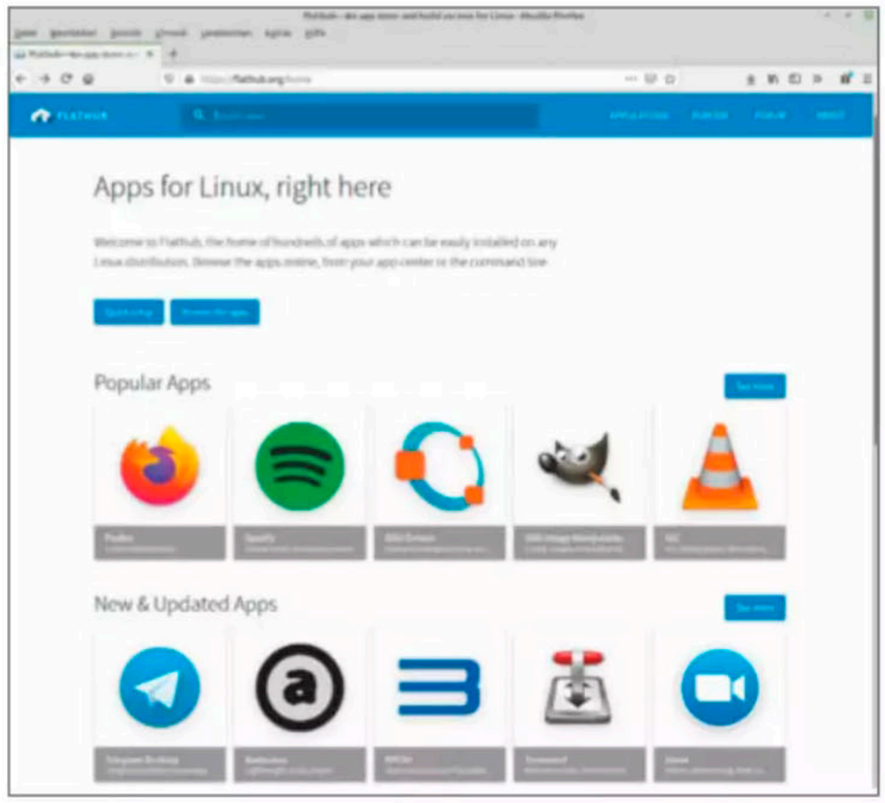
Die Installieren-Schaltfläche finden Sie in der Detailansicht, die auch Screenshots und Bewertungen enthält.

sowie jene von Mint, die auch einige beliebte proprietäre Apps bereitstellen. Vorteile der Paketverwaltung sind Stabilität und Sicherheit. Meist fügt diese aber den klassischen Paketquellen keine neuen Versionen eines Programms hinzu, sondern nur Sicherheitsupdates und Fehlerbereinigungen. Über die Zeit veralten daher die vorhandenen Programme.

Apps als Flatpak

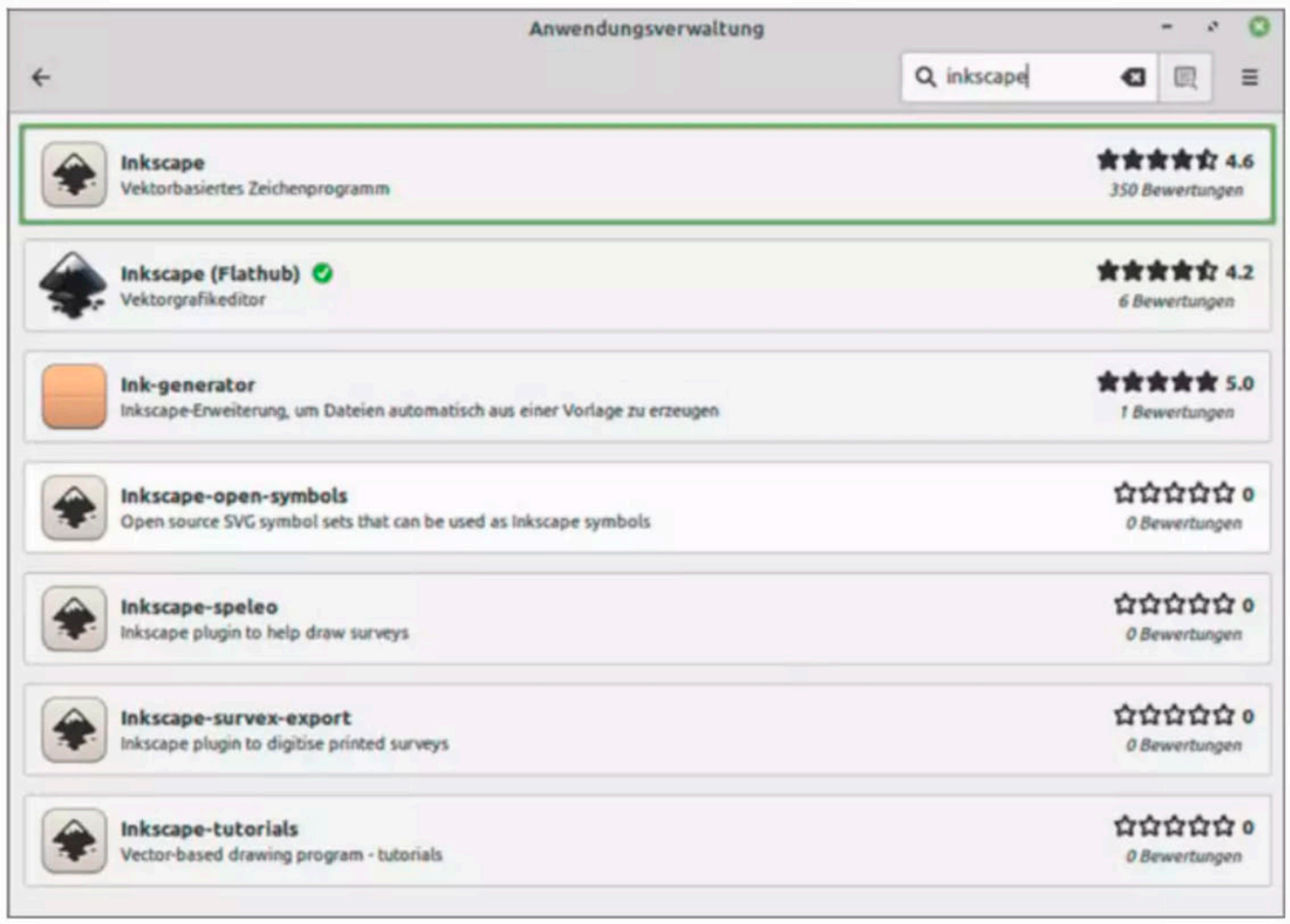
Sucht man in der Anwendungsverwaltung nach einer beliebten Anwendung, findet man manchmal zwei Treffer wie beispielsweise beim Videoplayer VLC: „VLC“ und „VLC (Flathub)“. Auch Flathub ist eine Online-Paketquelle, die zahlreiche Linux-Programme enthält. Anstelle eines Debian-Pakets liegen damit die Programme im distributionsunabhängigen Format „Flatpak“ vor. Meist sind die Flatpaks aktueller und bereits mit oder kurz nach der Veröffentlichung einer neuen Version verfügbar. So ist die Vektorgrafiksoftware Inkscape in Mint 20 nur in Version 0.92 enthalten, aber über Flathub ist die neueste Version 1.0 installierbar.

Flathub ist in Mint bereits eingerichtet und enthält auch viele proprietäre aber populäre Anwendungen wie Spotify, Skype oder Zoom. Teilweise verpacken Enthusiasten die von den Firmen bereitgestellten Linux-Apps neu ins Flatpak-Format und stellen sie für Flathub bereit. Flatpak ist ein offenes Format und nicht auf den Server bei Flathub.org beschränkt, aber dieser hat sich als zentrale Anlaufstelle etabliert.



Auf Flathub findet man viele populäre Apps wie Telegram, Spotify oder Zoom für Linux.

Flatpaks sind zudem unabhängig davon, in welcher Version Programmbibliotheken im System vorliegen, da sie alle nötigen Abhängigkeiten selber mitbringen. So kann man unbesorgt eine neue Version der Lieblingssoftware installieren, ohne dass dadurch das ganze System durcheinander gerät. Gemeinsame Plattform-Abhängigkeiten, beispielsweise die KDE- oder Gnome-Bibliotheken, werden aber platzsparend geteilt.



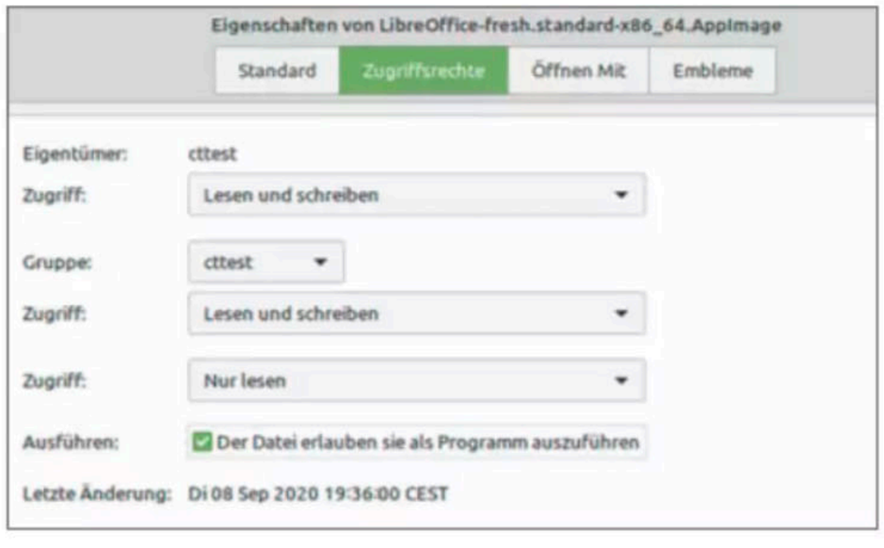
Findet man zu einer App zwei Einträge, ist meist die Version von Flathub aktueller als das klassische Paket.

Der Vorteil von Flatpak sind neue Programmversionen und populäre Apps, die nicht den strengen Kriterien freier Software entsprechen. Außerdem kann man als einfacher Anwender ohne Systemverwalter-Privilegien Apps installieren, ohne das System dadurch zu gefährden. Die Integration mancher Programme in die Desktop-Oberfläche ist manchmal weniger rund, wenn etwa in Datei-Dialogen Lesezeichen und gewohnte Verzeichnisse fehlen. Mit einer neuen Schnittstelle ist das aber prinzipiell behoben und erhöht zudem die Sicherheit. Die Apps sind dann gekapselt und haben keinen direkten Zugriff auf das Dateisystem mehr. Leider verwenden etliche Apps das neue API noch nicht.

AppImage

Einen ähnlichen Ansatz wie Flatpak verfolgt AppImage: ein universelles App-Format für alle Linux-Distributionen. Die AppImages sind dicke Pakete, denn sie enthalten alles, was das Programm zum Starten braucht. AppImages muss man nur herunterladen und ausführbar machen, aber nicht installieren. Laden Sie dazu ein AppImage von der Webseite des Anbieter herunter, beispielsweise bei LibreOffice (siehe ct.de/wzqe). Nachdem der Download vollständig ist, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das AppImage und wählen dann im Kontextmenü „Eigenschaften“ aus. Dort aktivieren Sie unter dem Reiter „Zugriffsrechte“ die Einstellung „Ausführen“. Von nun an reicht ein Doppelklick auf die AppImage-Datei, um das Programm zu starten.

AppImages sind dann sinnvoll, wenn man eine Software nur testen will oder die gewünschte Anwendung oder Version nicht über die Anwendungsverwaltung verfügbar ist. Leider fehlt eine automatische Integration in die Menüs der Bedienoberfläche. Weiterhin muss man sich selbst um Updates kümmern.



Um das Programm im AppImage-Format per Doppelklick zu starten, aktivieren Sie in den Eigenschaften den Haken für „Ausführen“.

Weitere Paketquellen und PPA

Wem das Angebot an Software in den von Mint eingerichteten Paketquellen nicht ausreicht, der kann diese durch zusätzliche Repositories ergänzen. Diese müssen dem Debian-Format APT (Advanced Packaging Tool) entsprechen, was Sie an einer mit `deb` beginnenden Konfigurationszeile erkennen.

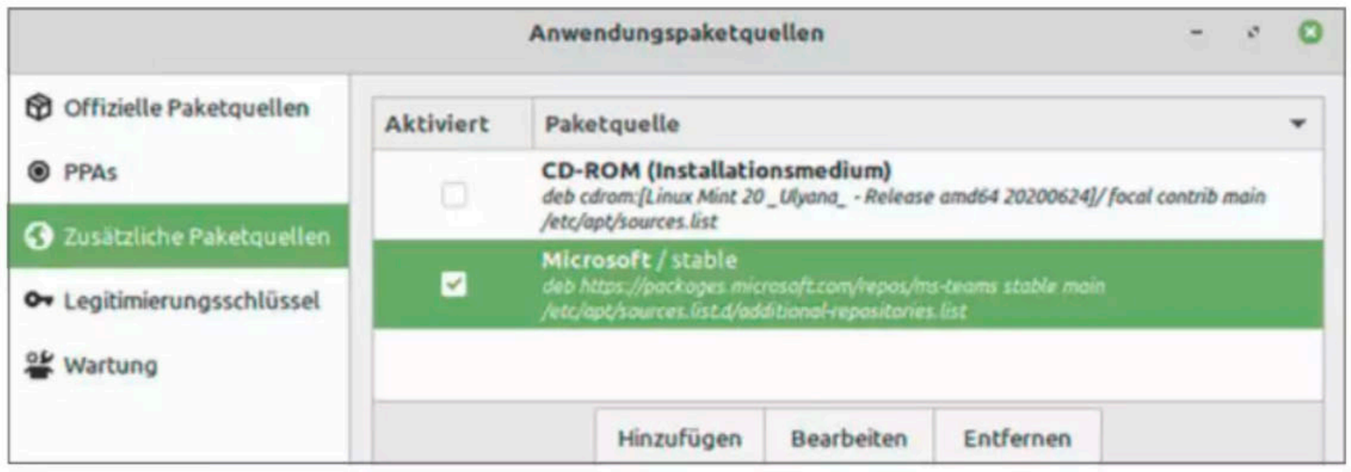
Im Ubuntu-Umfeld – zu dem auch Mint gehört – haben sich die PPAs etabliert: „Personal Package Archive“. Dies sind beim vom Ubuntu-Hersteller betriebenen Onlineservice launchpad.net gespeicherte Repositories, meist speziell für ein bestimmtes Softwareprojekt. Eigentlich sind es auch nur APT-Repositories, aber die Konfiguration ist etwas vereinfacht.

Bevor Sie eine Fremdquelle hinzufügen, sollten Sie sich fragen, ob Sie dieser trauen. Prinzipiell kann über diese Quelle neben der gewünschten Anwendung jegliche, auch systemkritische, Software installiert werden; auch unbewusst später über Updates. Das lässt sich mittels einer ausgefeilten APT-Konfiguration zwar unterbinden, aber das ist was für geduldige Experten. Daher greifen klassischen Repositories potenziell tiefer ins System ein als beispielsweise Flatpak.

Stoßen Sie bei der Suche nach einer Anwendung auf eine der genannten Konfigurationszeilen und vertrauen Sie dem Anbieter, können Sie in Mint die Quellen ganz einfach per grafischer Oberfläche hinzufügen. Kopieren Sie zunächst die passende Zeile von der Webseite der Software. Bei Mint 20 ist es meist jene für „Ubuntu 20.04“ oder „focal“. Bei Launchpad reicht die verkürzte Schreibweise wie `ppa:scribus/ppa` ohne Angabe der Version.

Öffnen Sie nun über das Hauptmenü „Systemverwaltung/Anwendungspaketquellen“. Dort finden Sie neben den „Offiziellen Paketquellen“ Abschnitte für „Zusätzliche Paketquellen“ und „PPAs“. Über die „Hinzufügen“-Schaltfläche tragen Sie die entsprechende `deb`- oder `ppa`-Zeile ein. Anschließend werden Sie gefragt, ob der APT-Puffer aktualisiert werden soll. Bestätigen Sie dies, damit die neuen Softwarepakete in die Paketliste aufgenommen werden.

Oft erscheint dann eine Fehlermeldung, dass das Herunterladen von Informationen zu den Software-Paketquellen gescheitert sei. Dies liegt daran, dass noch der PGP-Schlüssel fehlt, um die Signaturen der Pakete zu prüfen. In der Fehlermeldung ist unter „Details“ dann ein „GPG error“ angegeben. Sie finden den PGP-Schlüssel meist auf der Webseite des Repository-Anbieters. Laden Sie den Schlüssel



In Mint verwalten Sie mit „Anwendungspaketquellen“ recht komfortabel weitere Repositories und PPAs.

mit dem Webbrowser herunter und fügen Sie diesen über „Anwendungspaketquellen/Legitimierungsschlüssel/Importieren“ hinzu. Alternativ kopieren Sie den Fingerprint oder die Schlüssel-ID. Notfalls finden Sie die ID in den Details der Fehlermeldung als hexadezimale Zeichenkette hinter „NO_PUBKEY“. Wechseln Sie dann zu „Legitimierungsschlüssel“. Klicken Sie dort auf „Herunterladen“ und fügen Sie den Fingerprint oder die Schlüssel-ID ein. Der Schlüssel wird, soweit auf dem Keyserver verfügbar, heruntergeladen und in den Schlüsselbund der Paketverwaltung importiert. Bei PPAs werden die Schlüssel in der Regel automatisch hinzugefügt. Anschließend können Sie über die Anwendungsverwaltung wie gewohnt die im Repository verfügbaren Programme hinzufügen. Eventuell ist aber noch ein Neustart notwendig, bis die Pakete dort erscheinen.

Zusätzliche Paketquellen und PPAs integrieren sich gut in das System und lassen sich mit den gewohnten Werkzeugen verwalten. Nachteil sind die damit erteilte Generalvollmacht sowie gegebenenfalls kollidierende Abhängigkeiten mit Paketen aus den offiziellen Quellen. Eine gut gepflegte Fremdquelle bietet aber auch schnelle und zuverlässige Updates.

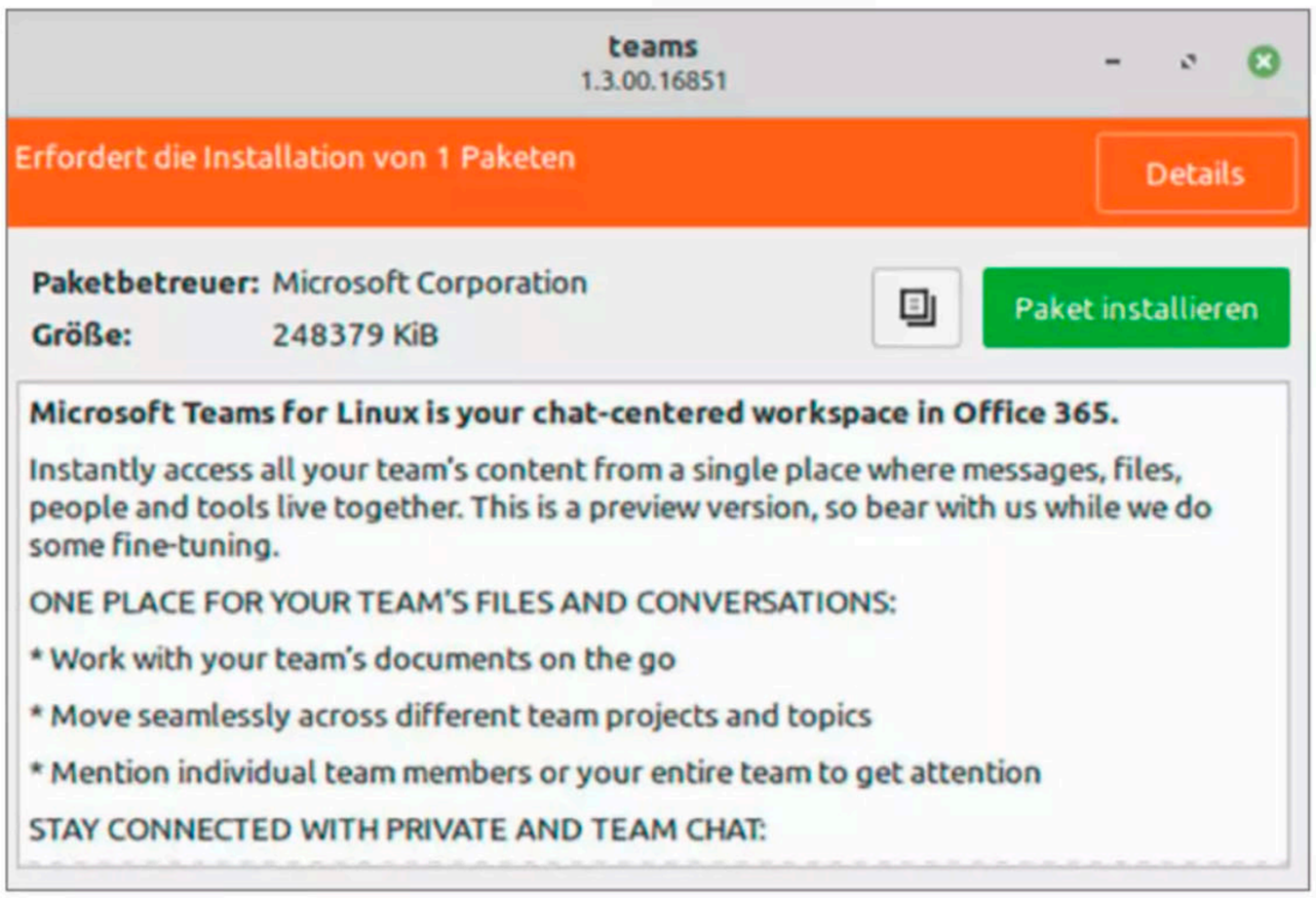
Debian-Paket von Hand installieren

Eine Stufe rudimentärer ist es, ein Debian-Paket von Hand zu installieren. Manchmal gibt es kein Repository oder man wird aus anderen Gründen dazu gezwungen, anstelle des Repository die Anwendung händisch zu installieren. Laden Sie dazu das Debian-Paket herunter und öffnen Sie es mit dem von Firefox vorgeschlagenem „GDebi-Paket-Installationsprogramm“. Ansonsten klicken Sie doppelt auf das heruntergeladene Paket. GDebi prüft, ob es das Paket in der Paketverwaltung bereits gibt, welche Abhängigkeiten benötigt werden und ob es zu Konflikten kommt. Den Inhalt des Pakets können Sie mit der kleinen, einem Kopierbutton ähnelnden, Schaltfläche links neben „Paket installieren“ überprüfen. Wenn es keine Probleme gibt, spielen Sie die Software mit „Paket installieren“ ins System ein.

Das ist ein sehr pragmatischer Weg, aber auch dabei muss man sich selbst um Updates kümmern. Manche Pakete wie jene für Microsoft Teams oder Steam beugen dem vor, indem sie während der Installation ihre Repositories samt PGP-Schlüssel zur Paketverwaltung hinzufügen.

Binärdatei zum Ausführen

Manchmal gibt es auch gar kein Paket, sondern nur eine Binärdatei. Entweder startet diese das Pro-



GDebi prüft Debian-Pakete vor der Installation und spielt auch notwendige Abhängigkeiten ein.

gramm oder ein Installationsprogramm. Gehen Sie hierzu wie beim AppImage vor und machen Sie die Datei zunächst ausführbar. Handelt es sich um ein textbasiertes Setup, dann öffnen Sie mit Strg+Alt+T ein Terminal und ziehen Sie per Drag & Drop die Binärdatei aus dem Dateimanager ins Terminalfenster. Der Pfad zur ausführbaren Datei sollte dann in der Befehlszeile stehen. Mit Enter wird das Programm ausgeführt. Benötigt das Setup zur Installation Systemverwalterrechte, stellen Sie dem Befehl ein `sudo` voran, um diesen mit Root-Privilegien zu starten.

Auch hierbei gilt, dass die Quelle der Anwendung vertrauenswürdig sein sollte und Updates in der Regel händisch eingespielt werden müssen.

Letzter Ausweg: Selbst kompilieren

Wenn es eine Software gar nicht als Paket gibt, aber dessen Quelltexte verfügbar sind, bleibt als letzter Ausweg, diese selbst zu kompilieren. Dafür benötigt man meist eher Englisch- als Programmierkenntnisse sowie detektivisches Gespür und viel Geduld. Oft gibt es im Verzeichnis mit den Quelltexten eine mit „README“ oder „INSTALL“ benannte Datei mit detailierten Anweisungen. Auch auf der zur Software zugehörigen Webseite – beispielsweise auf GitHub – finden sich häufig hilfreiche Anleitungen.

Selbst kompiliert ist die schlechteste Option, weil viel kaputtgehen kann, wenn die Pfade nicht passen oder die Install-Prozedur über die Paketverwaltung installierte Dateien überschreibt. Der ganze Ablauf ist kompliziert und zeitraubend, auch weil man die Abhängigkeiten per Hand auflösen muss.

Sicherheitsnetz mit CheckInstall

Wer sich berechtigterweise unwohl fühlt, vorbei an der Paketverwaltung Programme ins System zu installieren, kann mit dem Tool CheckInstall tricksen. Es beobachtet Installationsroutinen, wie `make install` oder von unbekannten Binärprogrammen, und fängt die zu installierenden Dateien ab. Daraus bastelt es

Linux: Wie eines der erfolgreichsten Open-Source-Projekte die Welt sicherer macht

Wird 2021 nun endlich das Jahr des Linux-Desktop? Der Blick auf die meisten Computerarbeitsplätze weltweit zeigt: eher nicht. Bei der SySS GmbH jedoch wird Linux schon seit jeher erfolgreich als Desktop-Betriebssystem von den IT Security Consultants verwendet. Je nach persönlicher Präferenz kommen dabei unterschiedliche Linux-Distributionen zum Einsatz, wie Debian, Ubuntu, Arch oder Gentoo.

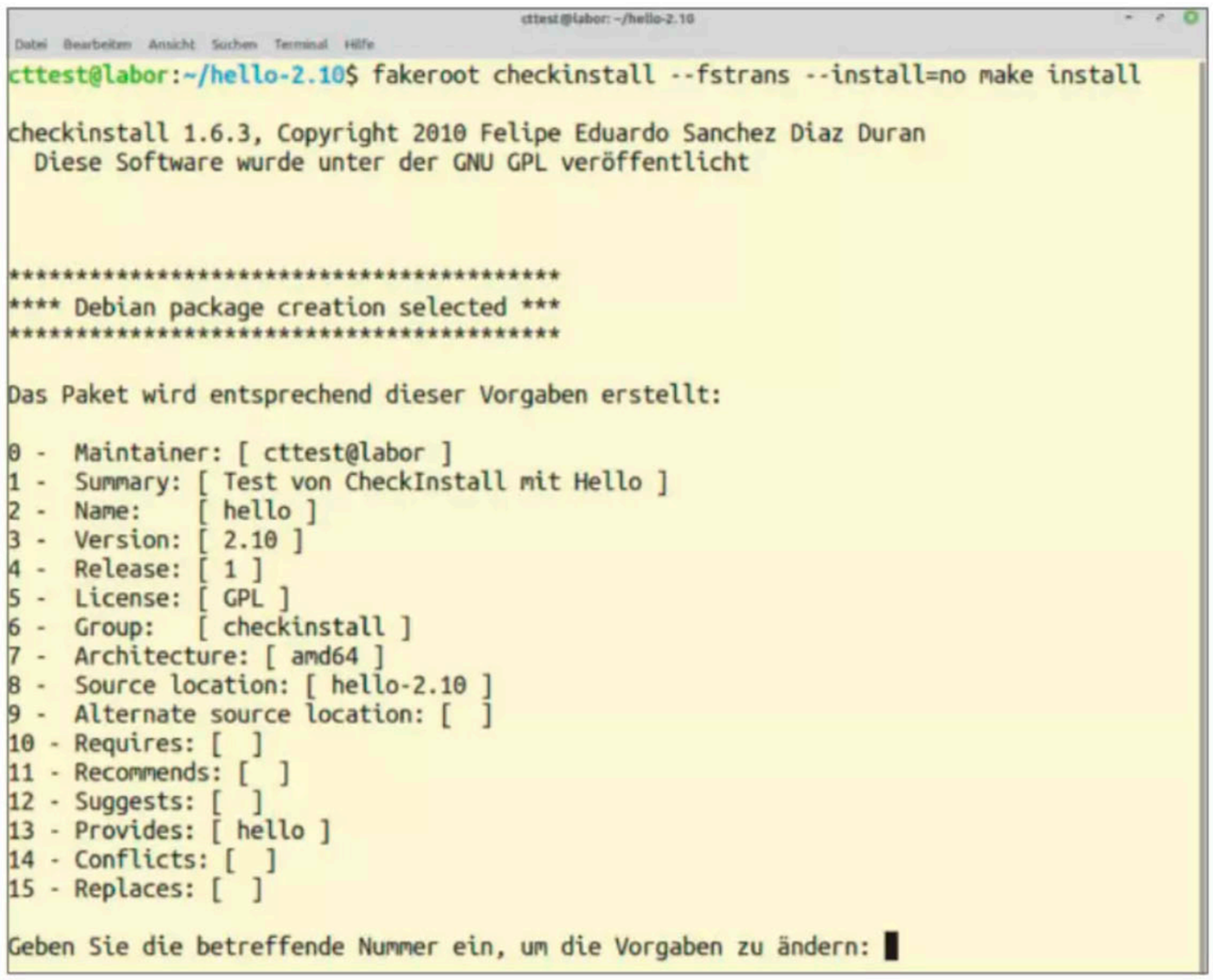
Es gibt auch spezielle Linux-Distributionen für Penetrationstests, wie etwa Kali Linux, BlackArch oder BackBox. Aufgrund ihrer eigens auf IT-Sicherheitsanalysen zugeschnittenen Auswahl an nützlichen Open-Source-Softwaretools gehören sie als virtuelle Maschinen fest zum Arbeitsalltag bei der SySS.

Linux sowie zahlreiche weitere top Open-Source-Softwareprojekte ermöglichen und erleichtern die tägliche Arbeit in verschiedensten Bereichen der IT-Sicherheit – egal, ob bei Pentesting, Technical Consulting, Red Teaming, Digital Forensics & Incident Response, Live-Hacking oder Schulungen.

Die SySS IT Security Consultants veröffentlichen auch selbst eigene Open-Source-Softwaretools oder Erweiterungen bestehender Software, die im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten entstanden sind. Die SySS-Open-Source-Softwaretools finden Sie auf unserer GitHub-Seite: **https://github.com/SySS-Research**

Falls auch Sie Interesse an IT-Sicherheit haben, gerne in diesem Bereich arbeiten möchten und den Umgang mit Open-Source-Betriebssystemen und -Softwaretools nicht scheuen, dann schauen Sie auf unserer Webseite vorbei: **www.syss.de/jobs-karriere/syss-als-arbeitgeber**





CheckInstall fängt die Aktionen eines Installers ab und erzeugt daraus Quick-and-Dirty ein Debian-Paket.

ein Debian-Paket, was mit GDebi installiert und über die Paketverwaltung rückstandsfrei wieder entfernt werden kann.

Installieren Sie zunächst mit `apt install checkinstall fakeroot` das Tool. Rufen Sie CheckInstall im Verzeichnis mit dem Quelltext oder Installer auf. Stellen Sie aber ein `fakeroot` voran, damit das Paket nicht als Root erstellt werden muss, die Dateirechte dennoch stimmen. Mit `--fstrans` biegt CheckInstall das Ziel der zu installierenden Dateien auf ein temporäres Verzeichnis um und `--install=no` unterbindet die automatische Installation im Anschluss. Zuletzt hängen Sie den eigentlichen Installationsbefehl wie `./install.sh` oder `make install` an. Der gesamte Befehl sieht dann etwa wie folgt aus:

```
fakeroot checkinstall --fstrans ↵
        ↳ --install=no make install
```

CheckInstall fragt noch einige Details zu den Metadaten des Paketes ab und erzeugt dann das Debian-Paket, das es im aktuellen Verzeichnis hinterlegt. Dieses Paket installieren Sie dann wie beschrieben.

Diese Methode ist ein Notbehelf, um auf die Schnelle Pakete zu erzeugen und Programme sicher entfernen zu können. Es bewahrt aber nicht vor Konflikten mit Paketen aus Repositories. Es ist aber allemal besser, als Programme direkt und ohne Kontrolle zu installieren.

Entscheidungshilfe

Die Anwendungsverwaltung bietet mit den Mint-, Ubuntu- und Flathub-Quellen eine reiche Auswahl an Software. Wer gerne neue Software ausprobiert, wird bei Flathub fündig. Diese in Mint vorkonfigurierten Quellen dürften die meisten Nutzer zufriedenstellen, enthalten sie doch viele der häufig nachgefragten Anwendungen. Puristen schwören auf die nativen Debian-Pakete, aber Flatpaks sind ihnen mittlerweile mindestens ebenbürtig und haben dank aktuellerer Versionen sogar die Nase vorn. AppImages sind zum sorglosen Ausprobieren sinnvoll, insbesondere wenn es kein Flatpak gibt. Fremde Quellen und PPAs lassen sich zwar meist problemlos einbinden, man sollte sie aber nur dann verwenden, wenn man dem Anbieter vertraut. Selber kompilieren ist umständlicher und sollte nur eine Notlösung sein. Die Probleme mit selbst kompilierten Programmen, aber auch von obskuren Installern, mildert CheckInstall etwas ab. Der nächste Artikel stellt eine Auswahl spannender Apps vor, die Sie unkompliziert in Mint installieren können. (ktn) c't

Libreoffice als AppImage

ct.de/wzqe

heise Security TOUR

WISSEN SCHÜTZT

Praxiswissen für die Security-Achterbahn 2021

Online-Konferenz
10. Juni / 9. September 2021

Auszug aus dem Programm:

- Die IT-Security-Lage – aktuelle Gefahren, neue Trends, darauf sollten Sie sich vorbereiten
  Jürgen Schmidt
- Vorbereitung ist alles - der richtige Umgang mit Datenschutzvorfällen
  Joerg Heidrich, Christoph Wegener
- So werfen Sie Ihr Geld zum Fenster raus – oder wie man sein Security-Budget gezielt einsetzt
  Stefan Strobel

Podiumsdiskussion:
Der Emotet-Takedown – was darf der Staat?

JETZT BIS 29. APRIL
10%
FRÜHBUCHER-RABATT SICHERN!

JETZT ANMELDEN
Finden Sie alle weiteren Informationen unter:
www.heise-events.de/securitytour

Organisiert von:
heise Events



Bild: Andreas Martini

Bewährte Linux-Anwendungen

Ein Wechsel des Betriebssystems auf Linux ist mehr als nur die Installation. Es wollen Anwendungen gefunden werden, die die Arbeit mit dem PC erst sinnvoll machen. Wir haben eine kleine Empfehlungsliste guter Alternativen zu gängigen Programmen zusammengestellt.

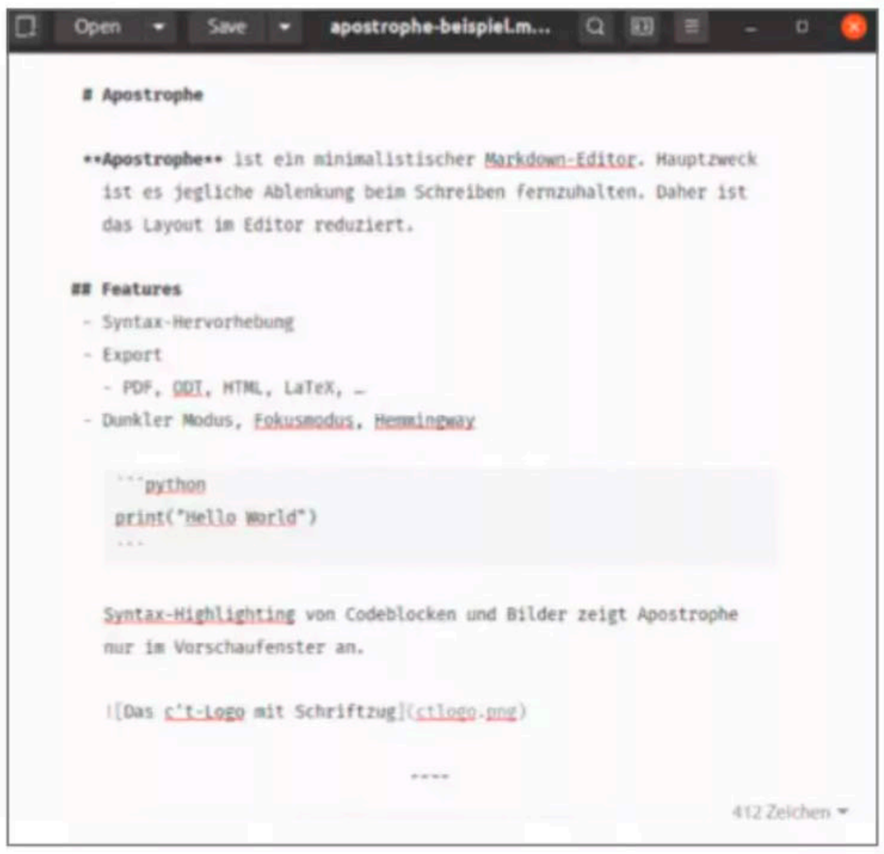
Von **Mirko Dölle, Liane M. Dubowy, Martin Reche, Merlin Schumacher und Keywan Tonekaboni**

Die Arbeit am PC funktioniert nur mit den richtigen Werkzeugen. Wer sein Betriebssystem wechselt, muss sich oft nach neuen, zur eigenen Arbeit passenden Programmen umschauen. Auch unter Linux findet man gute Alternativen. Um einen Wechsel etwas leichter zu machen, stellen wir ein paar Anwendungen aus den Bereichen Text-, Bild-, Video- und Audiobearbeitung vor.

Schreibwaren

Ursprünglich als UberWriter gestartet, ist **Apostrophe** ein minimalistischer Markdown-Editor. Hauptansinnen der Entwickler ist es, jegliche Ablenkung beim Schreiben fernzuhalten. Nicht nur in Gedanken versunkene Redakteure wissen das zu schätzen. Beim Tippen blendet Apostrophe alle Bedienelemente

Der minimalistische Editor Apostrophe hilft dabei, sich auf das Wichtigste zu konzentrieren.

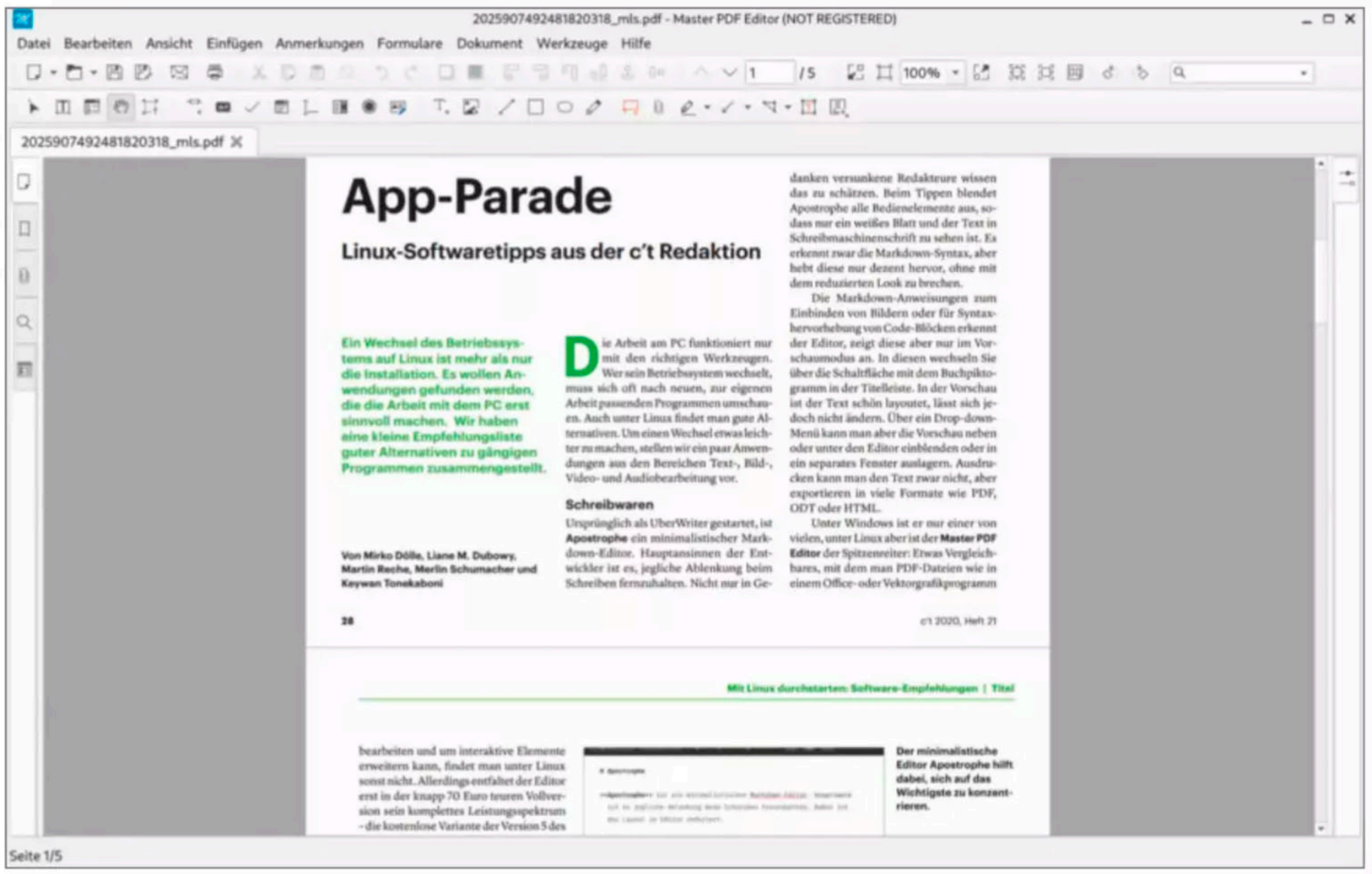


aus, sodass nur ein weißes Blatt und der Text in Schreibmaschinenschrift zu sehen ist. Es erkennt zwar die Markdown-Syntax, aber hebt diese nur dezent hervor, ohne mit dem reduzierten Look zu brechen.

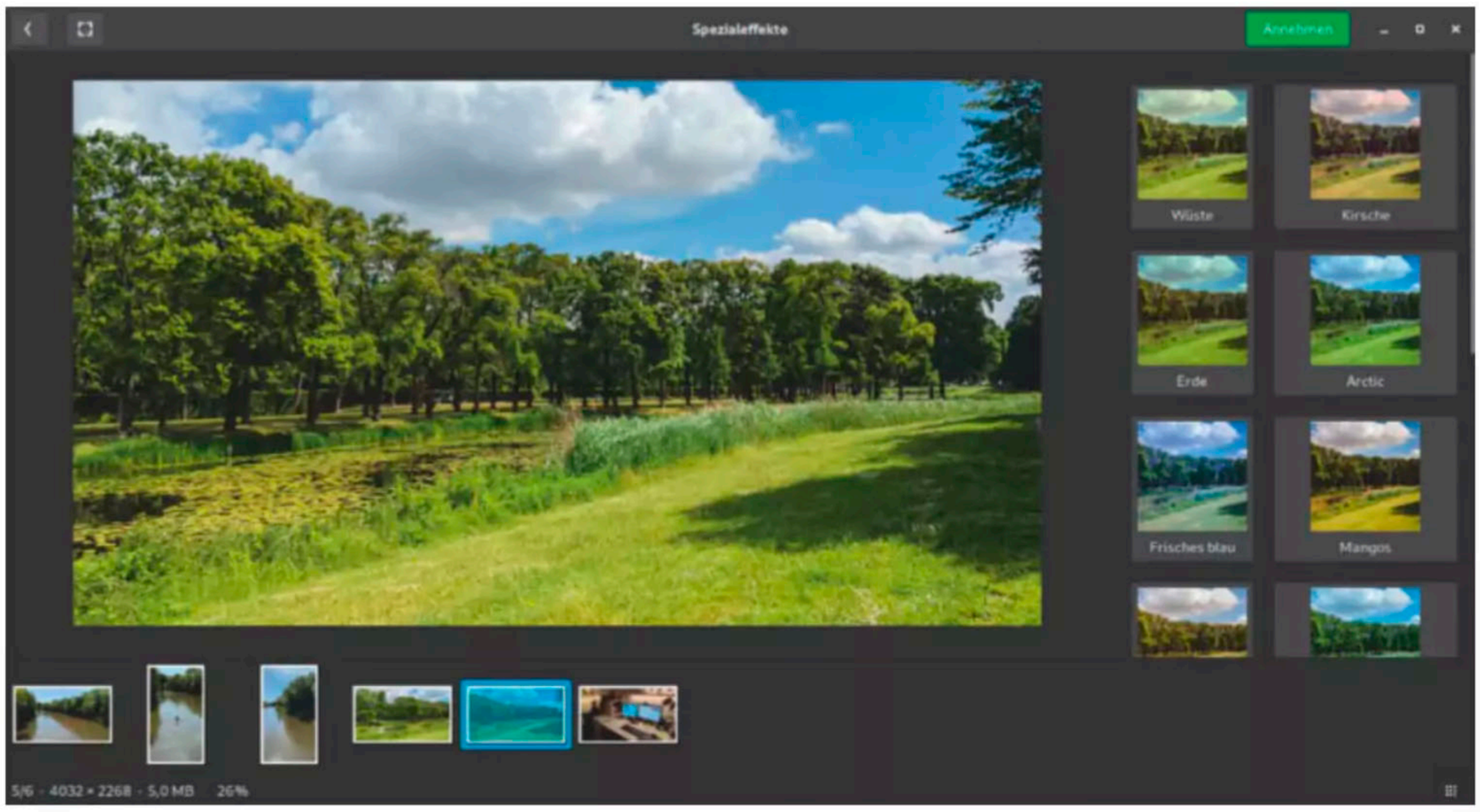
Die Markdown-Anweisungen zum Einbinden von Bildern oder für Syntaxhervorhebung von Code-Blöcken erkennt der Editor, zeigt diese aber nur im Vorschaumodus an. In diesen wechseln Sie über die Schaltfläche mit dem Buchpiktogramm in der Titelleiste. In der Vorschau ist der Text schön layoutet, lässt sich jedoch nicht ändern. Über ein Drop-down-Menü kann man aber die Vorschau neben oder unter den Editor einblenden oder in ein separates Fenster auslagern. Ausdrucken kann man den Text zwar nicht, aber exportieren in viele Formate wie PDF, ODT oder HTML.

Unter Windows ist er nur einer von vielen, unter Linux aber ist der **Master PDF Editor** der Spitzenreiter: Etwas Vergleichbares, mit dem man PDF-Dateien wie in einem Office- oder Vektorgrafikprogramm bearbeiten und um interaktive Elemente erweitern kann, findet man unter Linux sonst nicht. Allerdings entfaltet der Editor erst in der knapp 70 Euro teuren Vollversion sein komplettes Leistungsspektrum – die kostenlose Variante der Version 5 des Editors fügt schon dann ein Wasserzeichen in das PDF ein, wenn man nur eine Textzeile entfernt.

Deshalb ist die Version 4.3.89, die Hersteller Code-Industry noch immer auf seinen Servern zum Down-



Unter Linux ist der Master-PDF-Editor ungeschlagen, denn mit keinem anderen Programm lassen sich PDFs so gut bearbeiten. Er hat sich auch im Redaktionsalltag bewährt.



gThumb ist ein schneller Bildbearbeiter mit einfachen Bearbeitungsfunktionen.

load anbietet, ein Geheimtipp unter Linuxern: Damit lassen sich die meisten Bearbeitungsfunktionen noch kostenlos und ohne Zwangswasserzeichen benutzen. Die Download-Links der beiden RPM- und DEB-Pakete finden Sie unter ct.de/wm5q.

Bildgewaltig

Mit dem Gnome-Bildbetrachter **gThumb** blättern Sie schnell durch Bilderverzeichnisse und erledigen bei Bedarf auch gleich kleine Bildbearbeitungsaufgaben wie das Zuschneiden, Skalieren, Rotieren von Fotos. Helligkeit, Kontrast, Sättigung und Farbkurven kann gThumb anpassen, Fotos in Schwarz-Weiß-Bilder verwandeln oder schnell einen Effekt-Filter darauf anwenden. In einer Seitenleiste navigieren Sie in gThumb durch Ordner oder selbst angelegte Kataloge. In einem Katalog können Sie beispielsweise Bilder sammeln, die Sie als Diashow anzeigen wollen. Dabei bleiben die Bilder an ihrem ursprünglichen Speicherort. Bei Bedarf vergeben Sie Schlagworte und Bewertungen für Ihre Fotos. Beim Sichten vieler Bilder können Sie diese mit drei farbigen Fähnchen als besonders gelungen oder missraten kennzeichnen und so eine Vorauswahl treffen.

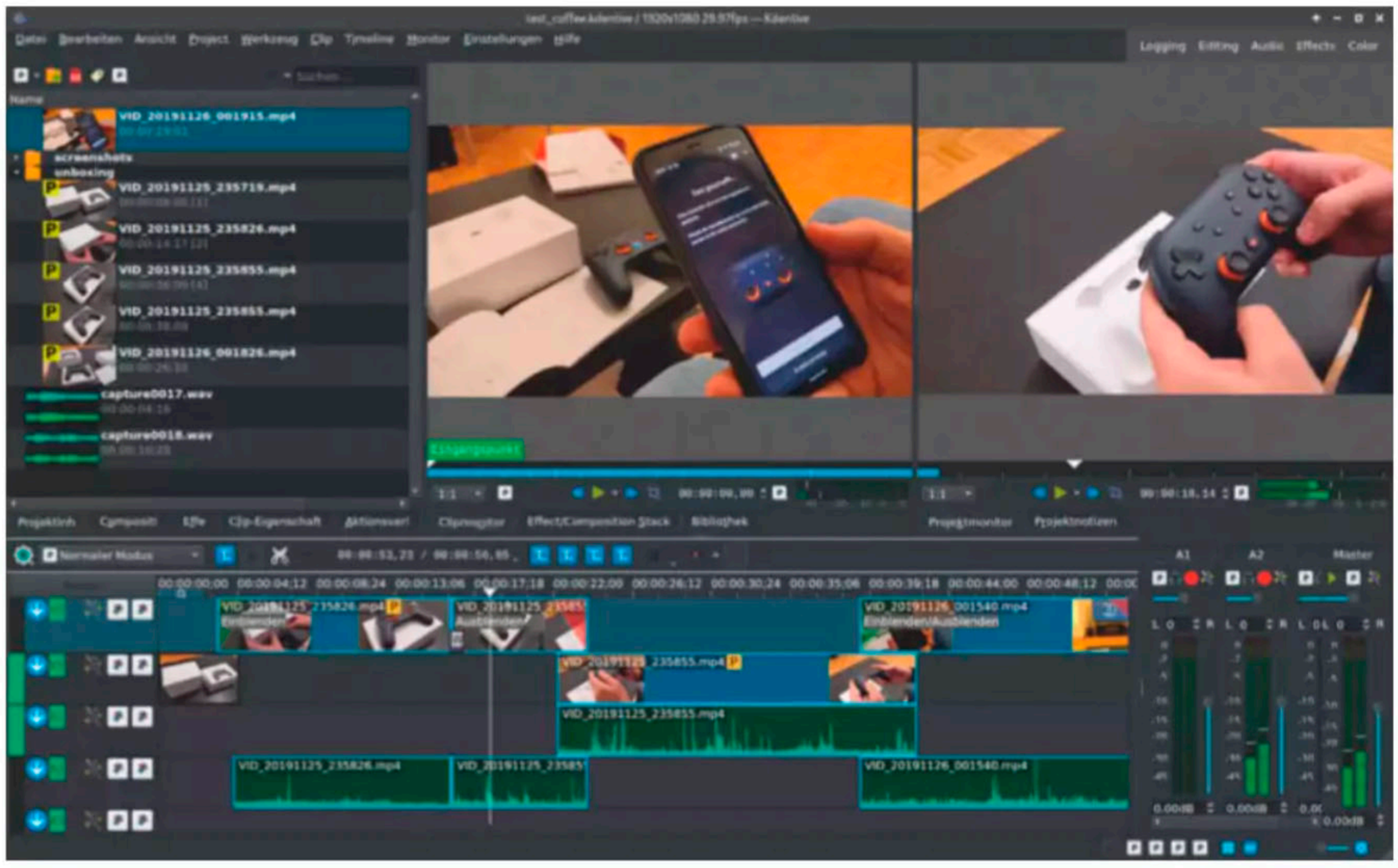
Das Tool zeigt enthaltene Metadaten an und kann darin auch eine Beschreibung hinterlegen. Das geht auch mithilfe eines Kommentars, der allerdings nur in gThumb sichtbar ist. Für die datenschutzfreundliche Verwendung eines Fotos auf Social-Media-Seiten kann gThumb die Metadaten auf Wunsch auch ganz entfernen. Erweiterungen ermöglichen beispielsweise das Aufspüren von Dubletten, den Import von externen Geräten oder den Bau einer statischen Fotogalerie fürs Web. Die Funktionen von gThumb stellen wir im Detail ab Seite 38 vor.

Wer eine große Fotosammlung sein Eigen nennt, findet in **Digikam** einen treuen Helfer. Das Programm beherrscht nicht nur die Verwaltung, sondern auch die Bearbeitung von Fotos, auch in zahlreichen Raw-Formaten. Digikam strotzt vor Features, aber mit ein bisschen Einarbeitung hat man seine Bilder im Griff. Wer viel mit Raw-Entwicklung arbeitet, sollte sich außerdem Darktable ansehen. Einen praktischen Einstieg hierzu bietet der Artikel ab Seite 46.

Schnittkasten

Um Videos unter Linux zu schneiden, brauchen Sie kein Geld auszugeben. Die meisten der im Folgenden genannten Programme finden Sie in der Software-Verwaltung ihrer Linux-Distribution. Greifen Sie am besten auf diese Versionen zurück, solange nicht ein neues Feature die Installation der neuesten Ausgabe erfordert. Wollen Sie nur Anfang und Ende einer Videodatei trimmen – etwa für Social Media, reicht ein klei-

Die freie Videoschnittsoftware Kdenlive ist trotz ihrer vielen Funktionen noch einfach zu bedienen.



nes Tool wie **Vidcutter**. Schnell sind damit der langweilige Anfang und das sich ziehende Ende entfernt. Bei größeren Dateien streikt das Tool allerdings; für komplexe Projekte ist es ebenfalls ungeeignet.

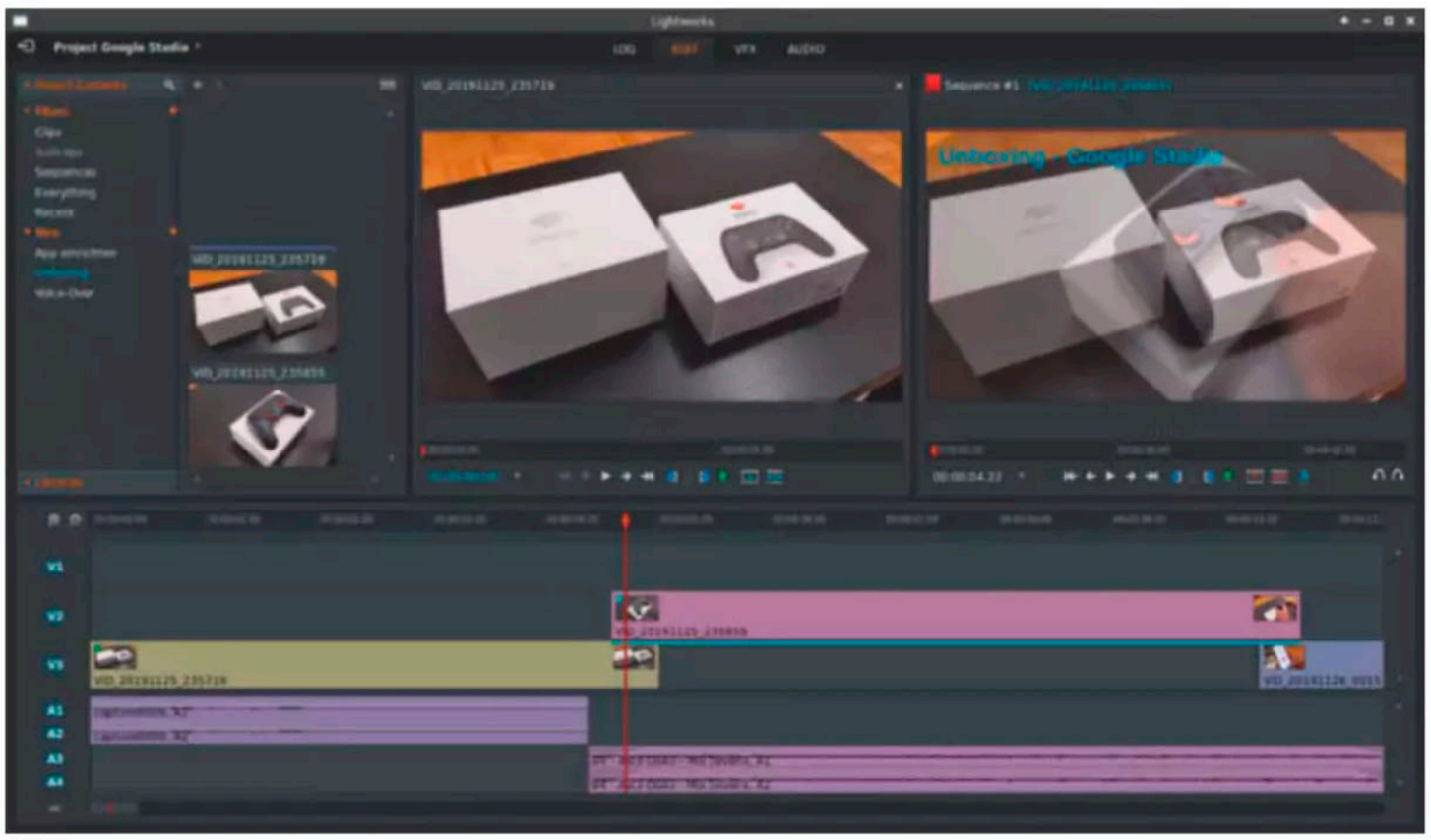
Um viele Video- und Audioschnipsel auf einer Timeline zu arrangieren, mit Übergängen, Titeln und Effekten zu versehen, Farbkorrekturen vorzunehmen, die Lautstärken der Tonspuren anzupassen oder gar eine neue draufzusprechen und das Ganze anschließend zu einem Video zu rendern, brauchen Sie einen richtigen Videoeditor. Die meisten Open-Source-Programme verwenden zum Einlesen und Schreiben das Kommandozeilenprogramm Ffmpeg und unterstützen daher eine Vielzahl an Codecs und Dateiformaten.

Erheblich mehr Funktionen bietet das kostenlose Open-Source-Schnittprogramm **Flowblade**. Wie Sie damit mehrere Video- und Audiospuren arrangieren, bearbeiten und ins gewünschte Ausgabeformat rendern, beschreiben wir im Artikel ab Seite 22. Ähnlich versiert zeigt sich **OpenShot**, weniger umfangreich aber für viele Videoprojekte ausreichend ist **Shotcut**.

Mit besonders vielen Funktionen punktet **Kdenlive**, das trotzdem einfach zu bedienen ist. Als einziges der freien Tools kann es auch Videoclips mit mehreren Audiospuren einlesen. Die Bedienoberfläche bringt vier Layouts für unterschiedliche Arbeitsschritte mit und lässt sich weiter anpassen. Viele Effekte und Compositions, ein hilfreiches Werkzeug zum Erstellen von Titeln und einfache Voice-over-Aufnahmen machen Kdenlive für viele Projekte zur besten Empfehlung.

Ebenfalls keine Probleme mit dem Import von Dateien mit mehreren Tonspuren haben kommerzielle Programme wie Lightworks oder Davinci Resolve. Das mächtige Profi-Videobearbeitungsprogramm **Davinci Resolve** gibt es in einer kostenlosen und einer kostenpflichtigen Studio-Version (rund 305 €) für Linux. Für die kostenlose Variante muss man sich auf der Website des Herstellers registrieren. Der immense Funktionsumfang umfasst Module für Farbkorrektur, Audiobearbeitung und Animationen. Das Programm stellt viele Bild-, Ton- und Übergangseffekte bereit und bietet praktische Funktionen fürs Platzieren und Aufnehmen von Audiokommentaren. Die Komplexität des Programms erfordert einiges an Einarbeitungszeit.

Die professionelle Zielgruppe erkennt man auch an der fehlenden Unterstützung für primär im privaten Bereich häufig eingesetzte Codecs und Formate: Zwar kann das Programm MP4-Dateien mit H.264-Codec importieren, nicht jedoch exportieren. Der gängige AAC-Audiocodec wird gar nicht unterstützt, auch MP3-Dateien lassen sich nicht importieren. Ton- und Videospuren in diesen Formaten muss man zuvor mühsam konvertieren. Dafür unterstützt



Mit der professionellen Videoschnittsoftware Lightworks lassen sich komplexe Projekte umsetzen. Sie bietet viele Effekte und Möglichkeiten zur Audiobearbeitung.

das Programm Codecs wie Apple ProRes und DNxHD oder Containerformate wie DCP und MXF.

Anders das ebenfalls kommerzielle **Lightworks**, das die gängigen Formate importieren und MP4-Dateien mit H.264 exportieren kann. In vier Arbeitsbereichen vereint Lightworks viele Funktionen für Videoschnitt, Effekte und Audiobearbeitung. Die Oberfläche ist minimalistisch, viele Funktionen sind nur über Tastenkürzel oder Kontextmenüs erreichbar. Die kostenlos nutzbare Version exportiert Videos bis zu einer Auflösung von 720p, wer eine höhere Auflösung braucht, muss eine Lizenz erwerben. Die ist gegen einen monatlichen (rund 24 €) oder jährlichen (162 €) Obolus erhältlich, dafür erhält man anders als bei einer einmaligen Zahlung (406 €) auch künftige Versionsupdates.

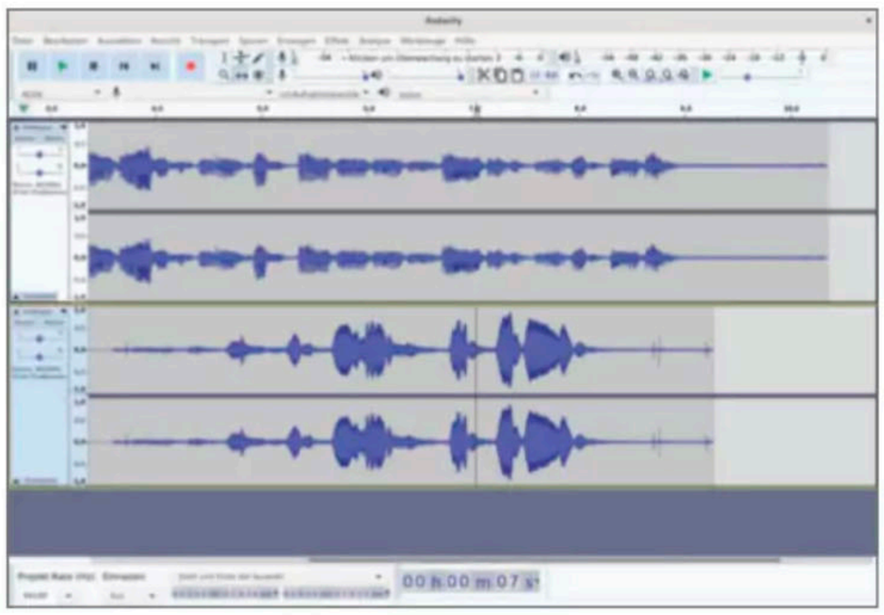
Musikalisch

Will man ein Interview aufnehmen und schneiden, eine schnelle Musikdemo anfertigen und mischen oder einen Podcast aufzeichnen, bietet sich das leichtgewichtige **Audacity** an. Es bringt alle für den Audioschnitt relevanten Werkzeuge mit. Die etwas altbackene Bedienoberfläche stellt den Anwender vor keine allzu großen Rätsel. Lediglich das Abstimmen der Lautstärken mehrerer Spuren erfordert etwas Übung im Umgang mit dem Lautstärke-Werkzeug.

Mit den integrierten Effekten, die leider destruktiv arbeiten, verleiht Audacity Aufnahmen wahlweise mehr Druck oder Räumlichkeit – zur Freude von Hörspielproduzenten und Musikern. Weitere Effekte lassen sich nachrüsten, auch mit VST-Plug-ins kommt Audacity klar – auf VST-Instrumente muss man hingegen verzichten. Dafür lassen sich Click-Tracks anlegen und dank der Overdub-Funktion hören Musiker bereits aufgenommene Spuren, während sie beispielsweise eine neue Gesangsmelodie aufzeichnen. Für (semi-)professionelle Musikaufnahmen sind die Möglichkeiten von Audacity zu begrenzt, die meisten alltäglichen Audio-Aufgaben erledigt der Mehrspur-Editor zuverlässig.

Musiker und Produzenten sollten sich für ihre Arbeit unter Linux gleich zwei Digital Audio Workstations (DAW) ansehen: LMMS und Ardour. Das kostenlose **LMMS** richtet sich in erster Linie an Musiker, die etwa über ein Midi-Keyboard eigene Musik in den Rechner einspielen und dann nachbearbeiten. Unter den knapp ein Dutzend mitgelieferten Instrumente-Plug-ins gibt es mehrere sehr leistungsfähige Synthesizer und Tongeneratoren, es fehlen jedoch Presets, die die Plug-ins wie verschiedene Instrumente klingen lassen.

Für Sampling eignet sich LMMS nur begrenzt, da es keinen Audio-Editor gibt, mit dem man Audio-Clips nachbearbeiten könnte. Die Entwickler verweisen hierfür auf Audacity. Auch für Remixe und Edits von Audiospuren ist LMMS kaum geeignet, es fehlt die Möglichkeit, die Spuren takt-genau zu schneiden und synchron zum Takt zu verschieben.



Audacity wirkt etwas altmodisch, aber beherrscht alles, was man für einfache Audiobearbeitung benötigt.

Taktvoll

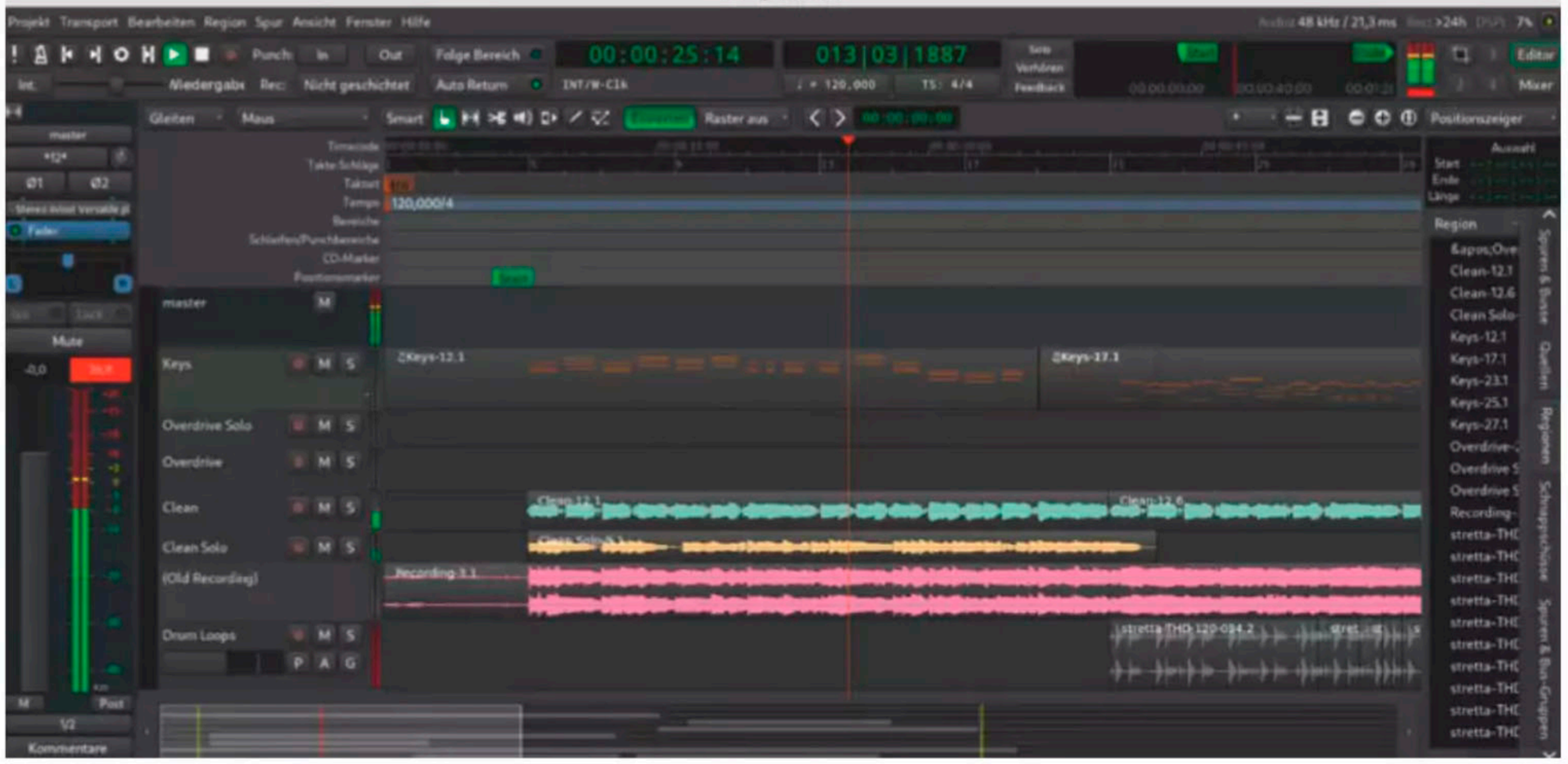
Der taktgenaue Audio-Editor ist eine Stärke von **Ardour**, damit lassen sich Audiospuren eines Titels schnell in einzelne Clips zerlegen und für einen Remix oder Edit neu arrangieren. Ardour arbeitet nicht-destruktiv und beherrscht ebenfalls den Umgang mit MIDI-Tracks. Auch für Musiker ist Ardour prinzipiell interessant – nur nicht unter Linux, denn es werden nur vier Instrumente-Plug-ins mitgeliefert. Zwar lassen sich über den Plug-in-Manager herkömmliche VST-2-Plug-ins nachrüsten, unter Linux aber nur solche, die für Linux übersetzt wurden.

Links zu den Programmen

ct.de/wm5q

Will man die normalerweise für Windows gedachten VST-Plug-ins etwa von Steinberg, reFX oder IoZone verwenden, benötigt man eine spezielle Ardour-Version und WINE – und muss dann hoffen, dass es zu keinen ungewollten Latenzen oder Abstürzen kommt. Ardour gibt es nur in einer Testversion kostenlos, wie viel man für die Vollversion bezahlt, kann man sich selbst aussuchen.

Wer gerne zu Schlagzeugbegleitung jammt oder einen Drumtrack für sein Demo benötigt, findet mit **Hydrogen** eine einfache Drummachine mit intuitivem Bedienkonzept: Per Mausklicks in ein Raster komponiert man Pattern, die sich wiederum in einer Matrix zu kompletten Songstrukturen anordnen lassen. Die Bearbeitungsfunktionen sind übersichtlich, aber decken die wichtigsten Parameter ab: So lässt sich etwa jeder einzelne Schlag individuell in Sachen Anschlag (Velocity), Panorama und Tonhöhe anpassen. Hydrogen bringt mit einer TR808-Emulation und einem Rock-Kit zwei Drumsets mit, die sich nach Belieben individualisieren lassen. Weitere Sets nimmt das Programm im Hydrogen-Format entgegen. Dutzende User-Kits stehen zum direkten Import aus dem Netz zur Verfügung. Über ein Mischpult lassen sich sämtliche Bestandteile der Drum-Kits vor dem Export optimal aufeinander abstimmen. Hydrogen legt auf Wunsch Projektdateien an und exportiert fertige Songs wahlweise als WAV-, OGG-, AIFF-, FLAC- oder auch MIDI-Datei. (ndi) c't



Mit taktgenauer Clip-Bearbeitung eignet sich Ardour gut für Remixe und Edits von Audiospuren. Musikinstrumente sind in Ardour unter Linux aber Mangelware.

Videoschnitt mit Flowblade

Seine Kreativität unter Linux auszutoben, dafür gibt es zahlreiche Open-Source-Programme. Deren Benutzerfreundlichkeit hat sich in den letzten Jahren verbessert, wie die folgenden Tutorials zeigen. So steht mit Flowblade Linux-Anwendern ein kostenloses Werkzeug für den Videoschnitt zur Verfügung. Schon nach kurzer Einarbeitungszeit schneiden Sie damit nicht nur ansehnliche Urlaubsfilme.

Von **Tim Schürmann**



Bild: tsamedien

Videos schneiden mit Flowblade	22
Malen lernen mit Krita	30
Praktischer Bild-Allrounder gThumb	38
Raw-Fotos entwickeln mit Darktable	46

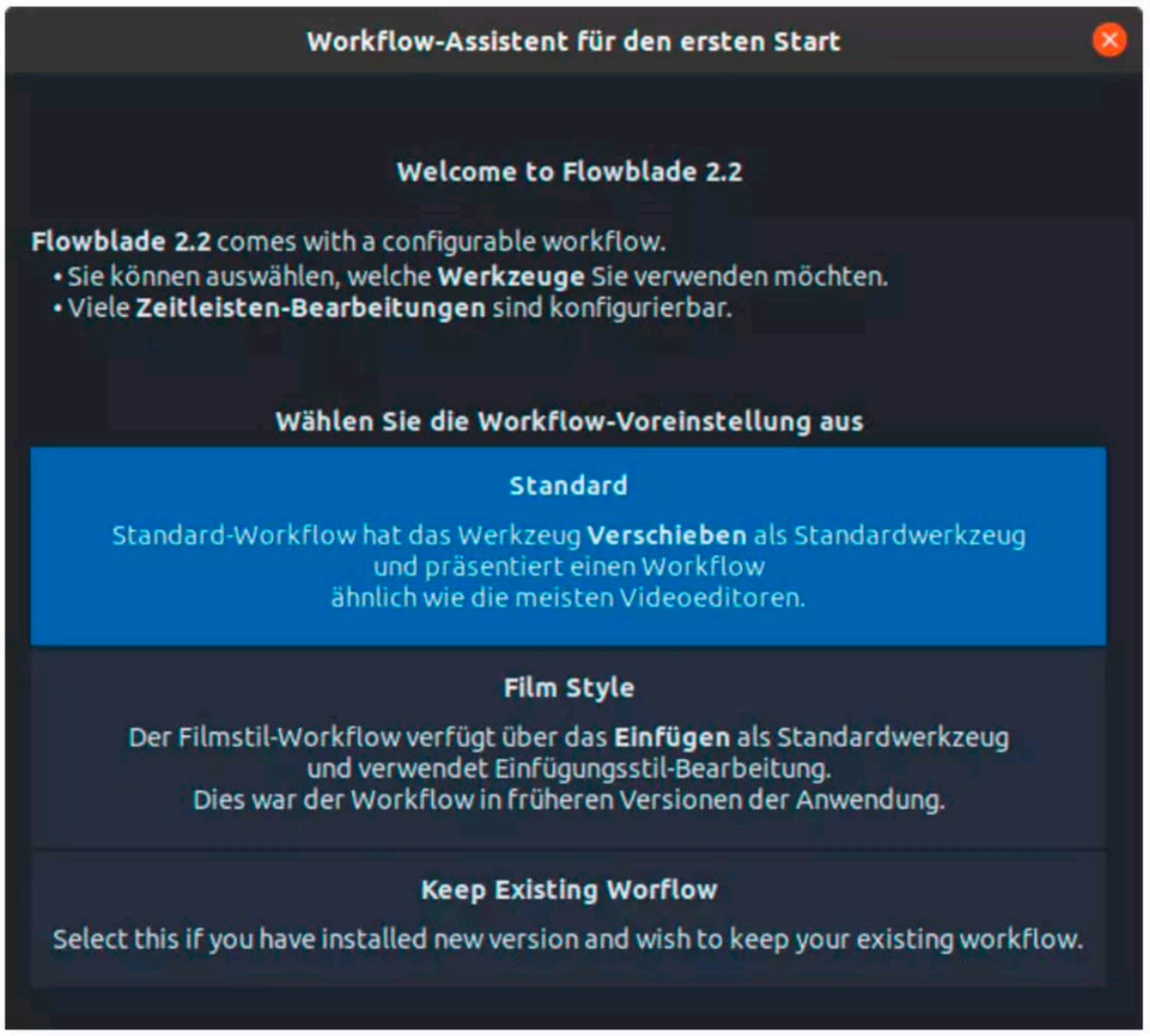
Bei schönem Wetter glühte die Smartphone-Kamera und verewigte auf ihren Speicherchips schöne Impressionen vom Kölner Dom und den Rheinbrücken im Sonnenuntergang. Damit die verwackelten Domspitzen nicht die daheimgebliebenen Familienmitglieder langweilen, soll aus dem vorhandenen Filmmaterial ein kurzer Urlaubsfilm entstehen. Für genau solche Aufgaben eignet sich unter Linux das Schnittprogramm Flowblade. Es erschlägt den Benutzer nicht mit einer überfrachteten Bedienoberfläche, genügt dabei aber auch vielen semiprofessionellen Ansprüchen. Das kostenlose Flowblade läuft zudem stabil und steht unter einer Open-Source-Lizenz.

Wie bei allen Schnittprogrammen empfiehlt sich ein möglichst großer Monitor, um alle wesentlichen Elemente im Blick zu behalten. Gerade bei hochauflösendem Material benötigt man zudem einen potenten Hauptprozessor. Die Beschleunigungsfunktionen der Grafikkarte kann Flowblade derzeit noch nicht einspannen, wenngleich eine solche Unterstützung bei den Entwicklern auf der Agenda steht. Und es gibt noch eine Einschränkung: Sie können Ihr Gesamtkunstwerk auf maximal neun Video- und Audio-Spuren arrangieren. Das klingt nach wenig, reicht aber für die meisten Projekte locker aus.

Einspieler

Verwenden Sie auf jeden Fall eine aktuelle Version 2.6 von Flowblade, denn erst seit Version 2.4 ist Flowblade auf Python 3 portiert. Ältere Versionen verwenden noch Python 2.7, dessen Support bereits ausgelaufen ist. Viele Distributionen liefern Flowblade in ihren Paketquellen aus.

Sollte das Paket fehlen, finden Sie ein DEB-Paket für Debian-basierte Distributionen auf der Projekt-Website (siehe ct.de/wu6x). Alternativ können Sie ein Flatpak-Paket installieren, das ebenfalls alles Nötige mitbringt. Rüsten Sie gegebenenfalls die Unterstützung für das Flatpak-Format nach, wie auf Seite 8 erklärt, dann können Sie Flowblade aus dem Flathub-Repository installieren. Auf der Kommandozeile erledigen Sie das mit dem folgenden Befehl:



Im alternativen „Film Style“-Modus verhält sich Flowblade wie manch professionelles Schnittprogramm und orientiert sich am Schnitt realer Filmrollen. Wählen Sie den Modus nur dann, wenn Sie mit dem sogenannten „Insert Edit“-Verfahren vertraut sind.



Der Bereich links oben im Flowblade-Fenster sortiert seine Funktionen in mehrere Register, deren Laschen etwas oberhalb der Zeitleiste liegen. Im Register „Medien“ verwalten Sie beispielsweise Ihr Rohmaterial.

```
flatpak install --from ↵
  ↳ https://flathub.org/repo/↵
  ↳ appstream/io.github.jliljebl.↵
  ↳ Flowblade.flatpakref
```

Anschließend startet das Kommando

```
flatpak run io.github.jliljebl.↵
  ↳ Flowblade
```

das Videoschnittprogramm. Auch im Menü ist ein Eintrag zum Starten des Programms vorhanden. Arch-Linux-Nutzer finden alternativ ein passendes PKGBUILD im AUR, das Sie mithilfe eines Wrappers wie yay oder Pamac installieren können. Sollte keiner der Installationswege infrage kommen, müssen Sie Flowblade aus dem Quellcode installieren. Den entsprechenden Weg beschreibt das Flowblade-Wiki.

Nach dem ersten Start von Flowblade bietet der nicht vollständig auf Deutsch übersetzte Workflow-Assistent die Wahl zwischen mehreren Voreinstellungen. Stellen Sie hier sicher, dass „Standard“ aktiviert ist und bestätigen Sie mit „Wählen Sie Preset Workflow und fahren Sie fort“. Damit verhält sich Flowblade so wie die meisten anderen Videoschnittprogramme. Unter anderem können Sie die Filmschnipsel auf der Zeitleiste einfach mit der Maus verschieben.

Projektarbeit

Das Hauptfenster von Flowblade gliedert sich in drei Bereiche: Auf der Zeitleiste im unteren Bereich arrangieren Sie Ihre Aufnahmen zu einem Gesamtkunstwerk, rechts oben sehen Sie eine Vorschau. Im Bereich links oben laden und verwalten Sie Ihre gedrehten Clips und legen die Einstellungen von Effekten fest.

Erstellen Sie als Erstes über den Menüpunkt „Datei/Neu“ ein neues Projekt. Stellen Sie unter „Projektprofil“ das Videoformat ein, in dem Sie den fertigen Film ausgeben möchten. Bei einer DVD-Produktion ist beispielsweise meist „DV/DVD Widescreen PAL“ die richtige Wahl. Häufig soll das fertige Gesamtkunstwerk aber nicht nur auf einer DVD erscheinen, sondern auch im eigenen YouTube-Kanal für Unterhaltung sorgen. Sofern alle Clips das gleiche Videoformat besitzen, sollten Sie daher genau dieses als „Projektprofil“ wählen. Später kann Flowblade ein Video im jeweils passenden Format ausgeben. Das garantiert beim Einsatz von Effekten die bestmögliche Qualität. Wenn Sie das Format Ihrer

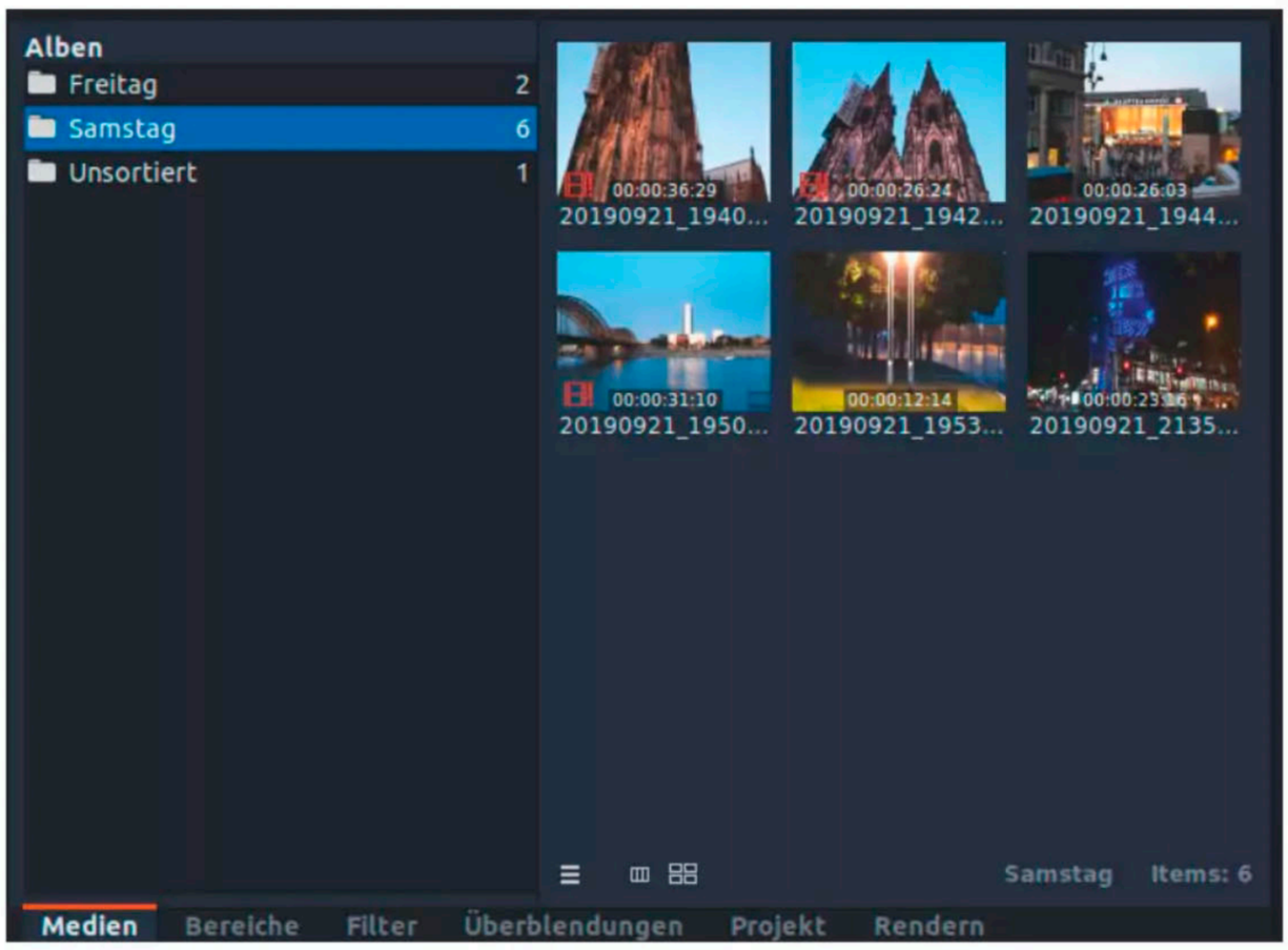
Videos nicht kennen oder unsicher sind, belassen Sie zunächst das vorgegebene „Projektprofil“ und klicken Sie auf „OK“. Flowblade kommt dann an anderer Stelle noch einmal auf das Format zurück.

Gruppenbildung

Je länger der Urlaub dauert, desto mehr Filmclips landen auf der Festplatte. Um in Flowblade den Überblick zu behalten, können Sie die Clips thematisch in Alben einsortieren (im Englischen spricht Flowblade von „Bins“). Beim Kurzurlaub in Köln landen alle am Freitag gedrehten Videos beispielsweise im Album „Freitag“. Bei einer Städtetour könnten Sie hingegen alle Videos aus Köln und alle aus Bonn jeweils in einem eigenen Album sammeln.

Alle existierenden Alben listet Flowblade links oben unter „Alben“ auf. Standardmäßig existiert bereits ein Album mit dem wenig aussagekräftigen Namen „album_1“. Nach einem Klick auf den Namen können Sie ihn anpassen und so in „Freitag“ umbenennen. Um für den Samstag ein weiteres Album zu schaffen, rufen Sie im Menü „Projekt“ unter „Bin“ den Punkt „Add Bin“ auf und benennen ihn wieder passend um. Sollten sich einige Clips nicht eindeutig einsortieren lassen, erstellen Sie für sie zum Beispiel das Album „Unsortiert“.

Fügen Sie nun Videos in die Alben ein, indem Sie zunächst eines der Alben markieren. Mit einem Rechtsklick auf die freie Fläche daneben öffnen Sie ein Kontextmenü und wählen „Video, Audio oder Bild hinzufügen“. Alternativ finden Sie den Punkt im Menü „Projekt“. Markieren Sie alle Videos, die in das Album gehören und lassen Sie sie „Öffnen“.



Die „Medien“-Verwaltung sammelt und sortiert das Rohmaterial. Die Zahl neben einem Albumnamen zeigt an, wie viele Clips im entsprechenden Album liegen.

Eine Frage des Formats

Unter Umständen weicht ein Clip vom Videoformat ab, das Sie beim Erstellen des Projekts vorgegeben haben. In einem solchen Fall möchte Flowblade wissen, wie es weiter verfahren soll. Wenn Sie „Zum Datei Profil wechseln“, übernimmt Flowblade das Videoformat des Clips für das gesamte Projekt. Haben Sie beispielsweise ein HD-Video geladen, geht Flowblade anschließend davon aus, dass Sie genau ein solches HD-Video zusammenstellen möchten. Nutzen Sie diese Möglichkeit daher nur, wenn Sie das Videoformat Ihrer Clips nicht kennen und beim Erstellen des Projekts die Vorgabe einfach übernommen haben. In allen anderen Fällen sollten Sie das aktuelle Profil behalten.

Sind alle benötigten Videoclips in Alben sortiert, sollten Sie das Projekt mit der Tastenkombination Strg+S speichern. Gewöhnen Sie sich am besten an, den aktuellen Stand zwischendurch immer wieder mal zu sichern.

Das Register „Medien“ zeigt die Videoclips eines Albums nun mit Vorschaubildern und darunter den Dateinamen. Per Drag & Drop können Sie falsch einsortierte Videos einfach umsortieren. Brauchen Sie einen Clip doch nicht, klicken Sie ihn mit der rechten Maustaste an und lassen ihn „Entfernen“. Dabei löscht Flowblade nicht die Datei, sondern vergisst sie nur. Über die rechte Maustaste können Sie einen Clip zudem „Umbenennen“ und so etwa aus „20190520.mp4“ den „Kölner Dom von außen“ machen. Da Flowblade die Videos alphabetisch aufsteigend sortiert, sollten Sie im Namen noch die Reihenfolge hinterlegen, in der Sie die Clips gedreht haben. Das erleichtert später, die Filmschnipsel in die richtige Reihenfolge zu bringen.

Kürzlich

Ein Doppelklick auf einen Clip öffnet ihn rechts in der Vorschau. Mit den Wiedergabeschaltflächen kön-

nen Sie das Video abspielen. Die rote Markierung kennzeichnet dabei die gerade angezeigte Position im Clip. Sie können die Markierung mit der Maus verschieben und so im Video schnell hin und her spulen.

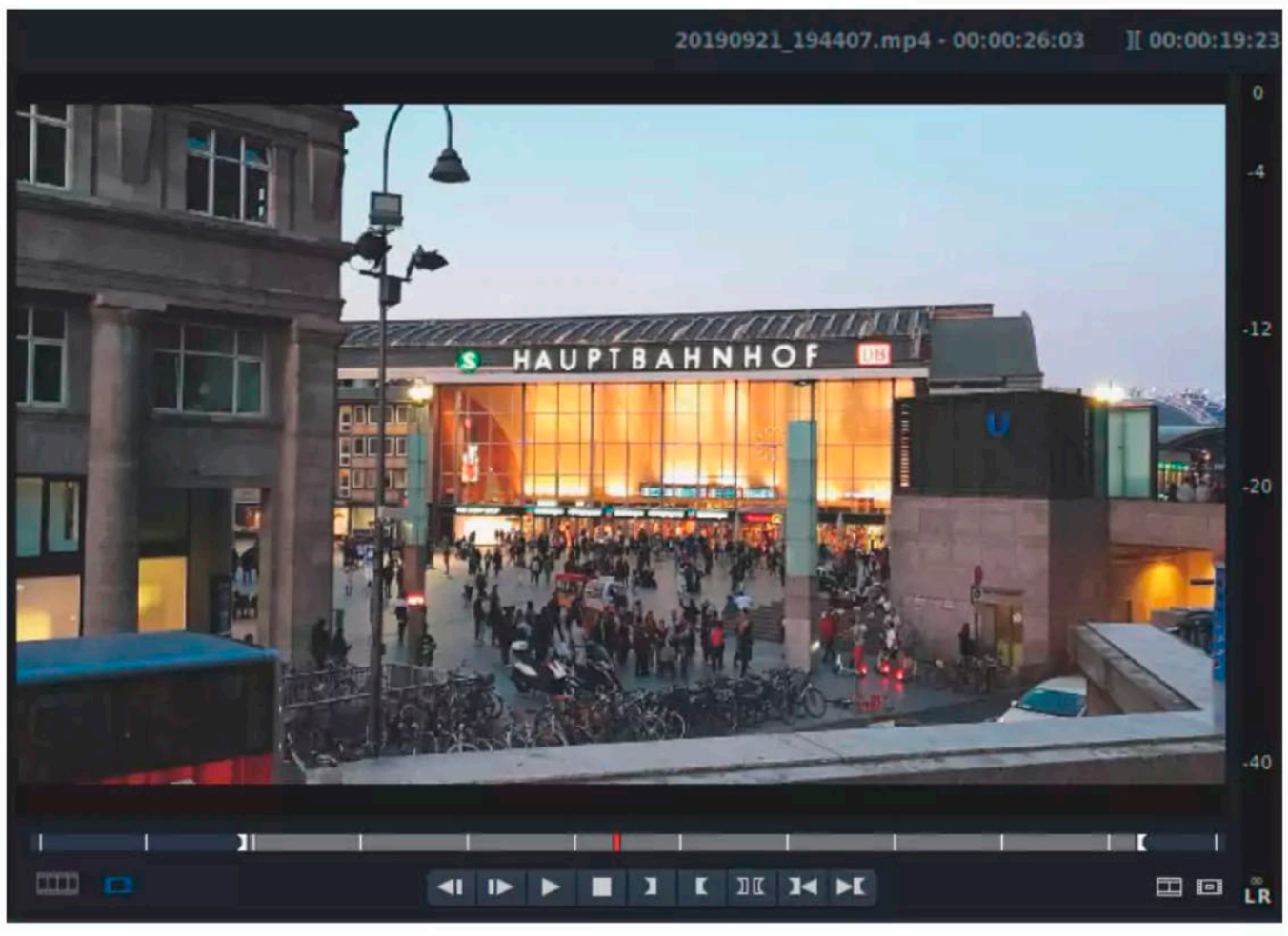
Wenn man die Kamera einschaltet und erst dann das eigentliche Motiv ins Visier nimmt, verwackelt zwangsweise das Bild. Genau das ist auch in Köln bei der Aufnahme des Hauptbahnhofs passiert. Um den vermurksten Anfang wegzuschneiden, laden Sie den Clip zunächst mit einem Doppelklick in die Vorschau. Fahren Sie dann an die Stelle, an der das Wackeln aufhört und drücken Sie die Taste I. Flowblade ignoriert ab sofort den Anfang des Clips. Um Ihre Wahl noch einmal zu korrigieren, fahren Sie einfach in der Vorschau an die neue Stelle und drücken wieder I.

Analog schneiden Sie auch das Ende eines Clips weg: Navigieren Sie in der Vorschau ans neue Ende und drücken Sie die Taste O. Auf diese Weise können Sie auch mehrere kleinere Clips mit I und O aus einem langen Clip extrahieren und auf die Timeline verfrachten. Bevor Sie Ihre Clips arrangieren, sollten Sie sie einmal in der Vorschau begutachten und bei Bedarf nach dem gezeigten Prinzip vorn und hinten kürzen. Um unliebsame Szenen in der Mitte eines Clips kümmert sich gleich noch ein anderes Werkzeug.

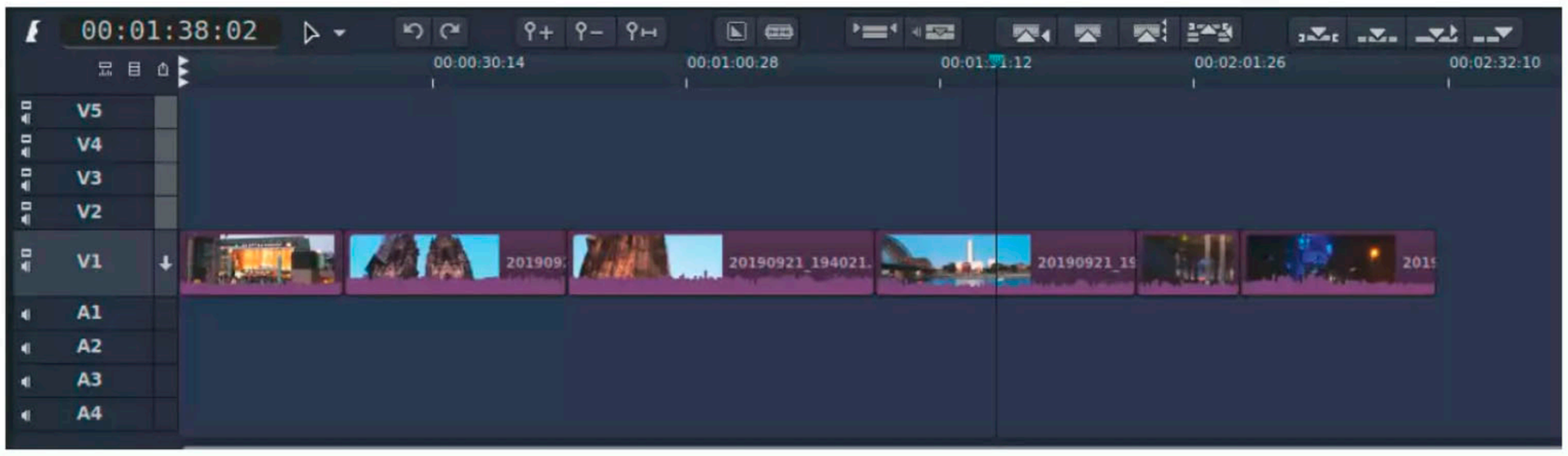
Der Reihe nach

Entscheiden Sie sich jetzt, welcher Clip als erster im fertigen Film zu sehen sein soll. Bei einem Urlaub wie dem Trip nach Köln sollten Sie die Reise chronologisch nacherzählen. Der fertige Film startet daher mit einer Ansicht des Bahnhofs; den Clip ziehen Sie an seinem Vorschaubild aus dem Album auf die Spur „V1“ in der Zeitleiste. Anders als die Konkurrenz grenzt Flowblade die Spuren in der Zeitleiste nicht mit Linien ab. Fahren Sie mit der Maus rechts neben das „V1“. Sobald Sie die Maustaste loslassen, erstellt Flowblade einen Balken, der die Dauer des Clips repräsentiert. Mit dem Scrollrad der Maus oder den Symbolen mit den Plus- und Minuszeichen zoomen Sie in die Zeitleiste hinein und heraus. Auf diese Weise verschaffen Sie sich schnell einen Überblick.

Ziehen Sie den zweiten Clip nach dem gleichen Prinzip rechts neben den ersten auf die Spur „V1“. Einen versehentlich falsch platzierten Clip verschieben Sie per Drag & Drop. Sobald ein Clip auf das Ende eines anderen trifft, docken die beiden wie Magneten bündig aneinander an und gehen so im fertigen Film nahtlos ineinander über. Schieben Sie einen Clip zu weit in einen anderen hinein, kürzt Flowblade den überfahrenen Clip automatisch passend ein. Wenn Sie den Mauszeiger auf den Anfang



Welches Video die Vorschau gerade anzeigt, verrät sie rechts oben. Steht dort „sequenz_1“, zeigt sie den Film in der Zeitleiste.



Wenn Sie in der Zeitleiste mehrere Clips bei gedrückter Strg-Taste anklicken, lassen sich die Videos anschließend gemeinsam bewegen.

oder Ende eines Clips schieben, verwandelt er sich in einen Pfeil. Bei gedrückter Maustaste können Sie jetzt das jeweilige Ende herein- und herausziehen. Diese Methode ist eine Alternative zum Trimmen in der Vorschau.

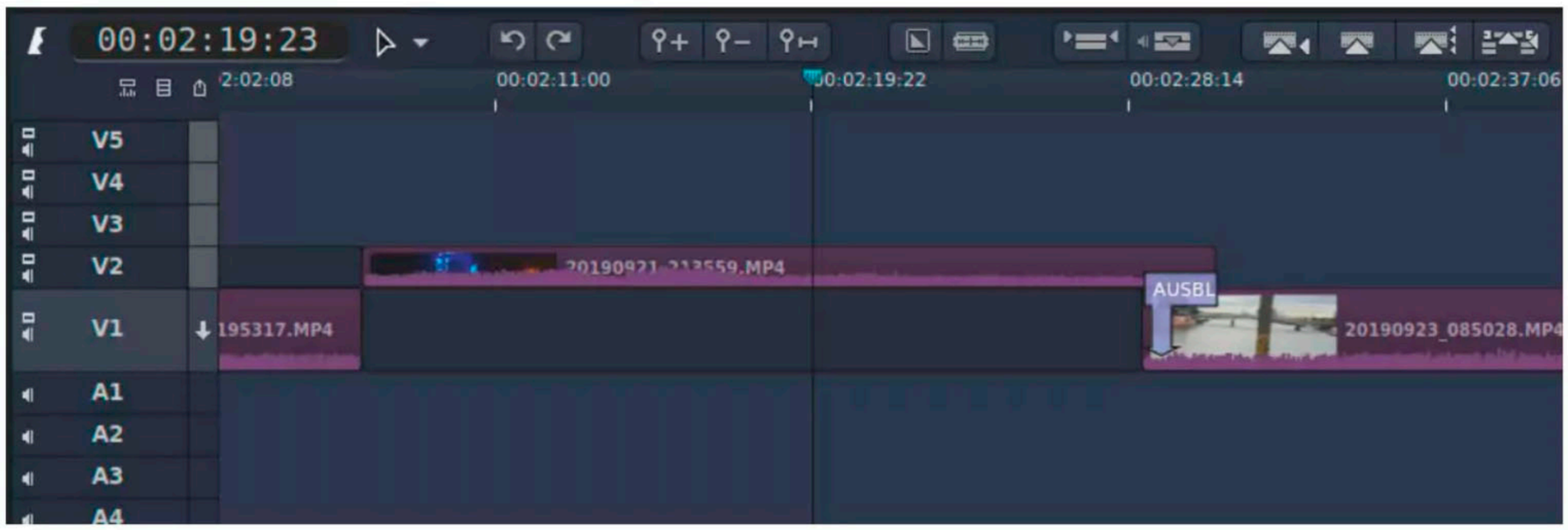
Sobald Sie auf einen leeren Bereich in der Zeitleiste klicken, zeigt die Vorschau ihren Film. Auf der Zeitleiste finden Sie zudem einen senkrechten schwarzen Strich. Diese Zeitnadel markiert die Position der Vorschau. Wenn Sie die Zeitnadel an ihrem türkisfarbenen Kopf verschieben, können Sie schnell durch den Film spulen. Ordnen Sie nach dem gezeigten Prinzip die Clips auf der Zeitleiste in der Spur „V1“ in der gewünschten Reihenfolge an.

Jetzt geht es an den Feinschliff: Mitten in einem Clip gibt es einen unruhigen Schwenk vom Dom zum Bahnhof, der ziemlich dilettantisch wirkt. Beim Herausschneiden hilft die Rasierklinge, die Sie mit der Taste 5 aktivieren. Sie zerschneidet einen Clip an der Stelle in zwei Teile, auf die Sie klicken. Damit Sie auch die richtige Stelle erwischen, positionieren Sie zunächst die Zeitnadel am Anfang der Szene, im Beispiel also vor dem hässlichen Schwenk. Klicken Sie dann mit dem türkisfarbenen Strich am Mauszeiger an der Zeitnadel auf den Clip. Wiederholen Sie das Verfahren am Ende des Schwenks. Um die unliebsame Szene zu löschen, klicken Sie auf ihren Balken mit der rechten Maustaste und wählen „Be-

Filterkaffee

In einer Nachtaufnahme hat die Automatik des Smartphones leicht versagt, sodass das Video am Ende zu hell ist. Sichtbare Helligkeitsschwankung können Sie mit einem Filter korrigieren: Klicken Sie den betroffenen Clip mit der rechten Maustaste an und wechseln Sie zu „Filter hinzufügen“. Die Effekte sind thematisch in Gruppen einsortiert, den Filter für „Helligkeit“ finden Sie unter „Farbe“. Auf die gleiche Weise können Sie weitere Filter hinzufügen. Stellen Sie sicher, dass links oben das Register „Filter“ aktiv ist. Dort listet Flowblade ganz links oben alle für den Clip gültigen Filter auf. Um einen Filter wieder loszuwerden, klicken Sie auf das Minus-Symbol.

Das Register „Filter“ zeigt die jeweiligen Einstellungen. Im Fall der Helligkeit sehen Sie dort einen grauen Balken, der die Laufzeit des Clips repräsentiert. Fahren Sie in der Zeitleiste mit der Zeitnadel an die Stelle, an der Flowblade die Helligkeit verringern soll. Beobachten Sie dabei im „Filter“-Register, wie die rote Markierung auf dem grauen Balken mitwandert. Per Klick auf das Plus-Symbol unterhalb des grauen Balkens setzen Sie einen sogenannten Keyframe. Er merkt sich die Helligkeitseinstellung an genau dieser Stelle. Fahren Sie jetzt mit der Zeitnadel an das Ende des Clips und setzen Sie einen zweiten Keyframe. Reduzieren Sie dann mit dem Schieberegler „Level“ die Helligkeit ein wenig. Sie können dazu einfach den blauen Balken etwas nach links ziehen oder alternativ die „100“ anklicken und „75“ eintragen. Erstellen Sie dann wieder über das Plus-Symbol einen Keyframe. Wenn Sie jetzt den Film in der Vorschau abspielen, reduziert Flowblade zwischen dem ersten und dem zweiten Keyframe langsam die Helligkeit. Durch weitere Keyframes können Sie die Helligkeit noch feiner regeln. Nach diesem Prinzip lassen sich auch alle anderen Filter anwenden und steuern. Wenn Sie die Einstellungen eines Effekts nachträglich bearbeiten möchten, stellen Sie sicher, dass das „Filter“-Register geöffnet ist und doppelklicken Sie auf den entsprechenden Clip in der Zeitleiste.



Hier überblendet der Clip von der Leuchtreklame des WDR in die Aufnahme von der Hohenzollernbrücke.

arbeiten/Entfernen“. Die nachfolgenden Clips rücken automatisch auf. Das Werkzeug zum Verschieben von Clips aktivieren Sie wieder mit der Taste 1. Alternativ wechseln Sie die Werkzeuge über das kleine Auswahlmenü, das sich links oben in der Zeitleiste direkt rechts neben der Zeitanzeige befindet.

Blendwerk

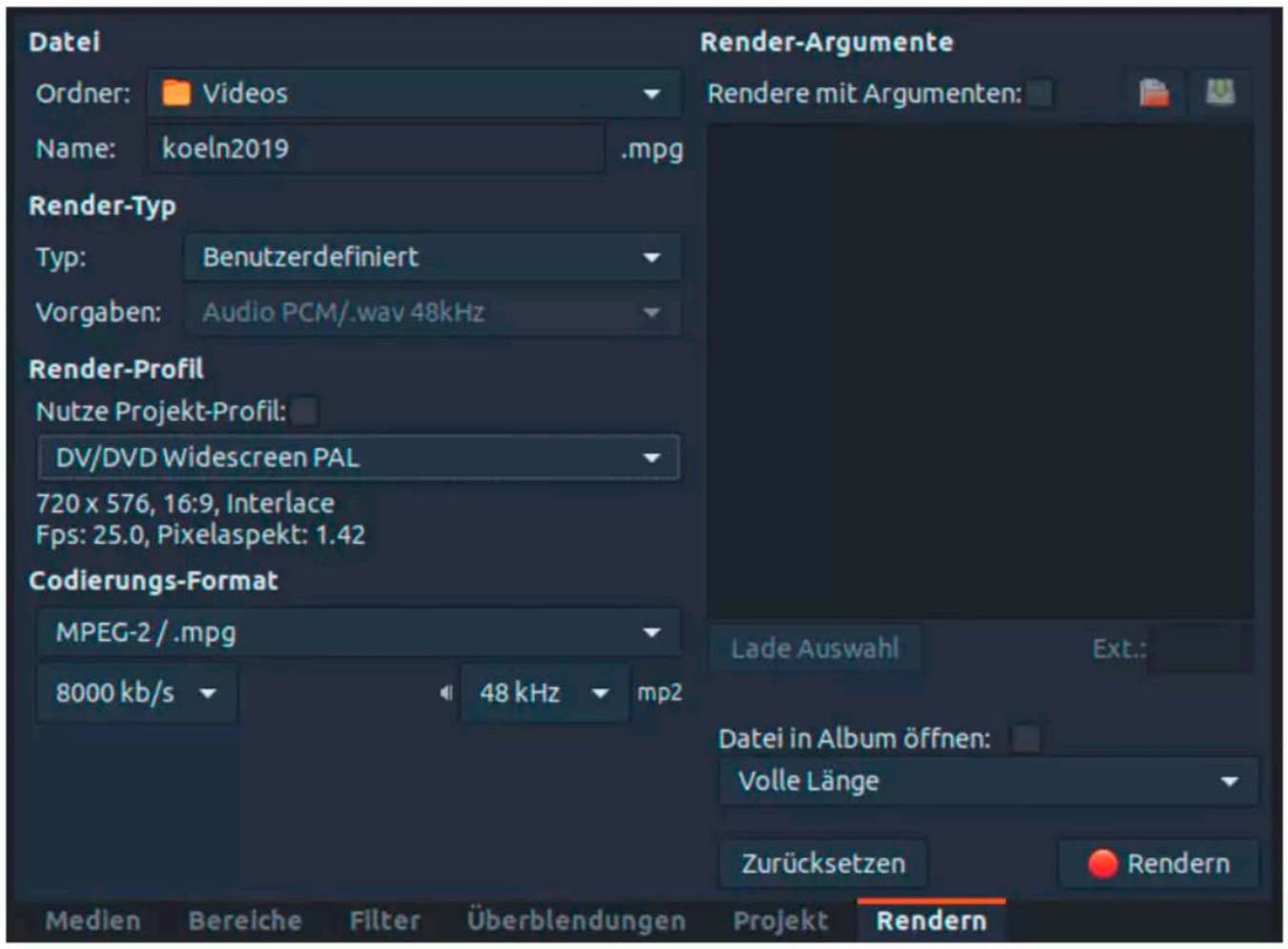
Damit haben Sie jetzt bereits einen durchgehenden Film, wobei die Szenen mit harten Schnitten voneinander getrennt sind. Flowblade kann jedoch auch die einzelnen Clips ineinander überblenden. Machen Sie von diesem Angebot besser nur sehr sparsam Gebrauch: Wenn Sie bei jedem Szenenübergang eine Animation abspielen, wirkt der komplette Film sehr unruhig. In den meisten professionellen Produktionen finden Sie daher fast ausschließlich harte Schnitte. Manchmal aber kann eine Überblendung notwendig sein: Der zweite Urlaubstag endet mit einer Nachtaufnahme, der nächste Clip zeigt jedoch wieder Köln im Sonnenschein. In diesem Fall ist es sinnvoll, den Zuschauer auf den Nacht-Tag-Wechsel vorzubereiten, indem Flowblade die Nachtaufnahme langsam aus- und die nächste Szene einblendet.

Dazu ziehen Sie den Clip mit der Nachtaufnahme in die Spur „V2“. Den Clip mit der Tagaufnahme versetzen Sie leicht nach links. Das Ende der Nachtaufnahme sollte sich so mit dem Anfang der Tagaufnahme leicht überlappen. Klicken Sie jetzt den Clip auf der Spur „V2“ mit der rechten Maustaste an. Im Kontextmenü finden Sie zwei Einträge „Überblendung hinzufügen“. Wählen Sie aus dem unteren den Punkt „Ausblenden“. Es erscheint jetzt ein neuer Balken mit der Aufschrift „Ausblenden“. Er markiert den Bereich, in dem die Überblendung stattfindet. Auf dem Register „Überblendungen“ können Sie jetzt noch das Verhalten der Überblendung und ihre Länge steuern („Fade out Length“). Letztgenannte können Sie auch ändern, indem Sie mit der Maus die Enden des Kastens „Ausblenden“ zurechtzupfen. Wenn Sie jetzt den Film in der Vorschau abspielen, blendet Flowblade die beiden Clips langsam ineinander über. Um nachträglich die Einstellungen der Überblendung zu ändern, doppelklicken Sie einfach auf ihren Kasten. Die Überblendung entfernen Sie mit einem rechten Mausklick auf ihren Kasten und „Entfernen“.

Bei einem Urlaubsfilm liefert meist wie bei einer Dokumentation ein Audiokommentar ergänzende Informationen zu den Bildern. Zur Tonaufnahme



Den Titel muss man nicht in die Mitte des Videos setzen. Für die gute Sichtbarkeit sorgen ein Schatten und eine Umrisslinie („Outline“), beide Optionen müssen explizit per Häkchen aktiviert werden.



Mit dem Projektprofil „DV/DVD Widescreen PAL“ erzeugt Flowblade ein Video, das sich zu einer DVD verarbeiten lässt.

müssen Sie ein externes Programm wie den Audioeditor Audacity bemühen [1]. Anschließend holen Sie die fertige Audio-Datei mit dem Kommentar wie eine Videodatei in Flowblade in ein Album. Ziehen Sie sie dann von dort aus auf die Spur „A1“. Eine Audio-Datei können Sie hier genau wie ein Video verschieben.

Im Unterschied zu vielen anderen Videoschnittprogrammen legt Flowblade standardmäßig den Ton und das Video gemeinsam auf einer Spur ab. Steckt der Ton im Videoschnipsel, müssen Sie ihn erst vom Video trennen, um ihn getrennt zu bearbeiten oder zu entfernen. Dazu klicken Sie den Clip mit der rechten Maustaste an und wählen „Audio trennen“. Der Ton erscheint dann in einer eigenen Audio-Spur.

Titelvergabe

Abschließend benötigt der Film noch einen Titel. Rufen Sie dazu unter „Werkzeuge“ den „Titel-Editor“ auf. Das öffnet ein neues Fenster, in dem Sie links oben den Titel eintippen. Beim Urlaubsvideo bietet sich „Köln 2019“ an. Die Vorschau im rechten Fensterteil zeigt den Text links oben in der Ecke. Schriftart und -größe können Sie in diesem Fenster links ändern. Bei einem HD-Video sollten Sie mit der Schriftgröße „100“ beginnen und sie dann Ihren Bedürfnissen anpassen. Eine serifenlose Schrift (in der Regel mit „Sans“ im Namen) wirkt neutraler und ist besser lesbar.

Wenn die Einstellungen passen, ziehen Sie die Schrift in der Vorschau an die gewünschte Position. Unterhalb der Vorschau finden Sie die aktuelle X- und Y-Position des Titels. Die beiden Symbole mit den Dreiecken rechts daneben zentrieren den Titel automatisch vertikal und horizontal. Wenn Sie mit dem Ergebnis zufrieden sind, klicken Sie auf „Sichere Titelgrafik“ rechts unten in der Fensterecke. Der Titel-Editor speichert den Titel jetzt als PNG-Bild, das Sie im Titel Editor später nicht mehr anpassen können. „Schließen“ Sie den Titel-Editor.

Den Titel hat Flowblade automatisch auf dem Register „Medien“ im ausgewählten Album abgelegt. Ziehen Sie den Titel von dort auf die Zeitleiste in die Spur „V2“ ganz an den Anfang Ihres Gesamtkunstwerkes. Für den Titel erscheint jetzt ein Balken. Stutzen Sie seine Länge passend zurecht – entweder indem Sie seine Enden mit der Maus zusammenschieben oder indem Sie die Rasierklinge verwenden. Drei Sekunden sollte der Titel mindestens zu sehen sein, damit die Zuschauer den Text lesen können.

Der Titel liegt in einer Spur über dem eigentlichen Video. Wenn Sie die Wiedergabe starten, stellt Flowblade daher nur den Titel mit einem schwarzen Hintergrund dar. Damit das darunterliegende Video durchscheint, klicken Sie den Titel in der Zeitleiste mit der rechten Maustaste an und wählen Sie aus dem oberen Untermenü „Überblendung hinzufügen“ den Punkt „Mischung“.

Ausgabe

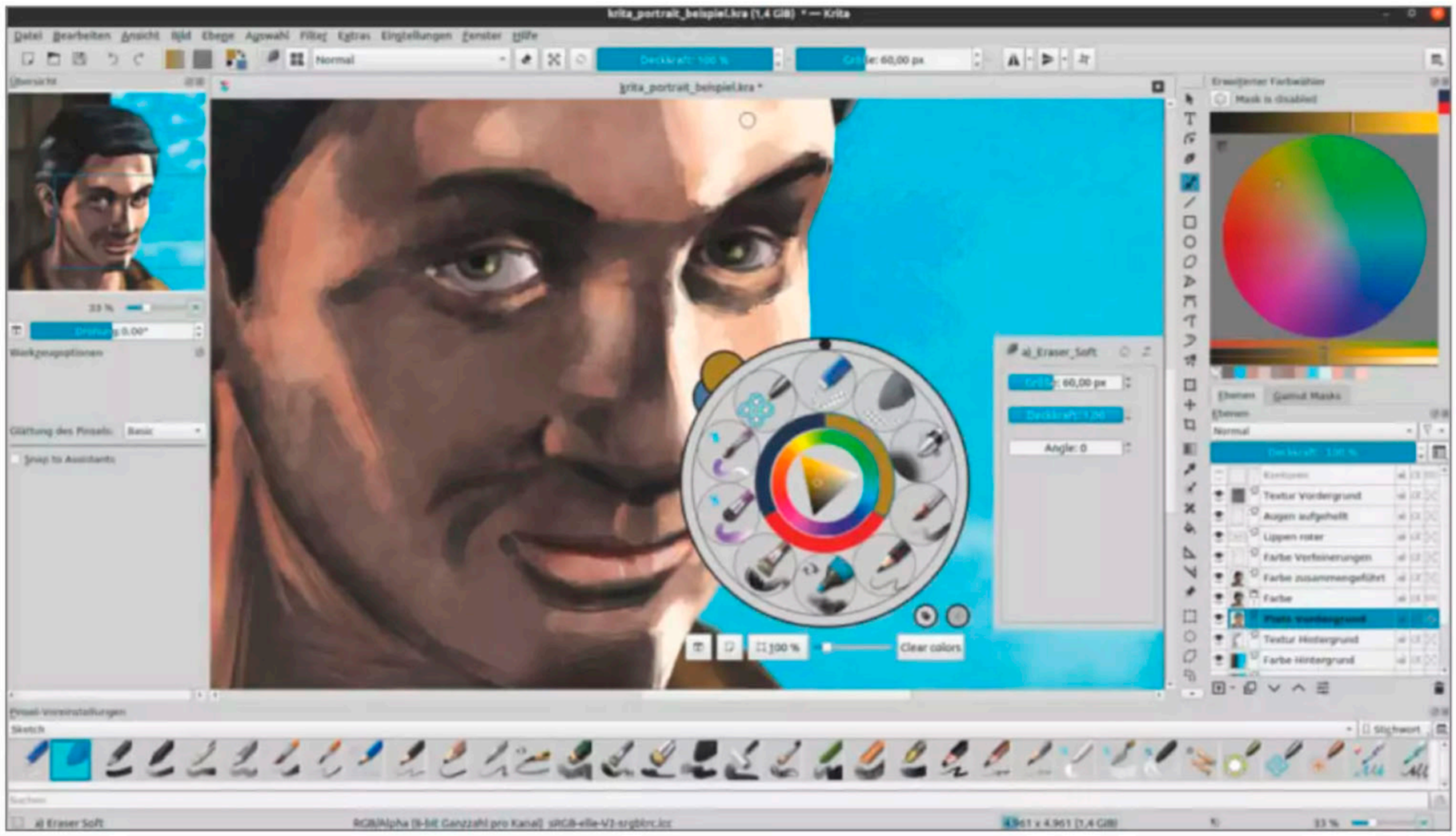
Damit Flowblade den fertigen Film in eine Datei gießt, wechseln Sie ins Register „Rendern“. Neben „Ordner“ wählen Sie den Speicherort für das Video und vergeben unter „Name“ einen Dateinamen ohne Endung. Ist die Option „Nutze Projekt-Profil“ aktiviert, verwendet Flowblade das Videoformat, das Sie ganz am Anfang für das Projekt vorgegeben haben. Brauchen Sie ein anderes Dateiformat, entfernen Sie den Haken und wählen in der Drop-down-Liste direkt darunter das gewünschte Videoformat aus. Klicken Sie dann auf „Rendern“. Abhängig von der Leistungsfähigkeit Ihres Rechners, der eingesetzten Effekte und der Länge des Films kann die Ausgabe ein paar Minuten bis zu mehreren Stunden dauern. (lmd) c't

Literatur

[1] Martin Reche, **Klingt gut!**, Einstieg in die Audio-Produktion mit Audacity, c't 14/2019, S. 134

Downloads

ct.de/wu6x



Malen lernen mit Krita

Das Malprogramm Krita bietet viel, ist für Einsteiger aber etwas unübersichtlich. Am besten lernt man die Software kennen, indem man sich eine konkrete Aufgabe stellt. Ein Porträt ist da ein dankbares Beispiel: Das Motiv ist überschaubar und stellt nicht viele Fallen. Und mit ein paar digitalen Abkürzungen spart man viel Zeit.

Von **Gerald Himmelein**

Porträts gelingen am einfachsten, wenn die Vorlage zum Durchpausen starke Kontraste und somit klare Konturen bietet. Gefragt sind also ein starkes Licht von einer Seite und eine schwächere Lichtquelle aus der Gegenrichtung, die den Schattenbereich aufhellt. Das Motiv sollte nur aus Kopf, Hals und vielleicht noch den Schultern bestehen. Am besten ist eine Aufnahme in Dreiviertelansicht: Bei frontalen Porträts sieht die natürliche Asymmetrie des Gesichts oft „krumm“ aus, obwohl das Bild die Vorlage akkurat wiedergibt. Wer kein Fotostudio im Keller hat, der fotografiert das Porträt am besten bei gutem Wetter im Freien neben einer hellen Wand: Die Sonne spendiert das Hauptlicht, die Wand spielt Reflektor.

Um Probleme mit Persönlichkeitsrechten zu umschiffen, benutzt dieses Tutorial einen virtuellen Kopf als Modell. Instagram-freundlich ist das Porträt bereits quadratisch zugeschnitten; dementsprechend verwendet auch das Tutorial eine quadratische Arbeitsfläche (21 cm × 21 cm bei 600 dpi, also 4961 × 4961 Pixel). Erzeugen Sie mit Strg+N eine neue Datei und tragen Sie die gewünschten Dimensionen ein. Das Farbmodell belassen Sie auf „RGB/Alpha“.

Zum digitalen Malen brauchen Sie ein Grafiktablett oder ein Stifttablett (auch als Pen Tablet oder

Pen Display bekannt). Mit der Maus lassen sich kaum gerade Striche ziehen, geschweige denn kontrollierte Kurven. Davon abgesehen greift dieses Tutorial ausschließlich auf den mit Krita 4.3 ausgelieferten Grundstock an Malwerkzeugen zurück.

Zuerst wird die Vorlage per Drag & Drop in die Arbeitsfläche gezogen. Über ein Menü fragt Krita nach, was mit dem Bild passieren soll; wählen Sie „Als Referenzbild einfügen“ und machen Sie dasselbe noch einmal, wählen diesmal aber die Option „Als neue Ebene einfügen“. Das erste Bild schwebt dauerhaft als Referenz für Farbwerte und Konturen über der Arbeitsfläche, das zweite dient zum Durchpausen. Schieben Sie zuerst die Referenzebene mit dem Tool „Referenzbilder“ aus dem Weg – das ist im Werkzeugkasten die Reißzwecke. Im nächsten Schritt wählen Sie in der Ebenen-Palette das importierte Bild aus und vergrößern es mit dem Transformieren-Tool (Bilderrahmen) bei gedrückter Umschalttaste, bis es die gesamte Arbeitsfläche ausfüllt. Probieren Sie ruhig aus, was ohne Umschalttaste passiert: Genau für so etwas gibt es die Rückgängig-Funktion.

Konturen und Kontrastlinien nachziehen

Im nächsten Schritt werden die Konturen der Vorlage nachgezogen. Hierfür legen Sie eine neue Ebene über der Bildebene an. Öffnen Sie mit der rechten Maustaste die Eigenschaften der neuen Ebene und



Zuerst werden die Konturen der Vorlage durchgepaust.



Farbige Linien markieren die hellen und dunklen Bereiche.

setzen deren Modus von „Normal“ auf „Multiplizieren“. Dieser Modus stellt sicher, dass die Striche auf jeden Fall sichtbar bleiben. Andernfalls kann es vorkommen, dass sich etwa rote Linien nicht ausreichend von der Fotovorlage abheben. Ist das Foto sehr kontrastreich, kann es helfen, die Deckkraft der Vorlage auf 75 Prozent zu reduzieren.

Im Beispiel wurden die Konturen mit dem „Pencil-2“ mit einer Strichstärke von 50 Pixeln und dunkelgrauer Farbe nachgezogen – grundsätzlich eignen sich auch andere Werkzeuge, etwa „Sketching-3 Leaky“ oder „Charcoal pencil large“. Die Strichstärke passen Sie entweder über den „Größe“-Regler in der Symbolleiste an oder über das HUD (Rechtsklick).

Konturen sind in diesem Kontext alle Bereiche, in denen starke Kontraste aufeinandertreffen, sowie die Ränder der Bildbestandteile, etwa der Rand des Gesichts vor dem Himmel oder der Hemdkragen.

Um die nachfolgende Arbeit etwas zu erleichtern, empfiehlt es sich, auch die Umrisse der dunklen und hellen Bereiche nachzuziehen, am besten auf zusätzlichen Ebenen. Umrahmen Sie die dunklen Bereiche mit kräftigem Rot und die hellen mit einem kräftigen Dunkelblau.

Abschließend zeichnen Sie auf einer weiteren Ebene in etwas hellerem Grau grob die Konturen des Hintergrunds nach. Das Ganze sollte nicht länger als eine Viertelstunde dauern.

Das war es dann aber auch mit dem Durchpausen: Ein Klick auf das Auge-Symbol links neben dem Ebenennamen macht die Vorlage unsichtbar. Grundsätzlich ist das Motiv jetzt fertig – der restliche Prozess besteht nur noch daraus, diese Führungslinien passend auszumalen.

Ordnung behalten

Ebenso wie bei analoger Malerei sollte man auch seine digitalen Anstrengungen etwas strukturieren. Das bedeutet erst einmal, den Ebenen sinnvolle Namen zuzuweisen (Konturen, Dunkel, Hell, Hintergrund) und sie zu gruppieren. Namen weisen Sie in Krita zu, indem Sie auf den Namen einer Ebene doppelklicken. Zum Gruppieren markieren Sie erst die oberste der gewünschten Ebenen, dann mit gedrückter Umschalttaste die unterste. Jetzt wählen Sie im Menü „Ebene/Gruppe/Schnellgruppierung“ (Strg+G). Auch diese Gruppe sollte einen sprechenden Namen erhalten.

Eigentlich kann man die Ebene mit der Bildvorlage an dieser Stelle löschen. Die Erfahrung lehrt jedoch, dass es gelegentlich praktisch ist, noch einmal auf das Foto zurückzugreifen – etwa, wenn erst beim Ausarbeiten der hellen Bereiche deutlich wird, dass ein Bereich nicht oder unvollständig markiert wurde. Ohne Not sollten Sie das Foto aber nicht mehr einblenden: Jetzt kommt der kreative Teil.

Flächen füllen

Kommerzielle Comics werden meist in Fließbandarbeit gezeichnet: Bleistiftzeichnung, Tusche, Farbgebung, Sprechblasen – üblicherweise führt jede dieser Aufgaben eine andere Person durch, vor allem aus Zeitgründen. Bei der Farbgebung gibt es zusätzlich zu den eigentlichen „Colorists“ noch „Flatter“, die Comic-Panels grob einfarbig vorfärben. Diese Flächen benutzen die Colorists als Grundlage für Auswahlen, die sie mit dem Zauberstab (in Krita: „Bereich auswählen“) aktivieren und mit komplexen Schattierungen füllen.

Diese Flats-Technik lässt sich auch für das Porträt einsetzen, als digitales Pendant zur klassischen Grundierung. Zuerst legen Sie dafür unterhalb der Gruppe mit den Konturen zwei weitere Ebenen an: „Hintergrund Flats“ und „Vordergrund Flats“.

Krita stellt zum Füllen von Flächen unter den Pinseln das extrem praktische Malwerkzeug „Shapes Fill“ bereit. Es erstellt Auswahlen und füllt sie sofort. So entfällt ein wesentlicher Schritt gegenüber der Flats-Methode in Photoshop (erst Auswahllasso, dann Füllfunktion).



Farbflächen trennen Haare, Haut, Augen und Hemd voneinander.

Wichtig: Shapes Fill arbeitet normalerweise mit Kantenglättung. Die sollten Sie ausknipsen, damit die Übergänge sauber bleiben. Dazu klicken Sie im Pinsel-Editor (F5) unter „Allgemein“ auf „Experimentelle Einstellungen“ und aktivieren „Harte Kanten“. Gleichzeitig haben Sie so Ihr erstes Malwerkzeug angepasst. Drücken Sie die Escape-Taste, um den Pinsel-Editor zu schließen.

Die Flats müssen die finalen Farben des Motivs nicht widerspiegeln: Wichtig ist nur, dass sich die Bereiche farblich klar voneinander abheben. Beginnen Sie am besten mit dem Hintergrund, der im Beispiel aus zwei einfachen Farbflächen besteht. Dann nehmen Sie sich auf der Ebene „Vordergrund Flats“ die Elemente der Figur vor. Hier fangen Sie am besten mit den außen liegenden Bereichen an, die teilweise überlappt werden: also erst die Haut von Gesicht und Hals, dann das weiße Shirt, dann das Hemd und die Haare. Zum Schluss sind die Augen und die Pupillen dran.

Das Flatten gelingt am besten, wenn Sie mit unterschiedlichen Zoom-Stufen arbeiten: Die groben Bereiche lassen sich bequem in der Übersicht abdecken, die Konturen besser aus nächster Nähe nachziehen. Das Ganze ist zwar todlangweilig, sollte aber nicht länger als eine Viertelstunde dauern.

Wenn Sie an den Rändern der Figur über das Ziel hinausschießen, können Sie ein wunderschönes Krita-Feature verwenden: Die Taste „E“ versetzt



Die Flächen werden anhand der farbigen Linien verfeinert.

jeden Pinsel in den Radiermodus. Mit Shapes Fill können Sie also auch Formen erzeugen, die Farbe abtragen.

Farben wählen

Ist die Flats-Arbeit abgeschlossen, füllen Sie die Bereiche mit dem Füllungswerkzeug mit Grundfarben, die besser zum Motiv passen. Diese sollten möglichst nicht zu intensiv sein – das Hintergrund-Blau im Beispiel wäre für den Vordergrund viel zu dominant. Empfehlenswert sind blasse, mittlere Farbtöne: für die Haut ein blasses Rosa, für das Hemd ein mittleres Braun, für die Haare ein blasses Blau, für die Pupillen ein blasses Olivgrün. Im nächsten Schritt duplizieren Sie die Flats-Ebenen und ergänzen das Duplikat um helle und dunkle Farbtöne, die zur jeweiligen Grundfarbe passen. Das ist zugegebenermaßen nicht ganz einfach, deshalb erst ein kurzer Ausflug in die Theorie.

Welche Farbtöne Sie aussuchen, ist Geschmackssache. Für die abgedunkelten Bereiche eignen sich Farben, die dunkler, weniger gesättigt und kälter sind als der Flats-Mittelton. Für die Bereiche im Sonnenlicht empfehlen sich hellere, wärmere und eventuell etwas stärker gesättigte Farbtöne.

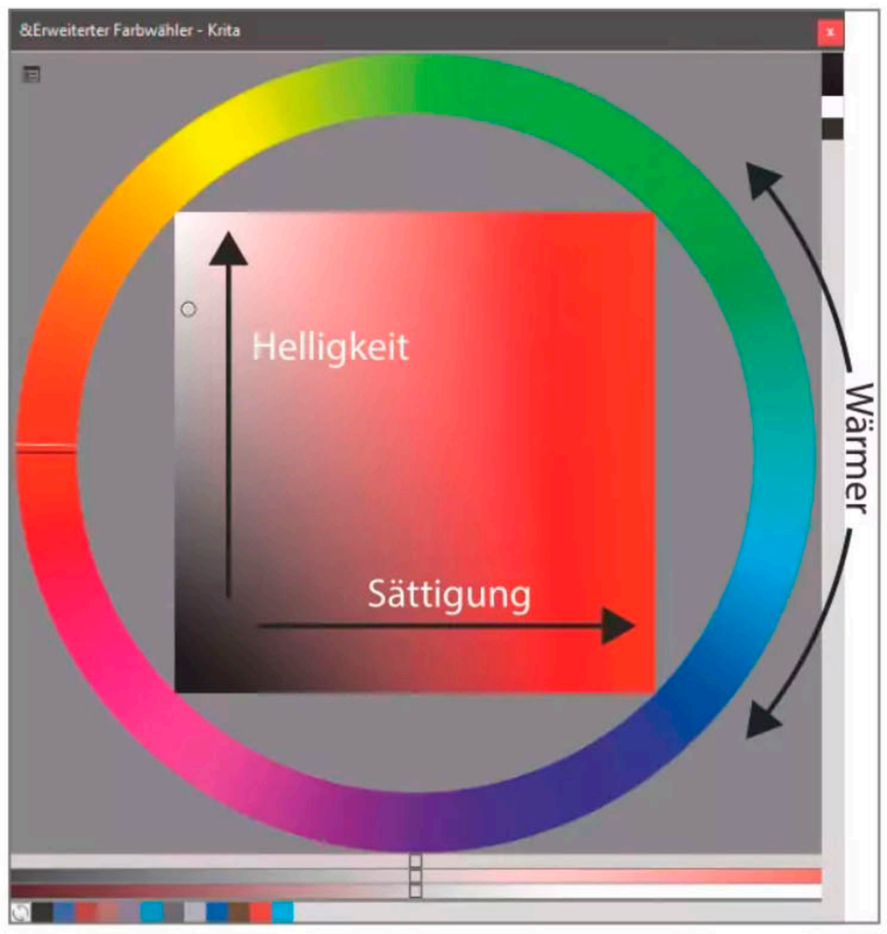
Für eine ordentliche Farbenlehre fehlt hier der Platz, deshalb nur ganz grob: Die „wärmste“ Farbe ist Rotorange, die „kälteste“ Farbe ist Türkis. In Krita gibt es eine große Auswahl an Farbwählern, die mit unterschiedlichen Modellen arbeiten. Klicken Sie auf das kleine Symbol oben links neben dem Farbwähler, um den Typ zu wechseln. Beim HSV-Farbwähler mit quadratischem Mittelfeld, bei dem Schwarz unten links liegt, lassen sich Ton, Sättigung und Helligkeit dank größerer Bereiche besonders bequem ansteuern.

Von Türkis aus führen im Farbring beide Richtungen zu wärmeren Farbtönen – welche besser passt, hängt ganz vom Motiv ab. Das quadratische Farbfeld im Ring dient zur Anpassung der Sättigung (links–rechts) und Helligkeit (unten–oben) der im Ring gewählten Grundfarbe.

Wenn Sie einen dunkleren, kälteren und weniger gesättigten Farbton brauchen, wählen Sie zuerst im Farbring einen kälteren Ton und klicken dann im Quadrat auf ein Feld, das tiefer und weiter links liegt als der Kreis, der Ihren bisherigen Farbton zeigt.

Wer sich mit Ring und Quadrat schwertut, der kann die drei darunterliegenden Schiebe-Regler ausprobieren: Der obere ändert den Farbwert, der mittlere die Sättigung und der untere die Helligkeit.

Zusätzlich bietet Krita die Möglichkeit, per Tastenbefehl zu passenden Farbtönen zu springen: K wählt einen dunkleren Ton, L einen helleren. Die Verschiebung zu einem wärmeren oder kälteren Farbton übernimmt die Automatik allerdings nicht.



Der Farbwähler mit quadratischem Mittelfeld und seine Bedeutung

Schreiende Farben sind out

Bei den Mitteltönen können Sie es sich leicht machen, indem Sie diese mit dem Farbauswahlwerkzeug, auch als Pipette bekannt (P oder Strg+Mausklick), aus dem schwebenden Referenzbild extrahieren. Vorher sollten Sie den Radius des Werkzeugs über den Dialog „Werkzeugoptionen“ auf 10 bis 20 Pixel erweitern, um nicht immer wieder ausgerechnet das eine Pixel zu treffen, das die falsche Farbe besitzt. Bei den dunklen und hellen Tönen führt die Pipette nur selten zum Erfolg; hier ist Handarbeit angesagt.

Damit sich die Farben nicht gegenseitig zu übertönen versuchen, sollten Sie frühzeitig festlegen, welche Farben das Motiv dominieren sollen. Diese Vorgabe grenzt den Farbumfang ein. Anfänger erkennt man oft daran, dass sie von allen Farbtönen die sattesten Varianten einsetzen: Das Ergebnis schreit einen förmlich an. So etwas kann ein Stilmittel sein (siehe Keith Haring), wirkt aber meistens nur grell und irgendwie daneben.

Zuerst muss man also entscheiden, ob insgesamt eher kältere oder wärmere Farben dominieren sollen. Fällt die Entscheidung auf eine warme Farbpalette, bedeutet das, dass die kalten Farben nicht so stark gesättigt sein dürfen. Ein starkes Blau bedingt also ein blasses Gelb, ein intensives Gelb bedingt hingegen ein graues Blau.

Krita bietet als Hilfestellung die Palette „Gamut Masks“, die Sie über das Menü „Einstellungen/Andockbare Dialoge“ einblenden. Die Nutzung setzt allerdings einen Farbwähler mit kreisförmigem Mittelfeld voraus. Wechseln Sie also zuerst den Farbwähler und wählen Sie dann eine Gamut Mask, etwa „Dominant Hue With Accent“ oder „Split Complementary“. Über dem Farbwähler erscheint ein Regler „Drehung“, um die bevorzugten Bereiche freizulegen. Wichtig: Wenn Sie sich einmal für einen Farbbereich entschieden haben, sollten Sie die Maske nicht mehr drehen – sich an die Maske zu halten ist ja Sinn der Sache. Das Ergebnis wirkt erst einmal etwas restriktiv, bietet aber eine gute Orientierung. Um gezielt Akzente mit Farben außerhalb der Maskenbereiche zu setzen, lässt sich die Maske an- und ausknipsen. Hierfür stellt der Farbwähler oben links den Knopf „Toggle gamut mask“ bereit.

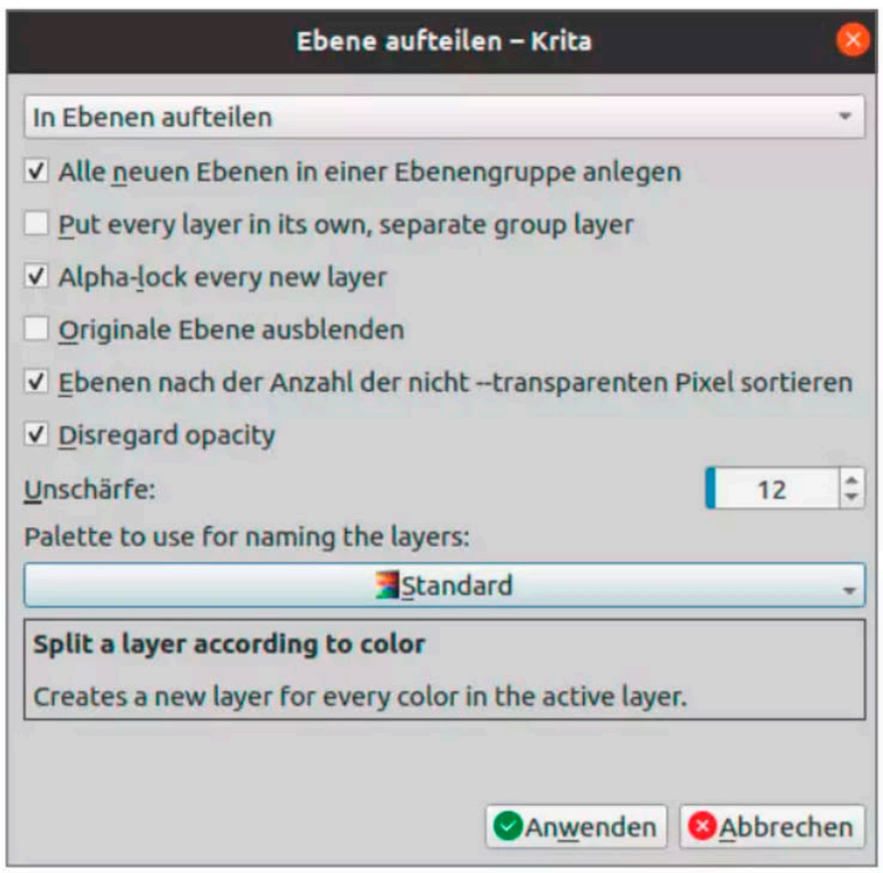
Sofern man nicht gerade Comics zeichnet, sollte man absolutes Weiß ebenso vermeiden wie absolutes Schwarz: Von diesen Extremen aus gibt es keine Steigerung mehr, weißer als weiß gibt es nur in der Werbung. Schwarz und Weiß sollte man allenfalls mit Malwerkzeugen mit reduzierter Deckkraft einsetzen.

Flats auftrennen

Momentan liegen alle Vordergrund-Flats auf derselben Ebene. Um die definierten Bereiche weiter zu verfeinern, teilen Sie diese auf separate Ebenen auf. Hierfür bietet Krita ein großartiges Werkzeug: „Ebene/Teilen/Ebene aufteilen …“ öffnet einen nicht ganz übersetzten Dialog. Markieren Sie darin die im obenstehenden Bild gezeigten beziehungsweise in der folgenden Liste aufgeführten Optionen:

- Split Into Layers
- Alle neuen Ebenen in einer Ebenengruppe anlegen
- Alpha-lock every new layer
- Ebenen nach der Anzahl der nicht-transparenten Pixel sortieren
- Disregard opacity
- Unschärfe: 12

Ein Klick auf „Anwenden“ und Krita geht ans Werk. Es entsteht eine Ebenengruppe mit einem Stapel an Ebenen, für jeden Farbbereich eine. Diese sollten Sie jetzt passend umbenennen, zum Beispiel in Haut, Haare, Augen, Pupillen oder Hemd. Klicken Sie bei der Gelegenheit rechts neben den Ebenennamen auf das Schachbrettmuster-Symbol, sodass darin ein Vorhängeschloss erscheint. Das begrenzt alle weiteren Striche auf die jeweils eingefärbte Fläche.



Krita separiert die Inhalte einer Ebene mit dem Werkzeug „Ebene aufteilen“ automatisch in verschiedene Ebenen.

Früchte ernten, Frust schieben

Jetzt geht es an die Verfeinerung der Schattierungen. Das Beispielbild verwendet für die Haut sechs Schattierungen: zwei dunkle Farbtöne der Grundfarbe, zwei helle Schattierungen für die von der Sonne direkt beschienenen Bereiche, eine sehr helle Farbe für Glanzlichter und dann noch eine gesättigtere und wärmere Variante des Grundtons für die Bereiche, die das sekundäre Licht aufhellt. Ähnlich schattiert sind die Haare (vier Farbstufen), das Hemd (fünf Stufen), die Augen und die Pupillen (je drei Stufen).

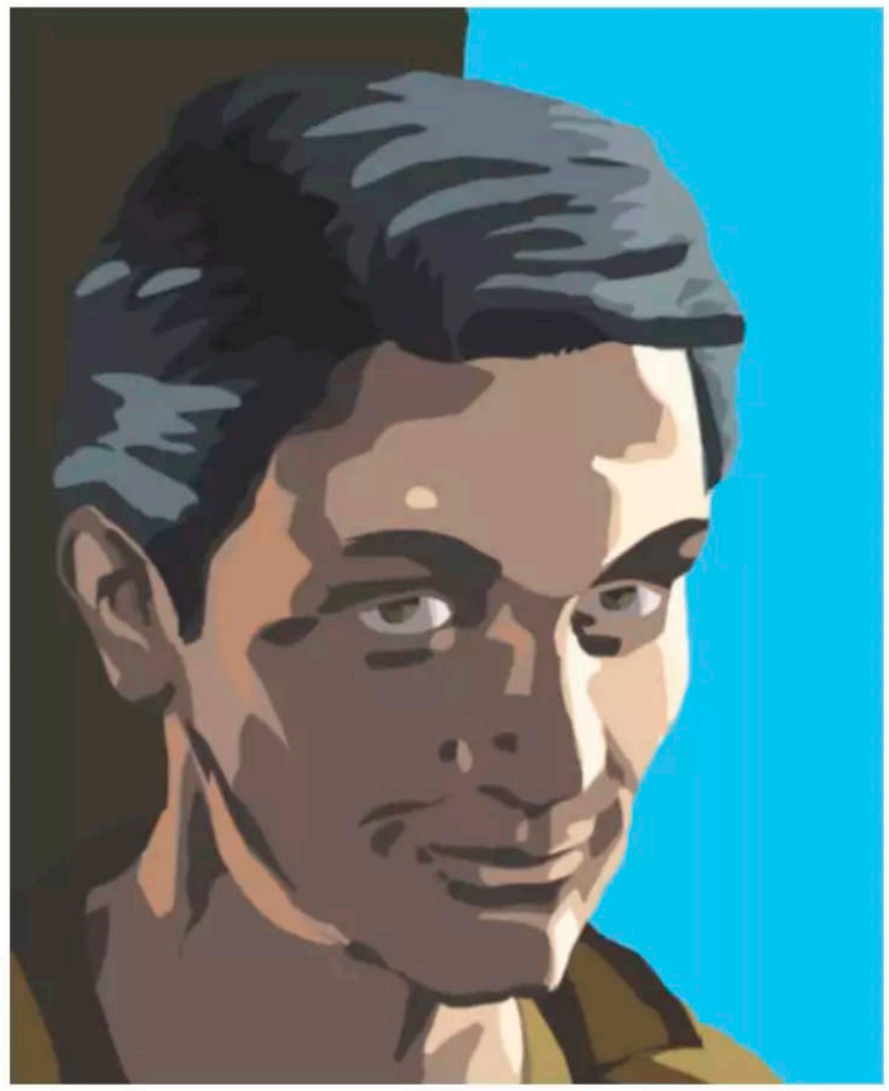
Je nach Motiv können mehr oder weniger Schattierungsstufen nötig sein. Verteilen Sie diese Farbtöne anhand der blauen und roten Linien auf den Ebenen. Stellen Sie dazu die Konturengruppe auf 50 Prozent Deckkraft ein und setzen Sie mit Shapes Fill die gewünschten Farbakzente. Endlich ernten Sie die Früchte der vielen Vorbereitungen!

Der folgende Satz wird Sie womöglich frustrieren: Weder für die Wahl der Schattierungsstufen noch für deren Platzierung gibt es eine präzise Anleitung, weil das Vorgehen relativ ist. Das liest sich in einem Tutorial sehr unbefriedigend, aber manche Sachen gelingen nur mit Erfahrung beziehungsweise geduldigem Ausprobieren. Es ist nichts verkehrt daran, sich dem Ziel in mehreren Anläufen zu nähern: Probieren Sie erst unterschiedliche Mitteltöne aus, dann andere Töne für die Schattierung. Speichern Sie das Bild immer mal wieder unter neuem Dateinamen ab, um keine Fortschritte zu verlieren. Krita bietet dafür die Funktion „Inkrementelle Version speichern“ (Strg+Alt+S) an, die dem Dateinamen eine Zahl hinzufügt und schrittweise bei jedem Speichern um eins hochzählt.

Orientieren Sie sich an den roten und blauen Linien und ziehen Sie an kniffligen Stellen das schwebende Referenzbild zurate. In der Übersicht-Palette sehen Sie, ob das Ergebnis sich dem Ziel annähert. Knipsen Sie zwischendurch die Ebenengruppe mit den Konturlinien aus und ein, um sicherzugehen, dass Sie Fortschritte machen.

Es empfiehlt sich, mit einfachen Bereichen anzufangen (Hemd, Haare) und das Gesicht erst in Angriff zu nehmen, wenn Sie sich warm gearbeitet haben. Nicht verzagen, wenn das Ergebnis zwischendurch absolut schrecklich aussieht: Das ist ganz normal; im Bau befindliche Häuser sehen auch nicht gemütlich aus.

Bei jedem Porträt gibt es den Moment, in dem es total misslungen zu sein scheint. Entweder sieht die



Zwischenstand: die Farbbereiche ohne die Hilfslinien

Person viel zu hässlich aus oder zu wenig nach sich selbst. Meistens fehlt dabei nur eine Schattierung an einer ausschlaggebenden Stelle. In solchen Momenten der Unsicherheit empfiehlt es sich, das Bild mit der Taste „M“ horizontal zu spiegeln (oder über „Ansicht/Leinwand/Spiegelansicht“) – das gibt einen neuen Blick auf das Motiv, der häufig offenbart, wo der Fehler liegt.

Korrekturen probieren Sie am besten auf einer neuen Ebene aus – da können Sie besser radieren (E) und Flächen verfeinern. Passt das Ergebnis, sollten Sie Korrektur- und Farbebene miteinander verschmelzen. Dazu klicken Sie in der Ebenenpalette mit gedrückter Umschalttaste beide Ebenen an und drücken Strg+E oder gehen über den Menüpunkt „Ebene/In untere Ebene einfügen“.

Verfeinern, bis es passt

Zu diesem Zeitpunkt sollte das Bild dem Motiv schon ziemlich ähnlich sehen, zumindest in der Übersichts-Palette. Die harten Übergänge sehen zwar mehr nach Pop Art aus als nach Gemälde, aber das Gröbste ist geschafft.

Bevor es weitergeht, blenden Sie die Konturengruppe aus, duplizieren zur Sicherheit die Gruppe mit den Farbebenen und blenden das Original aus. Alle weiteren Arbeitsschritte finden auf den duplizierten Farbebenen statt, die Originale dienen als Backup.

Es gibt digitale Künstler, die Farbflächen mit „Blender"-Werkzeugen butterweich ineinanderfließen lassen. Das Ergebnis wirkt aber meistens glatt und erinnert an Airbrush-Kitsch. Für ein natürlicheres Ergebnis wählen Sie für die Übergänge stattdessen einen Pinsel mit reduzierter Deckkraft. Welche Pinsel Sie für die weitere Bearbeitung wählen, ist Geschmackssache.

Im Beispiel wurden die Farbbereiche zunächst mit der „Wet Bristles Brush" zueinandergeführt, mit Pinselgrößen zwischen 100 und 120 Pixeln. Zur Ausarbeitung der Haarsträhnen diente „Dry Brushing". Hierbei kamen abwechselnd die zuvor gewählten dunklen und hellen Farben zum Einsatz, bis das Ergebnis organisch aussah. Zur Verfeinerung der Hautbereiche kam durchgehend „Bristles-2 Flat Rough" zum Einsatz, mit wechselnden Strichbreiten.

Ganz wichtig: Verzetteln Sie sich nicht in unnötigen Details! Niemand, außer vielleicht ein anderer Künstler, wird Sie dafür bewundern, wie formvollendet das Ohr abgebildet ist. Jeder sieht hingegen sofort, wenn die Kontur der Nase nicht stimmt oder der Mund schief sitzt. Der wichtigste Bereich sind aber die Augen: Hier kann ein Strich an der falschen Stelle alles verunstalten. Konzentrieren Sie sich also auf die wichtigen Bereiche des Porträts; die unwichtigen können ruhig skizzenhaft bleiben.

Für Korrekturen empfiehlt es sich auch hier, neue Ebenen anzulegen, um nicht versehentlich zu ruinieren, was man bisher geschafft hat. So mancher digitale Künstler hat fröhlich herumexperimentiert, bevor er erst feststellte, dass es nicht besser wurde, und dann, dass der Rückgängig-Verlauf nicht mehr weit genug zurückreichte, um den Schaden ungeschehen zu machen.

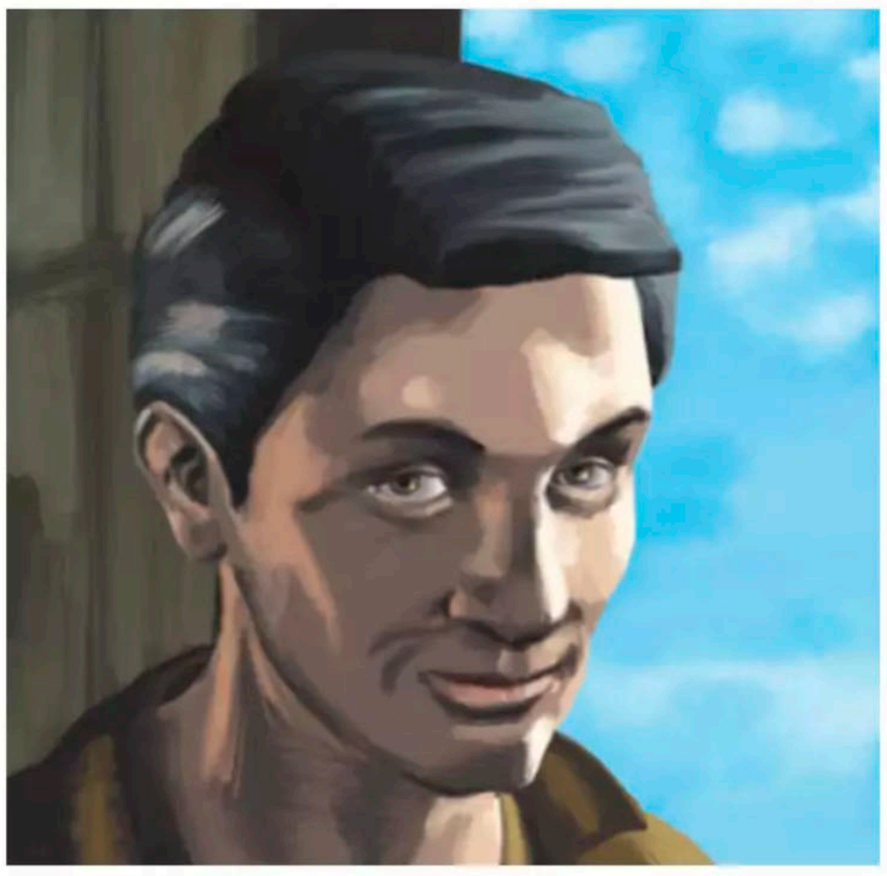
Das ist schließlich der große Vorteil digitaler Malerei gegenüber analoger Kunst: Das Digitale bietet die Freiheit, zu gucken, ob eine Anpassung das Motiv verbessert oder verschlimmert, und notfalls zu einem früheren Zustand zurückzukehren.

Davon abgesehen sei nachdrücklich empfohlen, die Datei vor jeder signifikanten Änderung unter einem neuen Namen abzuspeichern. Zählen Sie ruhig einfach durch: „Porträt 01", „Porträt 02", … oder verwenden Sie das inkrementelle Speichern. Festplattenplatz ist billig, Nerven sind kostbar.

Blicken Sie auch in der Verfeinerungsphase immer mal wieder auf die Übersicht-Palette und



Halbtransparente Pinsel geben dem Ganzen ein organisches Aussehen.



Verfeinerungen auf separaten Ebenen geben dem Motiv den letzten Schliff.

spiegeln Sie gelegentlich das Motiv: Das entlarvt Schwachstellen sofort.

Die letzten Handgriffe

Irgendwann werden Sie merken: Das Bild verändert sich noch, es wird aber nicht mehr besser. Sie sind fertig.

Womöglich sieht das Ergebnis noch etwas arg digital aus: Die Striche sind etwas zu glatt, die Farbe zu gleichförmig; es fehlt eine Körnung. Dem lässt sich relativ leicht abhelfen: Legen Sie eine neue Ebene über allen anderen Ebenen an, füllen Sie diese mit 50-prozentigem Grau („Bearbeiten/Mit Vordergrundfarbe füllen“) und setzen Sie den Ebenenmodus auf „Ineinanderkopieren“. Danach sollte alles wieder wie vorher aussehen – „Ineinanderkopieren“ wertet mittleres Grau als neutral aus.

Nehmen Sie jetzt das Malwerkzeug „Texture Big“ und überlagern Sie das Motiv abwechselnd mit schwarzen und weißen Tupfern. Da, wo Sie mit Schwarz arbeiten, wird die Sättigung etwas zunehmen; mit Weiß bearbeitete Bereiche werden etwas blasser. Geschickt eingesetzt, lässt sich dem Motiv so etwas zusätzlicher Pepp verleihen.

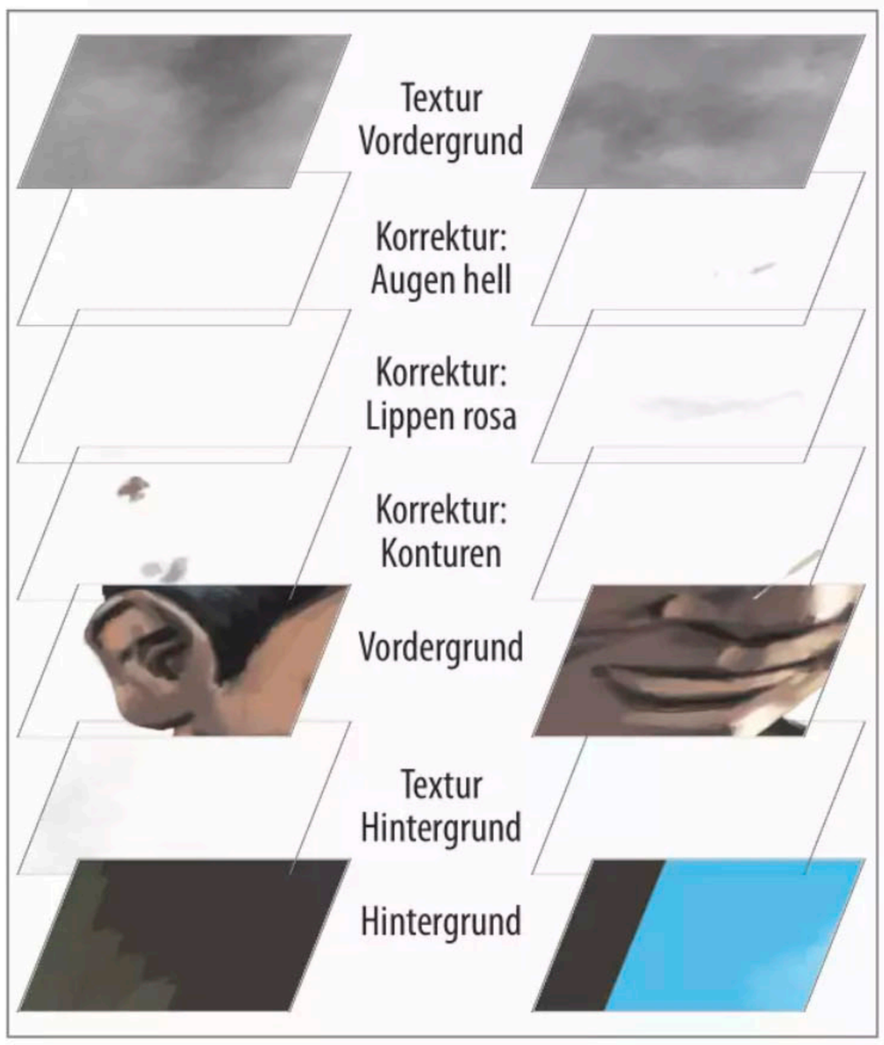
Zum Schluss ist der Hintergrund dran. Bleiben Sie hier bei der Ausarbeitung ruhig vage, um nicht vom Vordergrund abzulenken.



Eine überlagerte Textur lässt das Bild weniger digital aussehen.

Beispiel zum Download als Krita-Datei

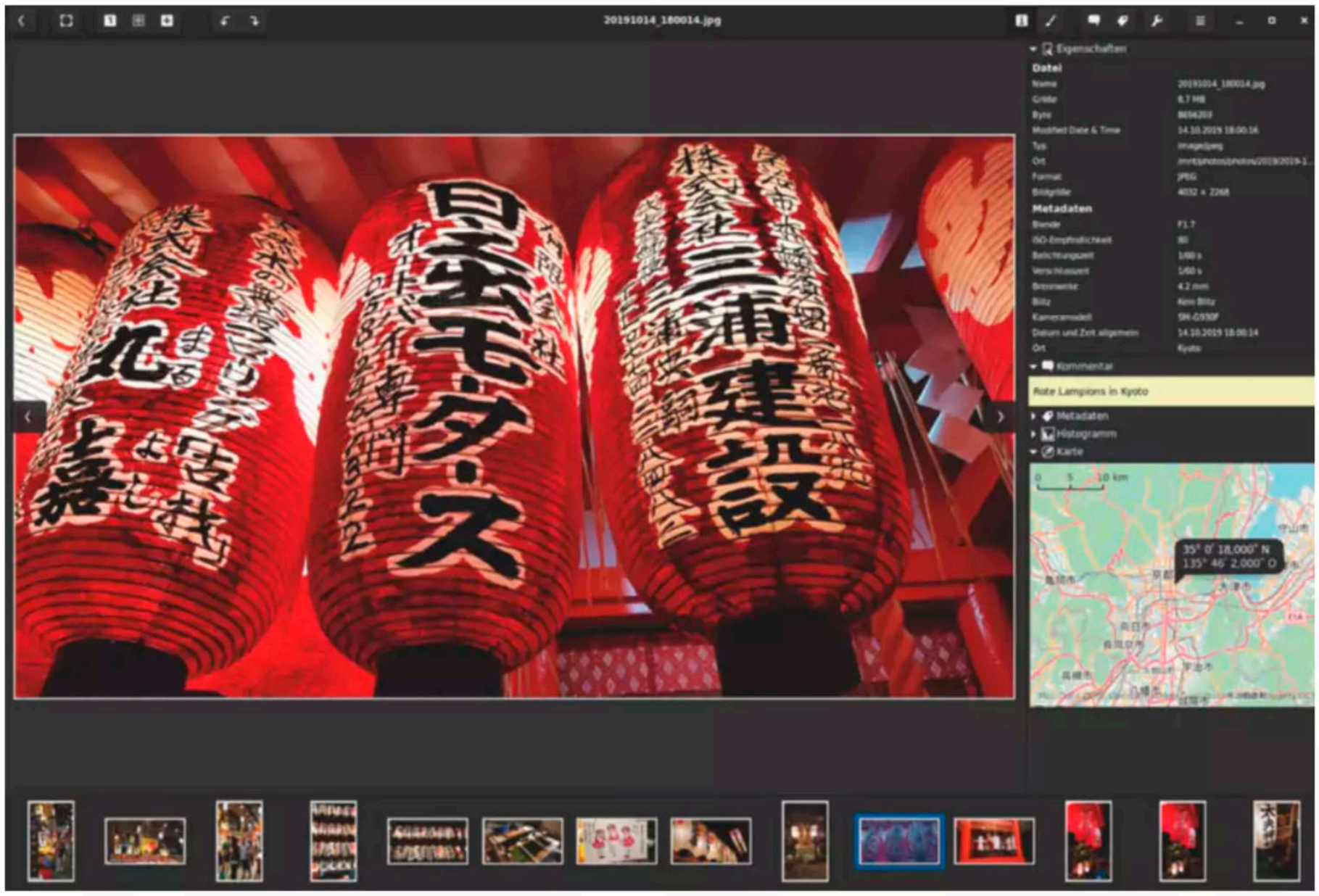
ct.de/wyd4



Der Aufbau des fertigen Bildes: Vorsichtshalber finden alle Korrekturen auf separaten Ebenen statt.

Bei einigen Motiven fällt zum Schluss auf, dass immer noch etwas fehlt. Hier kann es helfen, mit wohlplatzierten Linien zusätzlichen Kontrast zu erzeugen. Nehmen Sie hierfür am besten einen Kohlestift oder eine Kreide, etwa „Charcoal pencil large“ oder „Chalk Details“, und wählen Sie für die Striche markante Akzentfarben – für Hautbereiche etwa ein dunkles, blasses Braun oder ein helles Beige. Wenn diese Striche zu stark dominieren, reduzieren Sie die Deckkraft der Ebene oder schwächen die Linien mit dem Radiergummi ab, bis Sie mit dem Ergebnis zufrieden sind.

Zum Abschluss noch ein paar Ratschläge für Leute, bei denen sich partout keine Zufriedenheit einstellen will: Oft hilft es, die Sache zu überschlafen und am Folgetag erneut anzugehen. Mit frischen Augen kommt man oft weiter, wo man am Vortag noch verzweifelt ist. Gelegentlich hilft auch längerer zeitlicher Abstand: Was heute noch misslungen wirkt, sieht zwei Wochen später plötzlich annehmbar, wenn nicht sogar verflixt gut aus. Und wenn’s partout nicht gelingen will: Legen Sie den ersten Versuch beiseite und fangen Sie neu an. Jetzt wissen Sie ja, was beim letzten Mal schief lief, und werden das im zweiten Anlauf hinbekommen. Und dabei gewiss neue Fehler machen, daraus lernen und immer mehr Erfahrung sammeln. (ktn) c't



Praktischer Bild-Allrounder

Die Bildverwaltung gThumb durchstöbert schnell auch umfangreiche Bildersammlungen. Das praktische Tool bringt zudem einfache Bearbeitungsfunktionen und ein paar Extras mit.

Von **Liane M. Dubowy**

Um ein Bild zu skalieren, zu drehen oder um den geeigneten Ausschnitt zu wählen, braucht man keine mächtigen Tools wie Digikam oder Gimp. Einfacher und bedeutend schneller geht das mit dem Bild-Allrounder gThumb, den die meisten Linux-Distributionen in ihren Paketquellen bereithalten. Der dem Gnome-Universum entstammende Bildbetrachter kann große Bildermengen verwalten, anzeigen, kleine Bearbeitungsschritte vornehmen, Informationen über Bilder und deren Metadaten zeigen, ändern und löschen.

Viele Aufgaben rund um die Verwaltung und Bearbeitung von Bildern erledigt gThumb mit Bravour. Zum Beispiel hat das Tool alles an Bord, um Fotos

für Social Media aufzubereiten: Es löscht verräterische Metadaten, bringt ein Bild ins passende Format, skaliert es bei Bedarf und verbessert auch Helligkeit und Kontrast.

Während Digikam oder Gimp noch starten, ist das gewünschte Bild in gThumb längst offen und Sie können mit dem Bearbeiten bereits loslegen. Auch mit umfangreichen Bildbeständen kommt gThumb gut zurecht. Neben Bildern in gängigen Bildformaten (JPG, PNG, TIFF, TGA und Webp) kann das Tool viele Raw-Formate anzeigen und Videos abspielen.

Bei der Bildverwaltung richtet sich die Anwendung nach Ihnen: Sie können durch die Verzeichnisstruktur auf der Festplatte navigieren oder Fotos und andere Bilder in Katalogen und Bibliotheken anzeigen und sie mit Schlagworten und Kommentaren versehen. Die Suchfunktion nutzt praktisch alle verfügbaren Informationen vom Datum bis hin zu Kommentaren.

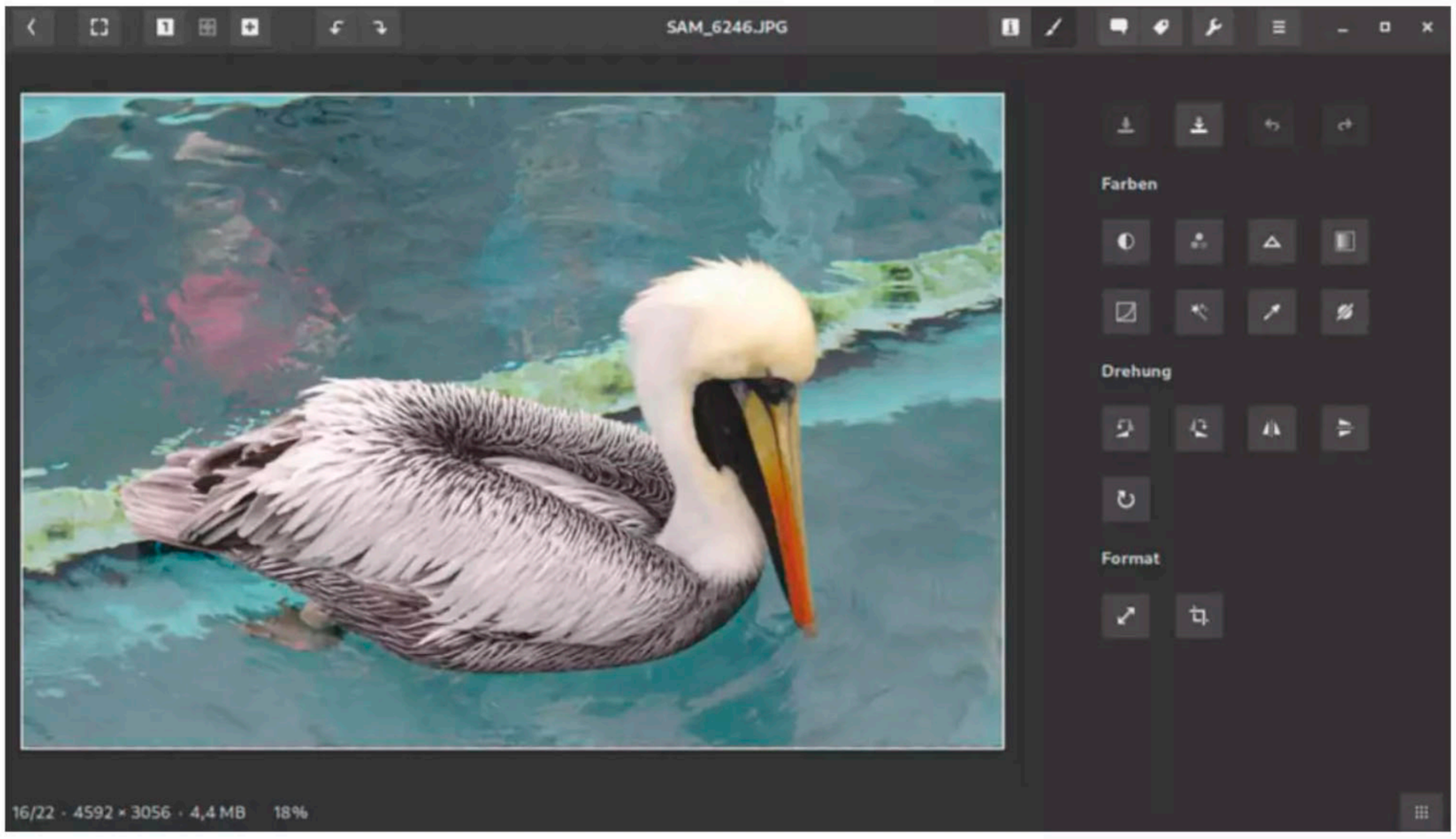
Seine Handvoll Werkzeuge präsentiert gThumb übersichtlich in der rechten Seitenleiste, die ein Klick auf das Pinselsymbol mit dem Tooltipp „Datei bearbeiten“ ausklappt. Mit den einzelnen Tools schneiden Sie schnell Screenshots oder Fotos zu und ändern dabei auch gleich das Seitenverhältnis und den Bildausschnitt. Das Bild lässt sich drehen, kippen, spiegeln und skalieren. Sie können Farben, Helligkeit, Kontrast und Gammawerte bearbeiten, nachschärfen oder aus einem Farbfoto ein Schwarzweißbild machen. Schnelle Farbanpassungen nehmen Sie mithilfe von gThumbs „Spezialeffekten“ vor.

Nachgerüstet

gThumb ist kein neues Programm: Das über Jahre weiterentwickelte Tool ist in den Repositorys vieler Linux-Distributionen vorhanden. Vorinstalliert ist es zwar häufig nicht, doch es lässt sich ohne einen großen Rattenschwanz an weiteren Paketen mit der jeweiligen Softwareverwaltung nachrüsten. In Ubuntu, Debian und Linux Mint laden und installieren Sie das Tool beispielsweise mit dem Befehl `sudo apt install gthumb`.

Unter Ubuntu 20.04 und 20.10 sowie Linux Mint 20 erhalten Sie damit die Version 3.8, während der Befehl `sudo pacman -S gthumb` unter Arch Linux bereits Version 3.10 ausliefert. Bemerkbar macht sich das vor allem in der Unterstützung des Webp-Formats. Wir empfehlen aber, wenn möglich die Version aus der Softwareverwaltung der eigenen Distribution zu verwenden.

Damit gThumb die in den Metadaten eines Fotos hinterlegte Aufnahmeposition auf einer Karte anzeigen kann, muss außerdem das Paket libchamplain installiert sein. Je nach Distribution kann es sein, dass nicht alle Funktionen standardmäßig aktiviert sind. Die Anzeige auf einer Karte ist bei-



Die meisten Werkzeuge versammelt gThumb in einer Seitenleiste, die Sie über das Pinsel-Icon öffnen.

spielsweise gelegentlich inaktiv. Sie schalten sie dann in den Einstellungen unter „Erweiterungen“ mit der jeweiligen Option (in diesem Fall „Karte“) an, indem Sie den Schalter nach rechts ziehen.

Fundgrube

Wenn Sie ein Bilderverzeichnis in gThumb öffnen, zeigt das Tool kleine Vorschaubilder, deren Größe Sie in den Einstellungen unter „Browser“ mit der Option „Vorschaubilder“ anpassen können. Ob und welche Informationen unter dem Bild noch zu sehen sind, legen Sie an derselben Stelle fest, außerdem ob ein einfacher oder doppelter Mausklick ein Bild im Betrachter öffnet.

Der Bildbetrachtungsmodus zeigt ein Bild groß und ordnet die weiteren Bilddateien im Ordner unterhalb in einer Leiste mit Vorschaubildern an. Letztere lässt sich per Klick auf das Icon rechts unten mit den neun Quadraten auch ausblenden. Mit den Pfeil-Schaltflächen am linken und rechten Fensterrand oder den Tasten BildAuf und BildAb blättern Sie durch die Bilder im Verzeichnis – auch Scrollen mit dem Mausrad funktioniert. Zurück zur Übersicht geht es dann über den Pfeil oben links oder mit der Esc-Taste.

Gut sortiert

Reicht Ihnen die Verzeichnisstruktur auf der Festplatte nicht, um die Bildersammlung zu organisieren, können Sie Fotos und andere Bild- und Videodateien in gThumb in Bibliotheken und Kataloge gliedern, die dann ebenfalls in der Seitenleiste auftauchen. **Bibliotheken** können weitere Bibliotheken sowie **Kataloge** enthalten. Kataloge sind Sammlungen, die sich nicht weiter untergliedern lassen.

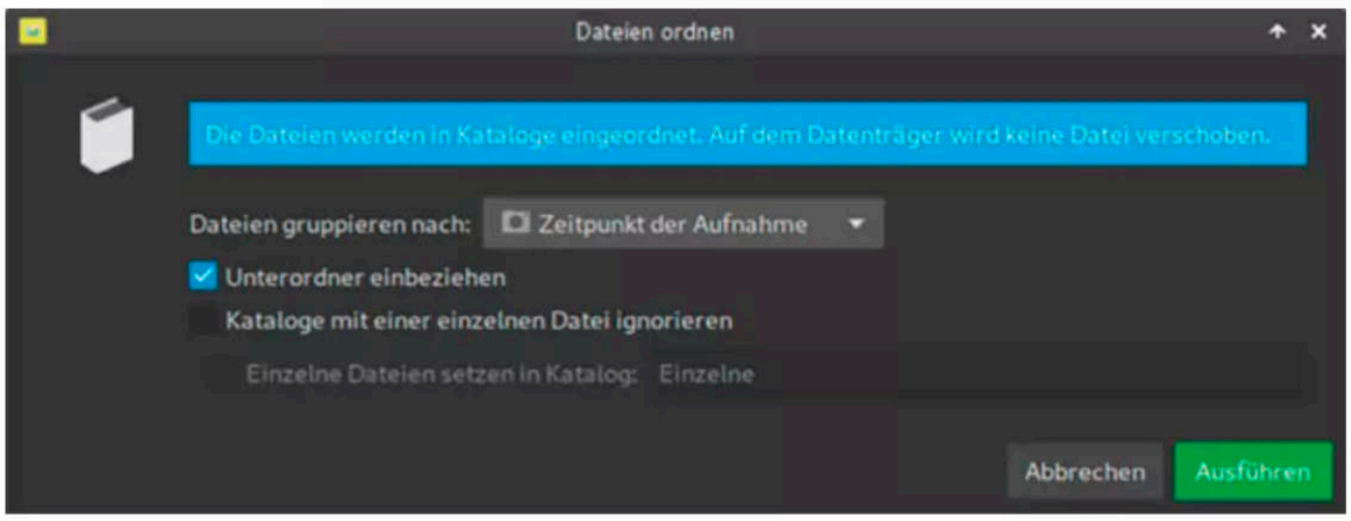
Das Anlegen von Katalogen kann bei großen Sammlungen auch gThumb übernehmen, die Bilder bleiben dabei an ihrem ursprünglichen Speicherort. Wählen Sie in der Übersicht einen Bilderordner aus, der auch die gesamte Bildersammlung und untergeordnete Verzeichnisse enthalten kann. Öffnen Sie dann mit der Schaltfläche „Ordnen“ rechts oben den Dialog für weitere Einstellungen. gThumb weist hier noch einmal darauf hin, dass beim Sortieren in Kataloge keine Dateien auf dem Datenträger verschoben werden.

Praktischerweise kann man für jeden Katalog eigene Präsentationseinstellungen festlegen und so beispielsweise eine Auswahl aus Urlaubsfotos zusammenstellen und als Diashow vorführen, ohne sie aus ihren Ordnern zu verschieben oder zu kopieren. Bilder können durchaus in mehr als einem Katalog auftauchen, beispielsweise in einem mit dem Datum des Zoobesuchs und in einem anderen namens „Pinguine“. Sie haben nun die Wahl, wie Sie die Kataloge erzeugen wollen: nach Aufnahmedatum (für jeden Tag einen), nach Änderungsdatum der Datei, nach in gThumb vergebenen oder eingebetteten Schlagworten. Der Haken zum Einbeziehen von Unterordnern ist standardmäßig gesetzt. Wollen Sie keine Kataloge anlegen, die nur eine Datei enthalten würden, setzen Sie das Häkchen bei der entsprechenden Option. Die einzelnen Dateien können Sie stattdessen in einem Katalog „Einzelne“ zusammenfassen.

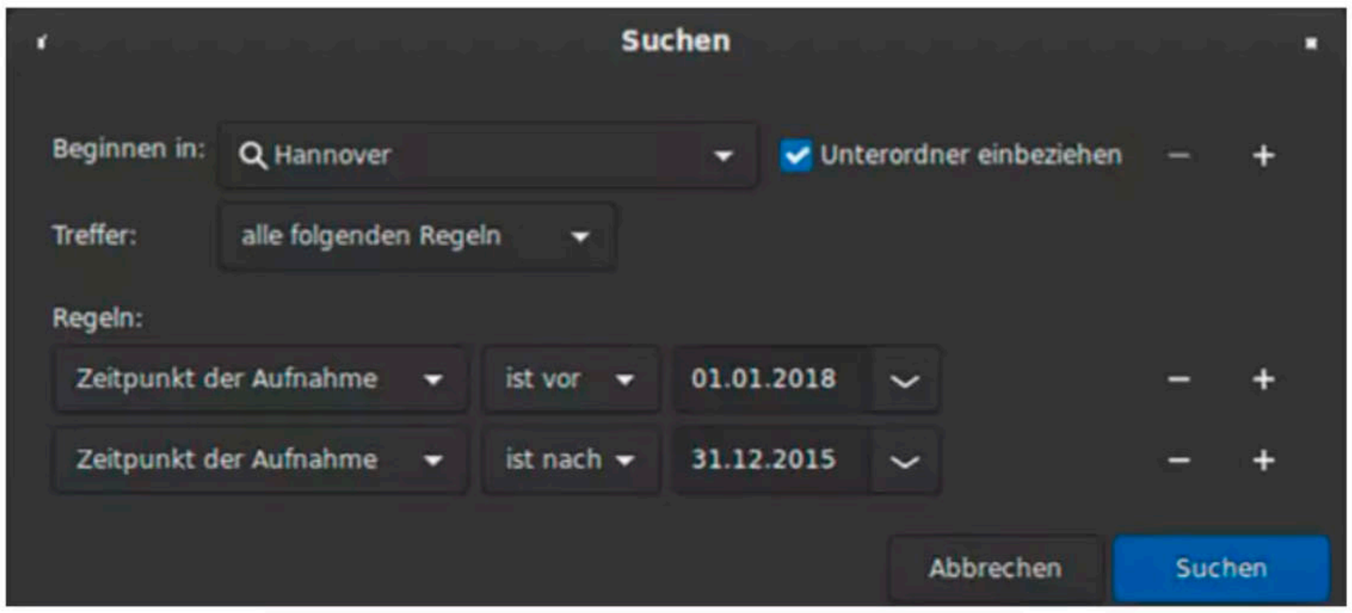
Schnell Fotos wiederfinden

Um einen wichtigen Bilderordner in gThumb schnell zur Hand zu haben, legen Sie einfach ein **Lesezeichen** dafür an. Markieren Sie dazu in der Bilderübersicht den Ordner links in der Leiste, klicken Sie oben auf das Sternsymbol und wählen Sie „Lesezeichen hinzufügen“. Ein Klick auf das Sternsymbol klappt eine Liste mit allen Lesezeichen aus.

Suchen Sie immer mal wieder Bilder eines bestimmten Ortes oder mit denselben Motiven, sind **Schlagworte** praktisch. Wer seine Bildersammlung



gThumb kann Fotos automatisch nach bestimmten Kriterien in Kataloge einsortieren – zum Beispiel nach Aufnahmedatum. So entsteht schnell ein Katalog für jeden Urlaubstag.



Die mächtige Suchfunktion von gThumb kann mehrere Kriterien auf einmal berücksichtigen und auf diese Weise auch Fotos aus einem bestimmten Zeitraum heraussuchen.

in gThumb mit Begriffen wie „Hannover“, „Hamburg“ „Katzen“ oder „Pinguine“ verschlagwortet, kann die Bilder anschließend wie oben gezeigt in Katalogen anzeigen lassen. So blättert man schnell durch die gesammelten Fotos eines Ortes oder aller je geknipsten Katzen, ohne die Bilder umzusortieren. Leider fügt gThumb später verschlagwortete Katzenbilder nicht automatisch dem passenden Katalog hinzu.

Schlagwörter können Sie in der Bilderübersicht oder der Detailansicht hinzufügen, indem Sie nach einem Rechtsklick auf ein Bild im Kontextmenü „Schlagwörter“ wählen und dann einen Haken bei einem oder mehreren passenden Einträgen setzen. Gibt es ein Schlagwort noch nicht, bietet gThumb beim Tippen in das Eingabefeld an, es anzulegen, und setzt den Haken automatisch.

Die so vergebenen Tags hinterlegt gThumb in den IPTC- und XMP-Metadaten der Bilder und erzeugt dafür außerdem einen versteckten Ordner .comments im Bilderverzeichnis mit je einer XML-Datei pro Bild, die das Schlagwort enthält.

Mächtige Suchfunktion

Egal ob Ihre Fotos in Kataloge und Bibliotheken einsortiert sind oder fein säuberlich in Ordner nach Jahren und Monaten: Die Suchfunktion von gThumb kann Bilder nach unterschiedlichen Kriterien hervorzaubern. Sie können nach Schlagwörtern, Text aus Kommentaren, Dateiformaten oder anderen Kriterien suchen. Dabei lassen sich mehrere Regeln miteinander kombinieren, was bei großen Fotoarchiven unübersichtlich viele Treffer verhindert.

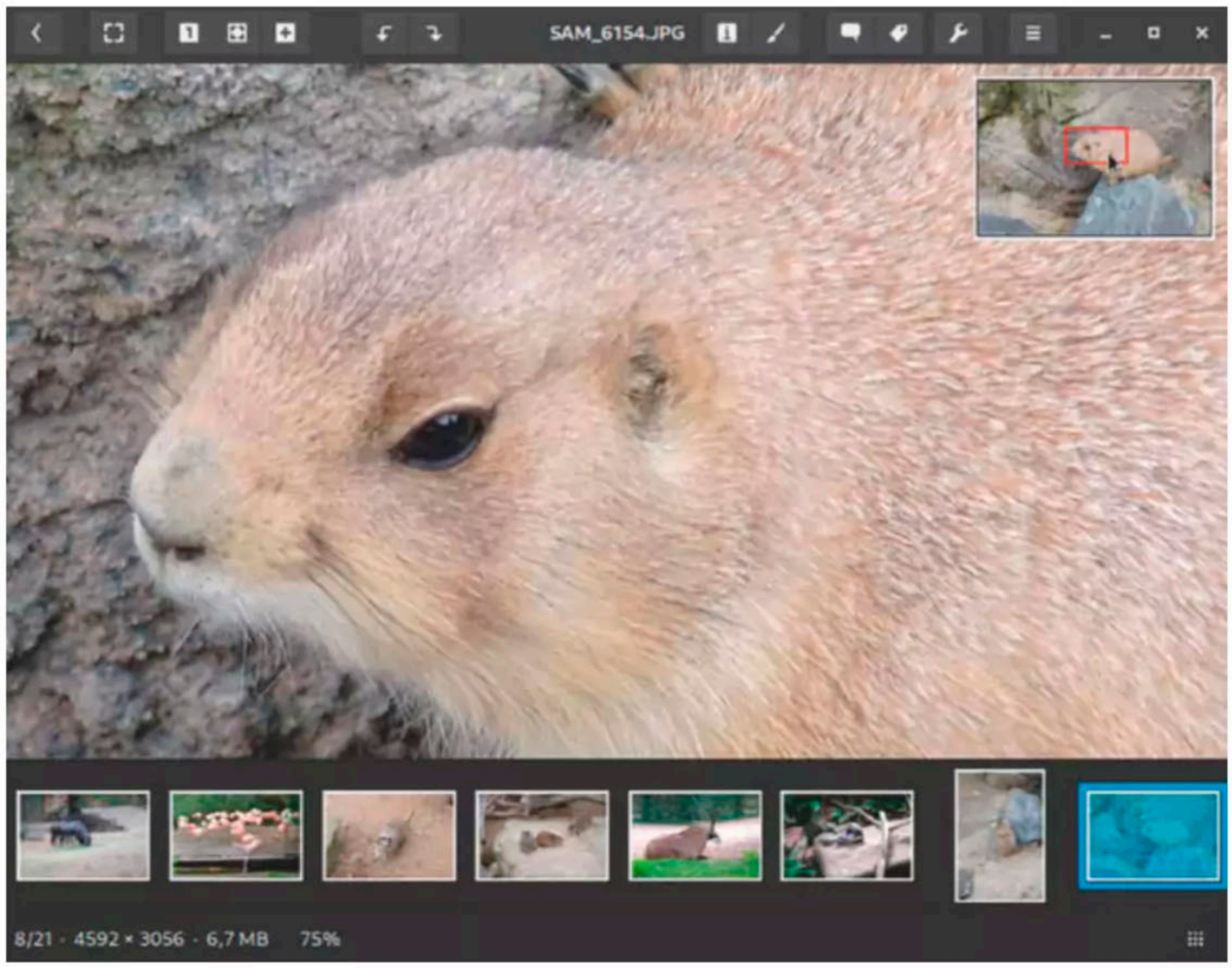
Um beispielsweise Bilder aus den Jahren 2016 und 2017 anzuzeigen, öffnen Sie den Suchdialog, wählen zunächst bei „Beginnen in“ das Verzeichnis mit den Fotos und aktivieren „Unterordner einbeziehen“. Als „Treffer“ definieren Sie „alle folgenden Regeln“. Die erste Regel fordert, dass der „Zeitpunkt der Aufnahme“ vor 2018 liegt („ist vor“ und „01.01.2018“) und die zweite verlangt, dass er nach 2015 datiert („ist nach“ und „31.12.2015“). Mit „Suchen“ starten Sie den Vorgang, der als Treffer nur Bilddateien aus dem gewünschten Zeitraum heraussucht.

Feinschliff

Soll ein Bild nur schnell skaliert oder zugeschnitten werden, ist gThumb das perfekte Tool: Öffnen Sie das Bild in gThumb und aktivieren Sie mit der Taste E oder über das Pinselsymbol in der Werkzeugleiste die Seitenleiste mit den Bildbearbeitungsfunktionen. Unter „Format“ sehen Sie die Funktionen zum Skalieren oder Zuschneiden eines Bildes.

Ein Tipp vorweg: Wenn Sie die Arbeitsschritte häufiger erledigen, lohnt ein Blick in die Tastenkürzel von gThumb. Einige davon sind mit denen von Gimp identisch, so können Sie auch hier mit Strg+C das Werkzeug zum Beschneiden eines Bildes aufrufen. Über das Auswahlfeld legen Sie zunächst das gewünschte Seitenverhältnis fest. Soll beispielsweise das des Originalfotos erhalten bleiben, wählen Sie den Eintrag mit „(Bild)“. Fotos für Instagram bringen Sie hingegen mit „Quadrat“ ins perfekte Format. Anschließend wählt ein Klick auf „Maximieren“ den mit diesem Seitenverhältnis maximal möglichen Bildausschnitt, den Sie gegebenenfalls noch verschieben oder kleiner ziehen können. „Zentriere“ positioniert den Ausschnitt in der Mitte. Bei Bedarf stellen Sie Höhe und Breite pixelgenau ein.

Geht es um die pixelgenaue Auswahl, weil Sie beispielsweise bei einem Screenshot ein Fenster ausschneiden möchten, halten Sie die Strg-Taste gedrückt und scrollen mit dem Mausrad ins Bild.



Bei vergrößerten Bildern erreichen Sie schnell eine andere Ecke, wenn Sie das rote Auswahlrechteck im Thumbnail oben rechts mit der Maus in eine andere Ecke schieben.

Über die kleine Vorschau oben rechts können Sie dann schnell zu einer andere Ecke des Bildes gelangen, indem Sie das rote Auswahlrechteck mit der Maus dorthin schieben.

Um den Vorgang abzubrechen, drücken Sie die Esc-Taste, andernfalls bestätigen Sie den gewählten Ausschnitt oben rechts mit „Annehmen“. Danach müssen Sie die Änderungen noch speichern, wahlweise über die „Speichern“-Schaltfläche in der Originaldatei oder unter einem neuen Namen mit dem Knopf rechts daneben.

Über die Seitenleiste stehen weitere Bearbeitungsschritte zur Verfügung. Mit „Größe ändern“ unter „Format“ skalieren Sie hochaufgelöste Bilder, sodass Sie sie verschicken oder teilen können. Mit den Knöpfen unter „Drehung“ können Sie ein Bild im oder gegen den Uhrzeigersinn kippen sowie horizontal oder vertikal spiegeln.

Farbkorrekturen

Während gThumb zum Rotieren oder Zuschneiden eines Bildes eine gute Wahl ist, kann es bei anderen Arbeitsschritten eine Bildbearbeitung wie Gimp, Digikam oder Darktable nicht ersetzen. Wenn es allerdings schnell gehen soll, kann gThumb mit dem Werkzeug „Automatischer Kontrastabgleich“ einen von drei Presets auf ein Bild anwenden. Feinere Abstimmung von Gamma, Helligkeit, Kontrast und Sättigung bietet der zweite Knopf unter „Farben“. Weitere Werkzeuge verbessern die Schärfe und wandeln ein farbiges Bild in Graustufen um.

Sehr detaillierte Veränderungen am Bild ermöglicht die Funktion „Farbkurven korrigieren“. Hinter dem Zauberstab-Symbol „Spezialeffekte“ verbergen sich Farbfilter, wie man sie beispielsweise von Instagram kennt.

Alle auf einmal: Batchverarbeitung

Um gleich mehrere Bilder auf einmal zu bearbeiten, hält gThumb im Werkzeugmenü (Schraubenschlüsselsymbol) eine Reihe von Batch-Tools bereit. Um ein oder mehrere Bilder zu bearbeiten, markieren Sie sie in der Übersicht mit gedrückter Strg-Taste und wählen danach den gewünschten Menüpunkt. Mit „Linksherum drehen“ und „Rechtsherum drehen“ rotieren Sie die ausgewählten Bilder um 90 Grad nach links oder rechts. Der Menüeintrag „Format umwandeln“ dagegen konvertiert das oder die gewählten Bilder ins JPG-, PNG-, TIFF-, TGA- oder WebP-Format. „Bildgröße ändern“ skaliert schnell viele Bilder auf einmal. Der Punkt „Datum ändern“ passt das Änderungsdatum beispielsweise an den Aufnahmezeitpunkt oder ein frei gewähltes Datum an.

Metadaten zeigen, bearbeiten & löschen

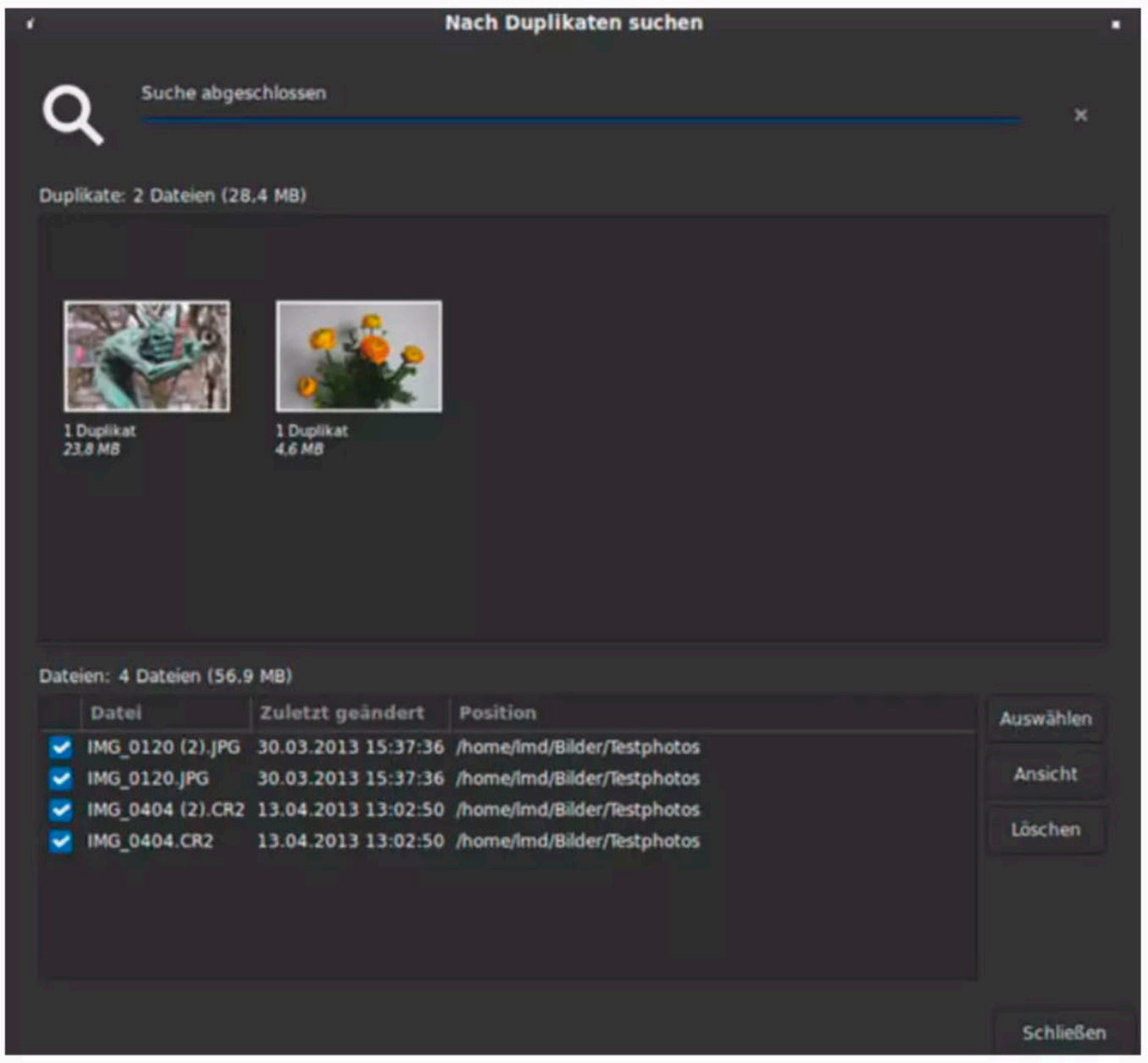
Informationen aus den Metadaten zeigt gThumb über das i-Symbol in der Leiste an. Das können sowohl in Fotos als Exif-, XMP- oder IPTC-Daten eingebettete Aufnahmeinformationen als auch ein Histogramm sein. Praktisch für die Weiterverwendung von Fotos im Internet: die Funktion zum blitzschnellen Löschen sämtlicher Metadaten in einem oder mehreren ausgewählten Fotos. Dazu markieren Sie das oder die gewünschten Bilder und wählen im Werkzeugmenü „Metadaten löschen“.

Ein Klick auf das Sprechblasensymbol in der Leiste (oder ein Rechtsklick aufs Bild und der Kontextmenüpunkt „Kommentar“) öffnet ein Dialogfenster, in dem Sie eine Bildbeschreibung und andere Informationen zum Bild sowie Schlagworte hinterlegen können. Was Sie hier ins Feld „Beschreibung“ eintragen, zeigt gThumb später in den Metadaten als „Kommentar“ an. Außerdem trägt das Tool den Text in das Exif-Datenfeld „Nutzerkommentar“, die IPTC-„Beschriftung“ und das XMP-Feld „Beschreibung“ ein. Zusätzlich legt gThumb einen Unterordner .comments mit einer XML-Datei für jedes Foto an, die den Kommentar enthält.

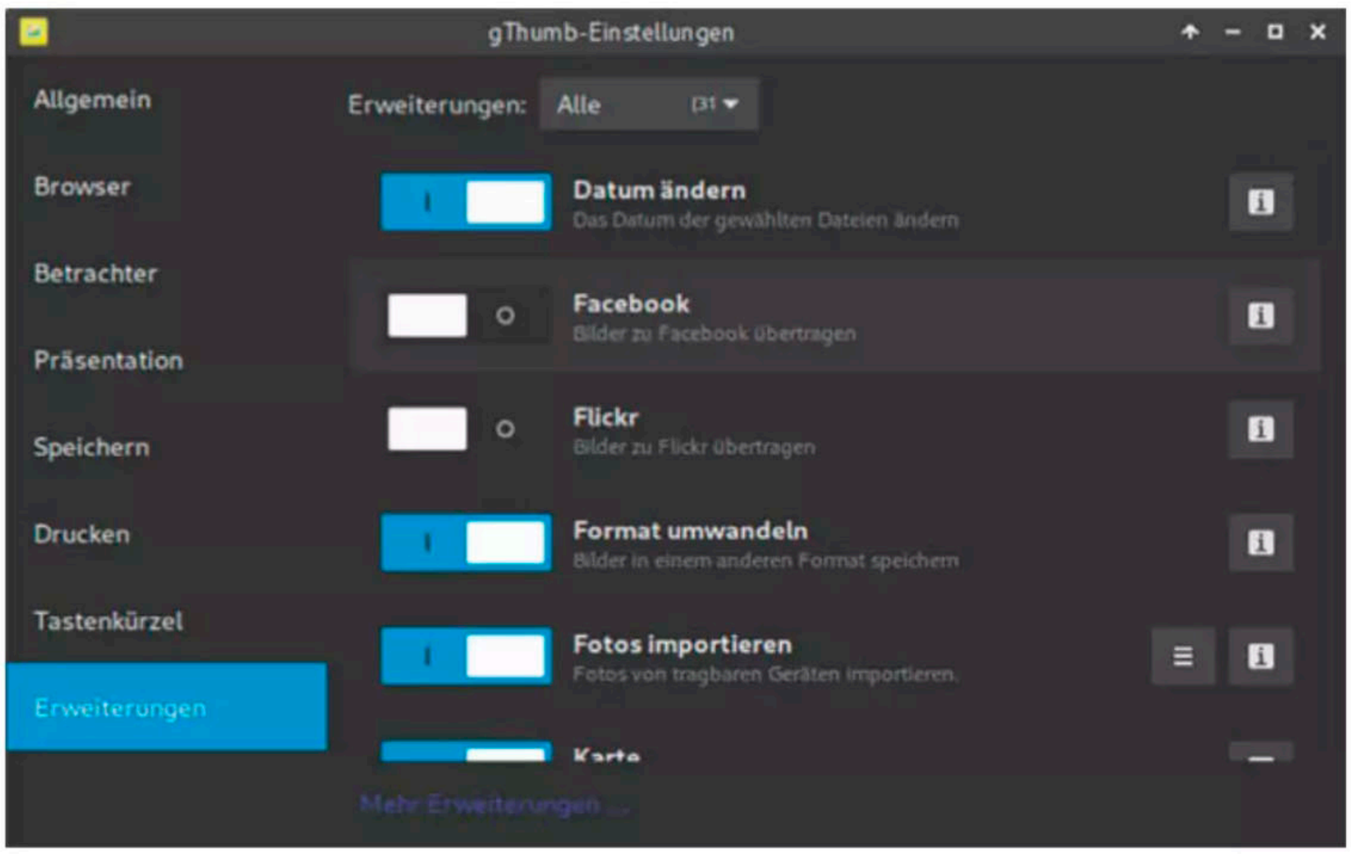
Dubletten aufstöbern

Ist die Bildersammlung sehr unsortiert, könnten manche Bilder auch doppelt auf der Festplatte liegen. Um solche Dubletten aufzuspüren, bringt gThumb den Menüpunkt „Nach Duplikaten suchen“ mit. Diesem geben Sie noch das zu durchsuchende Verzeichnis mit auf den Weg, legen fest, ob die Suche auch durch Unterordner laufen soll, und begrenzen sie bei Bedarf auf einen Medientyp. Mit „Suchen“ legt gThumb los und präsentiert anschließend zur weiteren Verarbeitung die gefundenen Doppelgänger: Oben sehen Sie kleine Vorschaubilder, unten eine Liste aller betroffenen Dateien. Was davon weg kann, entscheiden Sie, indem Sie die Haken vor den Bildern, die Sie behalten möchten, entfernen und anschließend mit einem Klick auf „Löschen“ alle anderen entsorgen.

Sollen einfach alle Originale erhalten bleiben, kann gThumb die Auswahl übernehmen. Klicken Sie



Hat gThumb Duplikate aufgespürt, überlässt es Ihnen die Entscheidung, was damit zu tun ist.



Nicht benötigte Plug-ins können Sie in den Einstellungen einfach deaktivieren. Die für den Upload zu Facebook, Flickr & Co. sind sowieso veraltet.

dann auf die Schaltfläche „Auswählen“ und entscheiden Sie sich für „Die ältesten Duplikate behalten“. Alternativ kann gThumb die Entscheidung anhand des Ordners treffen oder alle beziehungsweise keine Dateien löschen.

Funktionen an- und abschalten

Viele Funktionen wurden gThumb als Plug-in hinzugefügt. Das hat den Vorteil, dass sich nicht Verwendetes oder Veraltetes einfach abschalten lässt und dann nach dem nächsten Programmstart aus den Menüs verschwunden ist.

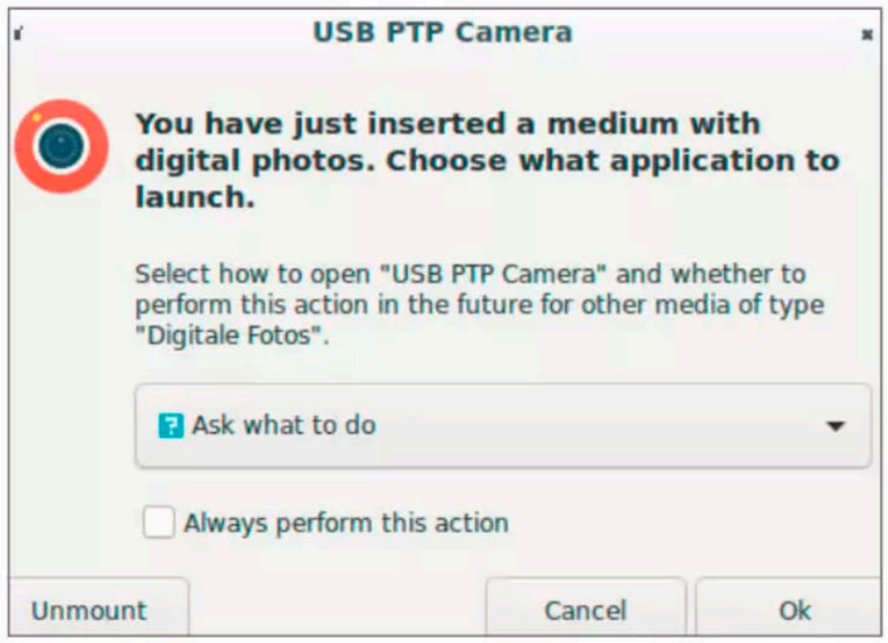
Abschalten können Sie beispielsweise getrost die Plug-ins für das Hochladen von Bildern zu Facebook, Flickr, 23hq.com und dem längst abgeschalteten Google-Dienst Picasa. Sie sind allesamt veraltet und scheitern bei der Anmeldung. Deaktivieren können Sie sie über den Menüpunkt „Einstellungen/Erweiterungen“.

Wer gThumb um zusätzliche Funktionen erweitern will, muss nicht gleich ein Plug-in programmieren, sondern kann über „Personalisieren“ im Werkzeugmenü dem Tool direkt ein Bash-Skript verabreichen oder aus gThumb heraus ein weiteres Linux-Tool wie `exiftool` aufrufen.

Bildergalerie & Kontaktabzug

Das Schraubenschlüsselsymbol liefert einige praktische Funktionen, die allerdings nicht verständlich beschriftet sind. So kann gThumb blitzschnell für ausgewählte Bilder eine schlichte HTML-Übersichtsseite erstellen, samt Titel, farbigem Hintergrund und Vorschaubildern in der gewünschten Größe. Auch Schriftart und -größe, Anzahl der Spalten und die Gestaltung der Vorschaubilder lassen sich beeinflussen. Die Seite eignet sich aber bestenfalls als digitaler Kontaktabzug für einen schnellen Überblick über die Bilder.

Will man im Browser durch die Bilder klicken und nicht immer zur Startseite zurückkehren, bietet gThumb im selben Menü die Funktion „Internet-Album“. Hier konfigurieren Sie in drei Reitern eine statische Bildergalerie, legen fest, welche Informationen zu jedem Bild enthalten sein sollen, die Anzahl der Bilder pro Seite, tragen eine Kopf- und Fußzeile ein und entscheiden, ob die Originalbilder an



Ist das Paket gvfs-gphoto2 installiert, poppt nach dem Anstecken einer Kamera via USB ein Dialog auf, der fragt, was zu tun ist.

den Speicherort des Webalbums kopiert werden sollen und sich so auch in voller Größe öffnen lassen. Den Rest erledigt gThumb. In der schlichten Webseite können Sie durch die Bilder navigieren und wieder zur Übersichtsseite zurückkehren – kein Meisterwerk in Sachen Webdesign, aber doch manchmal ganz praktisch.

Und schließlich gibt es noch die Funktion „Bildwand“, die einen Kontaktabzug mit quadratischen Ausschnitten der ausgewählten Bilder als JPG-Datei anlegt. Hier lässt sich leider nur die Größe der quadratischen Vorschaubilder, nicht aber deren Format verändern.

Fotos aus der Kamera importieren

Theoretisch kann gThumb mithilfe der Bibliothek gphoto2 auch Bilder direkt von einer an den Rechner angeschlossenen Kamera importieren, im Test funktionierte das aber auf keinem unserer Testsysteme. Das ist allerdings nicht gravierend, denn wenn das Paket gvfs-gphoto2 installiert ist, poppt beim Anstecken einer Kamera via USB an den Rechner sowieso ein Dialogfenster auf, das fragt, was man damit tun möchte. Man kann das Verzeichnis nun im Dateimanager anzeigen lassen und die Bilder auf die Festplatte ziehen. Alternativ gibt man im Dialog beim ersten Mal „Other Application“ an und wählt gThumb aus der Liste. Beim nächsten Anstecken taucht das Tool dann direkt in der Auswahlliste auf.

Fazit

Auch wenn gThumb an einigen Stellen ein wenig eingestaubt wirkt, überzeugt die Bildverwaltung, weil sie ihre Kernfunktionen zuverlässig und schnell durchführt. Was fehlt, sind Entwickler und eine Community, die veraltete Funktionen entfernen und praktische Plug-ins ergänzen. Aber auch so erweist sich gThumb im Linux-Alltag als praktischer Helfer, der schnell Bilder verwaltet, skaliert und zuschneidet, bei Bedarf Metadaten löscht und bei der Auswahl der richtigen Bilder aus großen Bilderstapeln hilft. (lmd) c't



LIVE Webinar

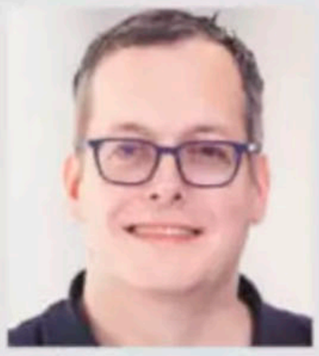
Mac & i

iOS in Unternehmen:

Bereitstellungsprogramme, Gerätemanagement, User Enrollment und Shared iPad

15. April 2021

Viele Unternehmen händigen ihren Mitarbeitern iPhones und/oder iPads aus, die sie von der Netzwerkadministration betreuen lassen und zentral mit Software, Einstellungen, Dokumenten usw. versorgen. Aber auch die saubere Trennung von persönlichen und Unternehmensdaten auf privaten Geräten der Mitarbeiter (BYOD, Bring your own device) wird immer wichtiger. Im Live-Webinar von Mac & i erklärt Mark Zimmermann all diese Möglichkeiten von iOS 14.



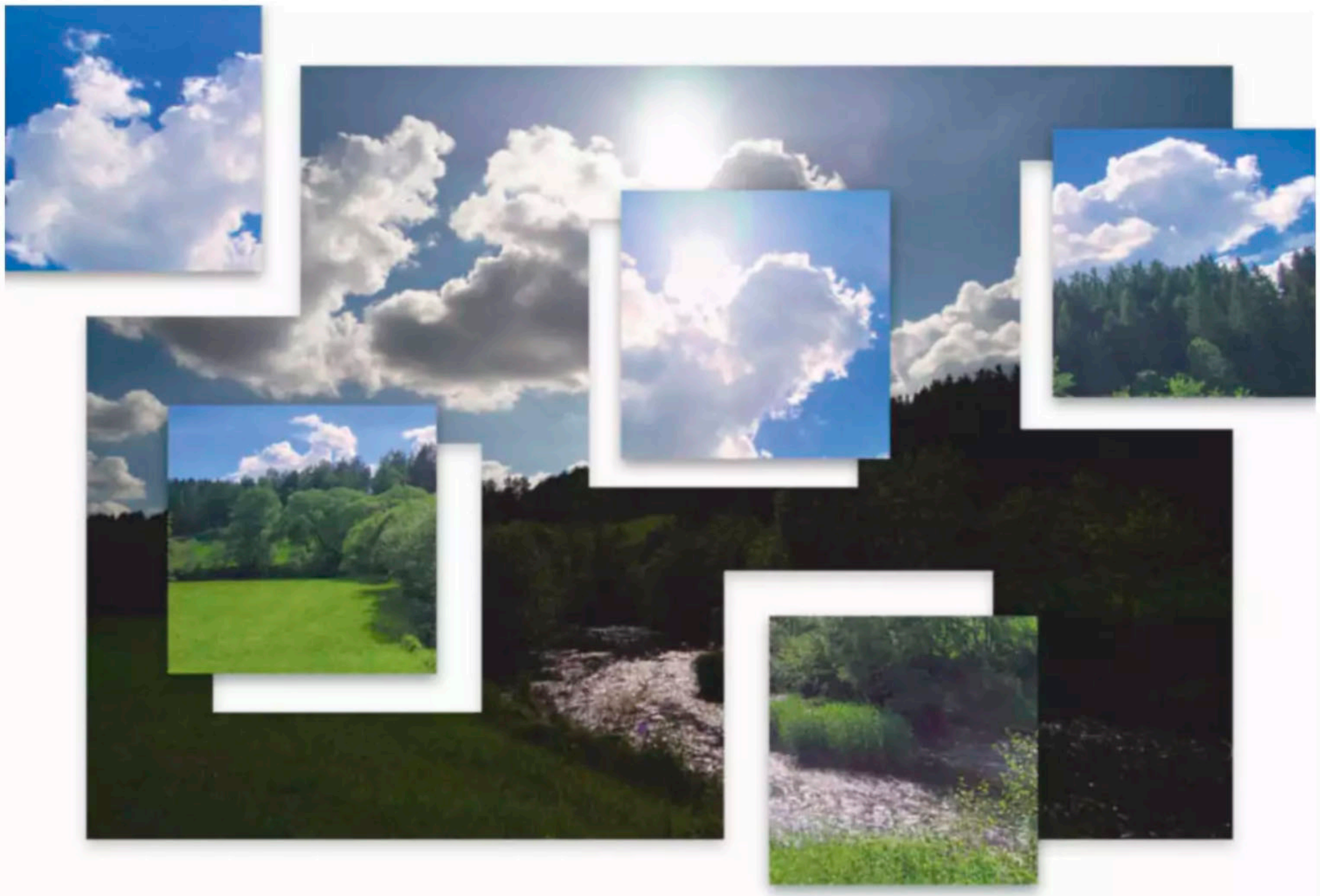
Mark Zimmermann
Fachautor

Themenschwerpunkte:

- Die Begriffswelten DEP, VPP und ihre Einsatzmöglichkeiten im Firmenumfeld
- Apple Business Manager (ABM) im Zusammenspiel mit einem MDM-System und deren Einrichtung, Anbindung und Nutzung. **Bonus:** MDM Rollout Deep Dive und warum spielt dies mit der Frage des „Backup von iOS Geräten“ zusammen?
- Verwalten und Betreuen firmeneigener Geräte, BYOD-Geräte mit User Enrollment oder auch gemeinsam genutzte iPads (Shared iPads)

Preis: 119,00 Euro inkl. MwSt.

JETZT ANMELDEN **www.heise-events.de/ios-in-unternehmen_0421**



Raw-Fotos entwickeln mit Darktable

Damit das Grün in Landschaftsbildern natürlich rüberkommt und sich Wolken schöner vom Himmel abheben, entwickelt man Fotos am besten aus den Raw-Daten der Kamera. Mit Darktable gelingt das ganz leicht.

Von **Anna Simon**

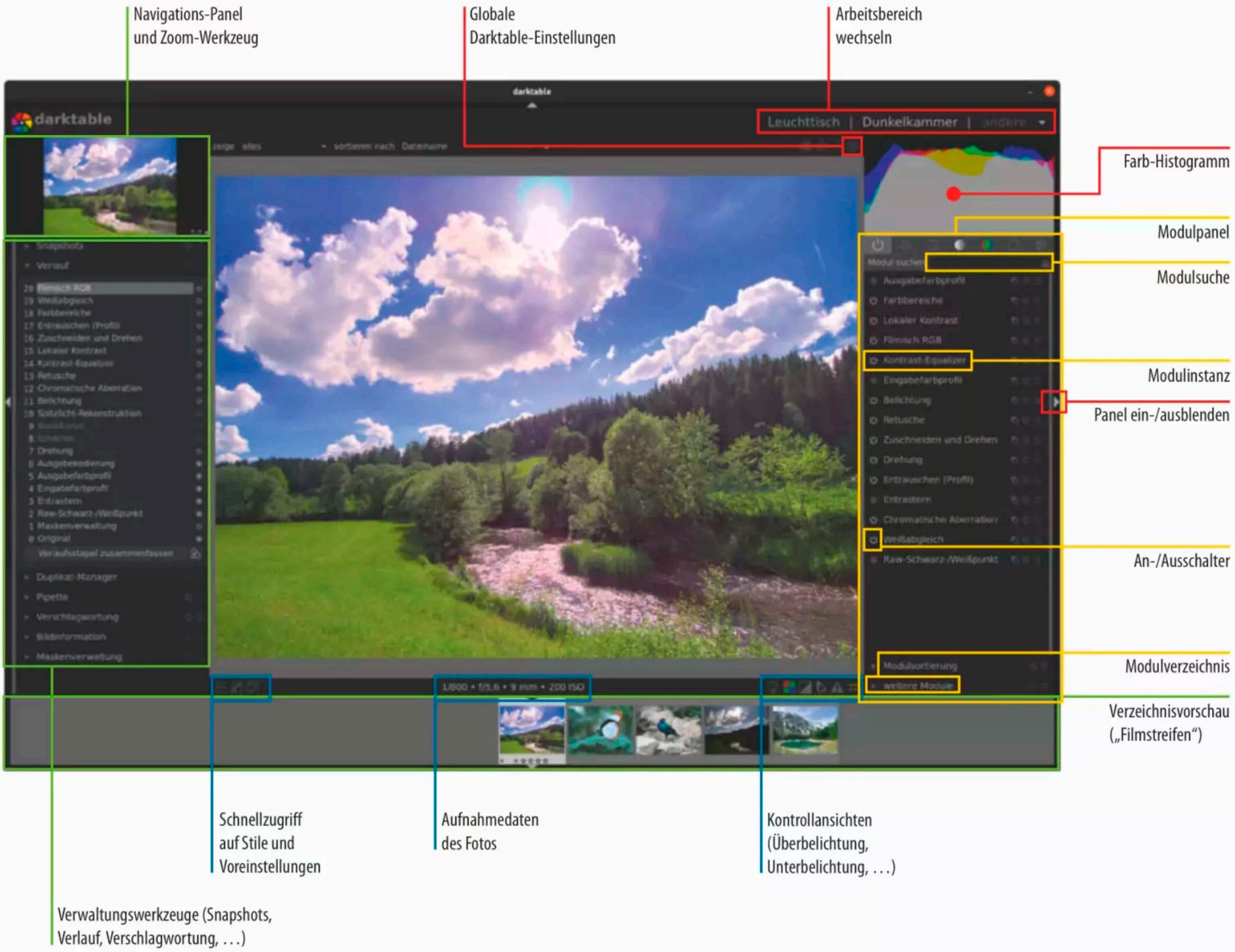
Naturaufnahmen zu bearbeiten ist oft eine anspruchsvolle Aufgabe. Bei kaum kontrollierbaren Lichtverhältnissen entstehen häufig Fotos, die technisch nicht optimal sind. Das erfordert komplexe nachträgliche Korrekturen. Der Open-Source-Raw-Entwickler Darktable ist für solche Nachbearbeitungen gut geeignet. Mit neuen Modulen in der Version 3, die die Arbeit vereinfachen und bessere Ergebnisse bringen, wird er auch den Anforderungen ehrgeiziger Naturfotografen gerecht.

Die folgende Praxisanleitung zeigt den Umgang mit den wichtigsten Bearbeitungsfunktionen von

Darktable 3.4. Prinzipiell gelingt dies auch mit Version 3.2.1, aber da sind die Optionen teilweise leicht anders benannt. Die Darktable-Module passen Belichtung, Kontrast, Farbe und Schärfe einer Landschaftsaufnahme Schritt für Schritt an. Schwerpunkte sind dabei die neuen Optionen zur Wiederherstellung überbelichteter Bildbereiche mit dem Modul „Filmisch RGB“ und die Anwendung von Masken. Damit Sie die Bearbeitungen besser nachvollziehen können, haben wir die Aufnahme als Download zur Verfügung gestellt (siehe ct.de/wa24). Es ist absichtlich kein perfektes Foto, damit Sie

Die Darktable-Bedienoberfläche

Darktable bietet je nach Aufgabe unterschiedliche Arbeitsbereiche wie Leuchttisch, Dunkelkammer oder Diashow an. Die Bearbeitungen am Bild führt man in der Dunkelkammer durch.



praxisnah einige der Darktable-Funktionen ausprobieren können.

Foto-Entwickler statt Bildbearbeiter

Mit einem Raw-Entwickler wie Darktable kann man viele Details aus Fotos herausholen. Seine Filter sind nicht auf den kleinen sRGB-Farbraum beschränkt, sondern arbeiten in deutlich größeren Farbräumen wie Rec.2020. Dadurch stehen intensivere und natürlichere Farben zur Verfügung. Gerade durch die Bearbeitung von Kamerarohdaten, auch Raw-Dateien genannt, kann man die Qualität der Aufnahmen entscheidend verbessern, da Raw-Formate über 12 bis 14 Bit pro Farbkanal verfügen anstatt nur 8 Bit bei JPEG. So rekonstruiert man unter anderem überbelichtete Bildbereiche viel besser und auch beim Schärfen oder Entrauschen sind keine JPEG-Kompressionsartefakte im Weg. Darktable rechnet mit 32 Bit pro Farbkanal, was beispielsweise bei der Kontrastverbesserung vorteilhaft ist.

Insbesondere arbeitet Darktable nichtdestruktiv; das Original bleibt unverändert und die Bearbeitungen werden als Parameter in einer separaten Begleitdatei gespeichert. Die dort hinterlegten Einstellungen kann man auch auf andere Fotos anwenden und so beispielsweise die Bilder eines Shootings viel schneller optimieren.

Zum Einsatz kommt ausschließlich ein spezieller Ebenentyp, den man bei klassischen Bildbearbeitern wie Photoshop Einstellungsebene nennt. Bei Darktable heißen diese Ebenen Module. Jeder Effekt wird dabei wie ein optischer Filter über die Aufnahme gelegt und die Einstellungsparameter sind nachträglich veränderbar. Masken zeichnet man direkt auf die Ebene, um bestimmte Bildbereiche vom Effekt auszuschließen. Das Prinzip wird auch Pixelpipe(line) genannt: eine Metapher für die Reihenfolge der einzelnen Bearbeitungsschritte. Man leitet die Pixel durch ein „Rohr“, wobei sie auf dem Weg zum Ausgang verschiedene Änderungen durchlaufen. Das Ergebnis wird am Ende in ein Format wie JPEG exportiert.

Vom Leuchttisch zur Dunkelkammer

Beim Start von Darktable landen Sie zunächst im Verwaltungsmodul „Leuchttisch“. Importieren Sie Ihre Fotos, indem Sie links oben auf „Importieren/Foto“ klicken. Die Bilddatei selbst wird bei diesem Vorgang nicht kopiert, sondern lediglich in der Datenbank von Darktable verlinkt. Nach einem Doppelklick auf ein importiertes Foto öffnet sich die Aufnahme in der Dunkelkammer.

In der Dunkelkammer befindet sich rechts ein Panel, in dem Sie die einzelnen Filter mit ihrem Einschaltknopf aktivieren oder deaktivieren. Außer „Basiskurve“ und „Schärfen“ sollten Sie alle standardmäßig aktiven Module eingeschaltet lassen. Einige wenige Module wie beispielsweise „Entrastern“ können Sie nicht deaktivieren, weil sie zum Anzeigen der Fotos benötigt werden, lediglich bestimmte Parameter kann man ändern. Um zusätzliche Module einzublenden, wählen Sie diese rechts unten aus der Liste „weitere Module“ aus und blenden sie mit einem Doppelklick ein. Darktable wendet die Module von unten nach oben auf das Bild an. Die vorgegebene Reihenfolge wurde zur Version 3.0 optimiert; sie zu ändern empfiehlt sich bestenfalls für Darktable-Experten. Die veraltete Reihenfolge lässt sich zwar weiterhin auswählen, dient aber primär dazu, ältere Bearbeitungen unverfälscht zu öffnen.

Darktable besitzt viele ältere Module, die man möglichst nicht mehr verwenden sollte. Die Entwickler belassen sie dennoch im Programm, um damit korrigierte Fotos korrekt anzeigen zu können. Hilfestellung im Moduldschungel von Darktable bietet ein Beitrag des Entwicklers Aurélien Pierre auf discuss.pixls.us (siehe ct.de/wa24), in dem er die Unterschiede der verschiedenen Ansätze erklärt und warum die neuen Module präziser arbeiten.

Unterscheiden muss man zwischen älteren Modulen und veralteten Modulversionen: Letztere werden ausschließlich bei älteren Bearbeitungen geladen und sind für neue Bearbeitungen gesperrt. Auch von neueren Modulen gibt es veraltete Versionen.

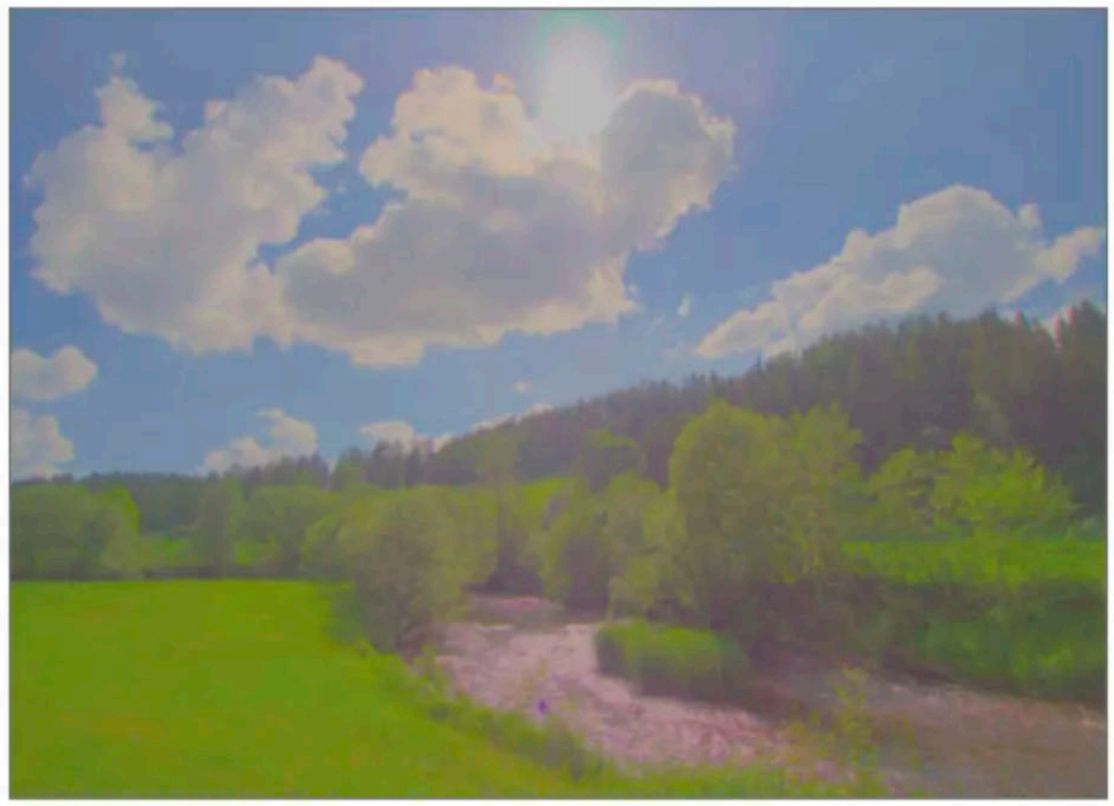
Die Einstellungen in den Modulen beeinflussen sich teilweise gegenseitig. Wechseln Sie daher zwischen den Modulen hin und her und probieren Sie unterschiedliche Werte aus. Das kostet zwar ein paar Takte Rechenzeit, aber durch die nichtdestruktive Arbeitsweise können Sie alle Änderungen jederzeit zurücknehmen.

Belichtungskorrektur mit Filmisch RGB

Bei vielen Aufnahmen müssen Sie zuerst die Belichtung anpassen. Module wie die „Basiskurve“ oder „Kontrast Helligkeit Sättigung“ führen aber beim Aufhellen dazu, dass helle Bildbereiche ihre



Bei der Belichtungskorrektur als Vorbereitung auf das Modul „Filmisch RGB“ lässt man die hellen Zonen außer Acht.



Das Modul „Filmisch RGB“ stellt die Struktur in hellen Zonen wieder her, reduziert jedoch den Kontrast.

Struktur verlieren. Das Modul „Schatten und Spitzlichter“ wiederum erzeugt unschöne Halos, die störenden Licht- beziehungsweise Schattenhöfe. Verwenden Sie anstelle dieser älteren Module „Filmisch RGB“. Es nutzt neuere Techniken und ist gut für die Korrektur von Gegenlichtaufnahmen geeignet, wie unser Beispielfoto einer Flusslandschaft im Waldviertel in Niederösterreich zeigt.

„Filmisch RGB“ sollte nicht mit dem Modul Basiskurve kombiniert werden, sondern es ersetzen. Deaktivieren Sie daher zuerst die Basiskurve rechts in der Liste der aktiven Module. Das Bild wird dadurch erst einmal dunkler.

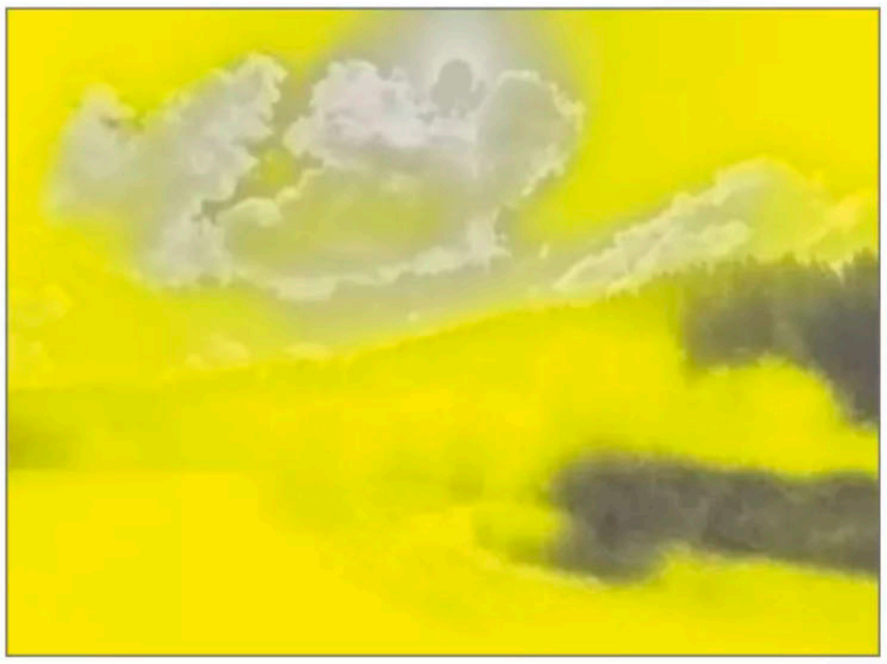
Korrigieren Sie vor der Anwendung von „Filmisch RGB“ die Belichtung des Bildes. Suchen Sie im Modulpanel nach dem Modul „Belichtung“ und aktivieren Sie es. Am schnellsten geht es über das Suchfeld oben rechts, wo Sie den Namen eines Moduls eintippen können. Ein Klick auf den Modulnamen klappt ein Feld mit Bedienelementen auf, über die Sie die jeweiligen Modulparameter einstellen können. Hellen Sie mit dem Schieberegler „Belichtung“ das Bild stark auf und achten Sie zunächst nur darauf, dass die Mitteltöne richtig belichtet sind. Die Helligkeit in den mittleren und dunkleren Bildbereichen sollte etwa dem entsprechen, was der Fotograf bei der Aufnahme wahrnahm. Die Struktur in den Lichtern stellt „Filmisch RGB“ später wieder her.

Der optimale Wert liegt bei diesem Foto bei mindestens +3 EV. Das Bild wirkt insgesamt sehr dunkel, weil es auf den Himmel belichtet wurde, um dort möglichst viele Details zu erhalten. Um präzise oder höhere Werte einzustellen, als der Schieberegler zulässt, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Regler und tippen dann den gewünschten Maximalwert über die Tastatur ein.

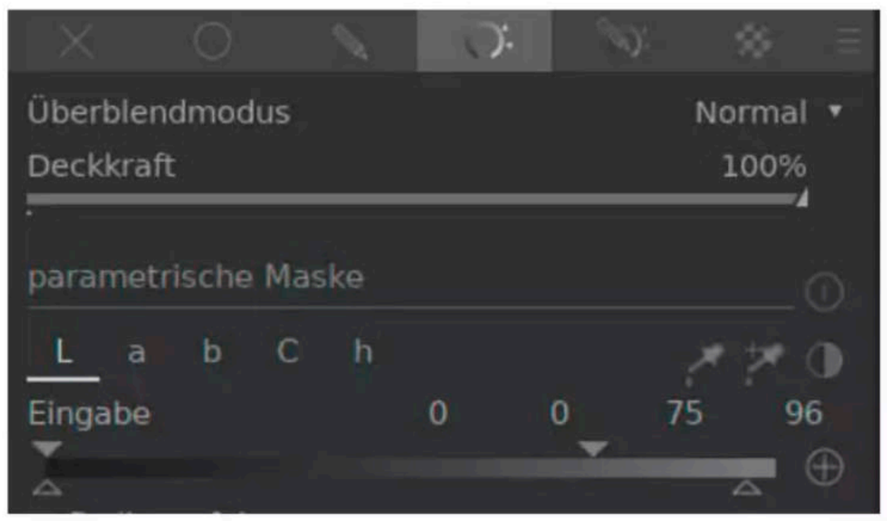
Suchen und aktivieren Sie anschließend „Filmisch RGB“ in der Modulliste. Ziehen Sie dort im ersten Reiter „Aufnahme“ den Regler „weiß relative Belichtung“ so weit nach rechts, bis der Himmel dunkler wird und die Struktur in den Wolken wieder erscheint.

Ziehen Sie den Regler für „schwarz relative Belichtung“ nach links, bis die dunklen Bereiche eine dunkle, graugrüne Farbe bekommen. Das ist wichtig, damit diese Zonen bei der anschließenden Kontrastverbesserung ihre Struktur erhalten und nicht komplett schwarz werden. Seien Sie ruhig großzügig, auch wenn das Bild zunächst unnatürlich und matschig wird. Das werden Sie im nächsten Schritt wieder korrigieren.

Erhöhen Sie abschließend auch den Wert für „Skalierung des Dynamikbereichs“. Dies führt zu einer weiteren Kontrastminderung, die aber notwendig ist, um die Struktur in den überbelichteten Bereichen um und unterhalb der Sonne zurückzu-



Unmaskierte Zonen werden beim Anzeigen der Maske gelb eingefärbt.



Durch die unterschiedliche Positionierung der Maskenbegrenzungsregler erzielt man einen weicheren Übergang zwischen maskierten und unmaskierten Bereichen.

gewinnen. Je größer die Helligkeitsunterschiede in einem Foto ausfallen, desto höher muss dieser Wert sein.

Kontrastverbesserung mit „lokaler Kontrast“

Verwenden Sie zur Kontrastverbesserung immer und ausschließlich das Modul „lokaler Kontrast“. Seinem Namen zum Trotz kann das Modul auch den globalen Kontrast anpassen. Das veraltete Modul „Helligkeit Kontrast Sättigung“ erzeugt hingegen einen zu starken Kontrast, der feine Strukturen in hellen und dunklen Zonen zerstört. In anderen Bildbearbeitungsprogrammen heißt „lokaler Kontrast“ oft „Klarheit“ und erhöht Kanten- oder Detailkontraste, allerdings führt er dort bei hohen Werten meist zu Halos, den störenden Lichthöfen. Im Modus „lokaler Laplace-Filter“ des Darktable-Moduls können Sie auch hohe Werte eingeben, ohne dass Halos entstehen.

Kontrollieren Sie rechts unten zunächst die Option „Modulsortierung“ und ändern diese gegebenenfalls von „veraltet“ auf „V3.0“. Die neue Sortierung schiebt das Modul „lokaler Kontrast“ in der Pixelpipe aufwärts und sorgt dafür, dass es nach „Filmisch RGB“ auf das Bild angewendet wird. Wenn sich „lokaler Kontrast“ unter „Filmisch RGB“ befindet, kommt es oft zu einer fehlerhaften Farbdarstellung.

Aktivieren Sie „Lokaler Kontrast“ und achten Sie darauf, dass es sich im Modus „lokaler Laplace-Filter“ befindet. Setzen Sie den Wert bei „Detail“ auf etwa 250 %. Der Kontrast hat sich nun deutlich verbessert, aber die hellsten Bildbereiche um die Sonne haben ihre Struktur verloren. Um die Details zu erhalten, schließen Sie diese Zonen durch eine parametrische Maske vom Effekt aus.

Klicken Sie dazu im Modul unten auf das Symbol für parametrische Maske – das dritte Icon von rechts, der Kreis mit zwei Punkten. Es erscheinen nun zahlreiche Optionen. Standardmäßig ist der Luminanzkanal „L“ aktiv. Hier wählt man Pixel nach ihrem Helligkeitswert aus. In den anderen Kanälen könnte man Pixel nach ihrer Farbe („h“ für Hue) oder Sättigung („C“ für Chrominanz) selektieren. Im Beispielfoto sollen jedoch die hellsten Pixel vom Effekt ausgeschlossen werden, darum fällt die Wahl auf den Helligkeitskanal „L“.

Ziehen Sie hier beim unteren „Eingabe“ genannten Balken den rechten oberen Begrenzungsregler nach links, bis die weiße Zone unter der Sonne wieder mehr Struktur bekommt. Der optimale Wert liegt bei etwa 50. Dieser bestimmt, welche Pixel die Maske vom Effekt ausschließt. Je heller die Pixel sind, desto mehr von ihnen werden maskiert. Sie können die Maske anzeigen, indem Sie am unteren Ende des Moduls herunterscrollen und auf das kleine quadratische Icon mit Kreis klicken. Maskierte Bereiche erscheinen dann durchsichtig beziehungsweise in Graustufen. Unmaskierte Bereiche, in denen der Effekt zur Geltung kommt, erscheinen gelb. Schieben Sie dann den rechten unteren Begrenzungsregler des „Eingabe“-Balkens vorsichtig ein wenig nach links. Die unterschiedliche Positionierung dieser Begrenzungen bewirkt einen weicheren Übergang zwischen maskierten und unmaskierten

Bereichen. Alle Pixel außerhalb der Begrenzungen werden vom Effekt ausgeschlossen, wobei von den hellsten Pixeln mehr maskiert werden als von den weniger hellen.

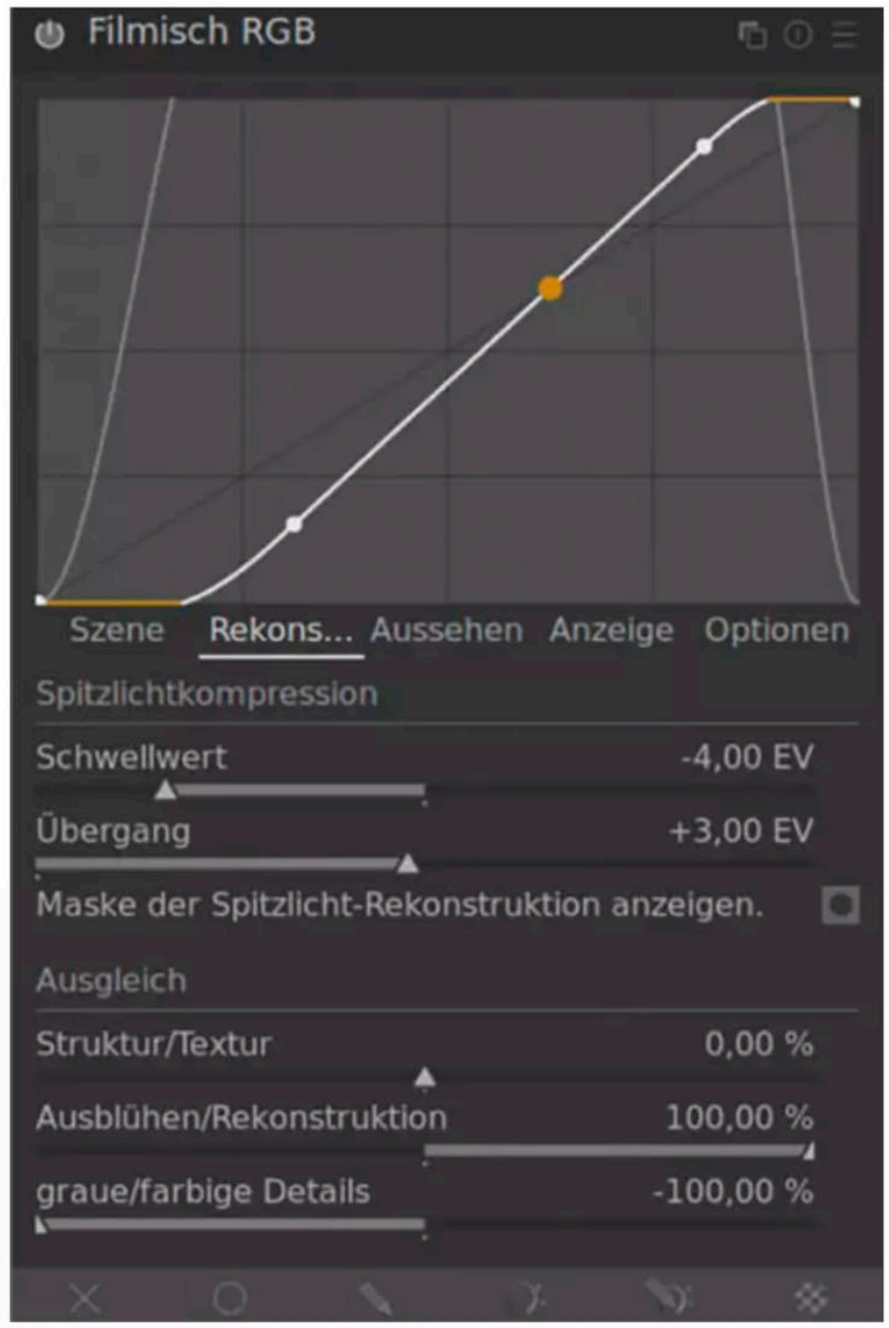
Setzen Sie den Wert bei „Maske weichzeichnen“ hinauf. In diesem Fall kommt durch die Weichzeichnung der Maske der Rand der Wolken besser zur Geltung und sie heben sich besser vom Himmel ab.

Wechseln Sie nun zurück zu „Filmisch RGB“, das seit Darktable 3.2 auch die Sättigung der Farben steuert. Die Optionen dazu befinden sich im Reiter „Aussehen“. Der Regler „Breite“ beeinflusst die Sättigung der hellsten Pixel. Erhöhen Sie gegebenenfalls den Wert, damit der helle Himmel eine kräftigere Farbe bekommt. Setzen Sie auch bei „Sättigung der Mitten“ den Wert hinauf, um die bei der Kontrastverbesserung verminderte Sättigung auszugleichen.

Rekonstruktion überbelichteter Bildbereiche

Seit der Version 3.2 verfügt „Filmisch RGB“ über einige Optionen zur Wiederherstellung überbelichteter Bildbereiche. Deaktivieren Sie daher auch das veraltete Modul „Spitzlicht-Rekonstruktion“. Daraufhin färben sich die Sonne und ihre unmittelbare Umgebung Magenta, da durch die Überbelichtung nur im Rot-Kanal Informationen existieren. Die unerwünschte Tönung verschwindet, wenn Sie in „Filmisch RGB“ die richtigen Einstellungen wählen.

Zoomen Sie mit Alt+1 in das Bild hinein und schieben Sie die Sonne in den sichtbaren Ausschnitt, damit Sie die überbelichteten Bereiche besser beurteilen können. Wechseln Sie nun in „Filmisch RGB“ zum Reiter „Rekonstruktion“. Blenden Sie die Rekonstruktionsmaske ein, indem Sie dort auf das kleine Symbol rechts von „Maske der Spitzlicht-Rekonstruktion anzeigen“ klicken. Zunächst färbt



Das neue Modul „Filmisch RGB“ bietet zahlreiche Optionen zur Rekonstruktion von Spitzlichtern.





Filmisch RGB (Bild links) kann seine Stärken vor allem beim Rekonstruieren von Wolkendetails ausspielen.

sich die Ansicht schwarz. Der Regler „Schwellwert“ bestimmt die Größe des zu rekonstruierenden Bereichs. Je weiter Sie ihn nach links schieben, desto mehr vergrößert sich diese Zone. Der Regler „Übergang“ legt die Härte des Maskenübergangs fest. Höhere Werte bewirken einen weicheren Übergang. Passen Sie die Werte so lange an, bis Sie den überbelichteten Bereich deutlich durch die Maske hindurch sehen.

Mit den Reglern weiter unten geht es darum, wie man den überbelichteten Bereich rekonstruiert. Am wichtigsten ist der Regler „graue/farbige Details“. Mit diesem bestimmen Sie, ob die Rekonstruktion in Farbe oder in Graustufen erfolgt. Der Regler „Ausblühen/Rekonstruktion“ führt zu mehr oder weniger Weichzeichnung beziehungsweise Schärfe im überbelichteten Bereich. „Struktur/Textur“ definiert, ob man Details rekonstruiert oder den Bereich mit einer Farbe füllt.

Häufig ist eine Rekonstruktion in Grau sinnvoller als in Farbe. Man muss daher den Wert beim letzten Regler verringern, vor allem dann, wenn überbelichtete Bereiche Magenta eingefärbt sind. In diesem Fall schiebt man den Regler bei „graue / farbige Details“ ganz nach links. Die überbelichteten Zonen verkleinern sich danach deutlich beziehungsweise erscheint die Magenta-Färbung heller. Um auch den Rest der Überbelichtung zu eliminieren, setzen Sie den Schwellwert auf circa -4 EV herab.

Für die Rekonstruktion benötigt „Filmisch RGB“ teilweise viel Rechenpower. Bei leistungsschwachen Computern bietet sich daher manchmal das alte Modul „Spitzlicht-Rekonstruktion“ doch als Alternative an.

Flecken entfernen

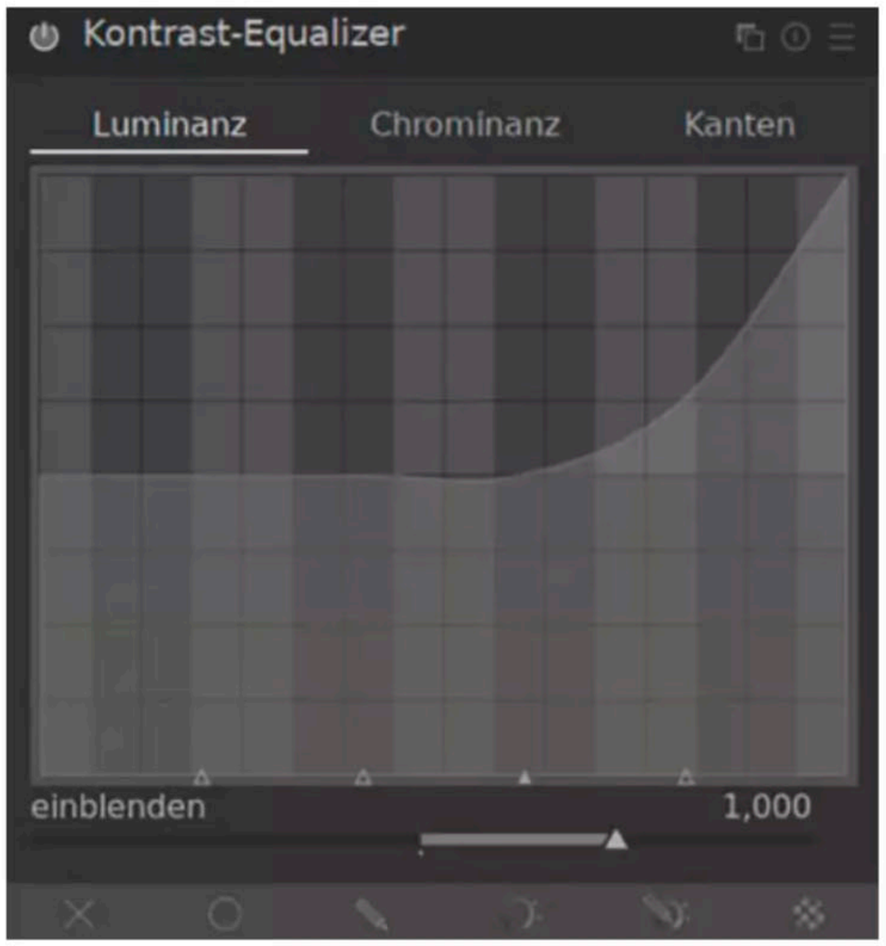
Im Fluss ist ein dunkler Blendenfleck zu sehen. Solche kleineren Störungen oder Schmutzpartikel kaschieren Sie leicht mit dem „Klonen-Werkzeug“ genannten Kopierstempel aus dem Modul „Retusche“. Öffnen Sie das Modul und klicken in der Reihe „Formen“ auf den kleinen Pinsel. Klicken Sie danach in der Reihe darunter auf das Icon mit den zwei verschränkten Ringen, um den Kopierstempel zu verwenden. Bewegen Sie dann den Mauszeiger ins Bild und stellen die Größe des Pinsels ein, indem Sie das Mausrad drehen. Wenn Sie beim Drehen des Mausrades die Shift-Taste gedrückt halten, ändert sich die Härte des Pinsels. Klicken Sie dann mit gedrückter Shift-Taste auf eine geeignete Stelle in der Nähe des Flecks, durch die Sie ihn ersetzen wollen. Lassen Sie dann die Shift-Taste los und klicken Sie mit der linken Maustaste auf den Fleck. Sollte die Retusche nicht gelungen sein, bearbeiten Sie deren Pfad mit dem Pfeilwerkzeug oder entfernen Sie den Bereich per Rechtsklick und setzen noch einmal neu an.

Schärfen mit dem „Kontrast Equalizer“

Deaktivieren Sie das Modul „Schärfen“, falls es eingeschaltet ist. Darktable bietet mit dem „Kontrast Equalizer“ eine effektivere Schärfungsmethode, die auch intuitiver zu bedienen ist. Man kann damit nicht nur schärfen, sondern unter anderem auch das Bildrauschen vermindern und die Klarheit erhöhen. Der Kontrast lässt sich in jedem Frequenzbereich – von den großen Formen bis hin zu den feinsten De-



Flecken und störende Bildelemente entfernt man mit dem Modul „Retusche“.



Um den Kontrast zu erhöhen, zieht man die Spline des Kontrast-Equalizers nach oben.

tails – individuell einstellen. Anders als mit dem alten „Schärfen“-Modul entstehen auch bei extremer Schärfung keine Überschärfungsartefakte.

Wenn Sie das Modul aktiviert haben, sehen Sie ein Gitter, über das Sie die Werte für die feinen Strukturen in der rechten und für die groben in der linken Hälfte bearbeiten können. Wenn Sie im Luminanzkanal auf den rechten Endpunkt der Spline – so heißt die horizontale Linie in der Mitte – klicken und diesen nach oben ziehen, wird der Kontrast in hohen Frequenzbereichen verstärkt und das Bild wirkt dadurch schärfer. Ziehen Sie denselben Punkt nach unten, wird das Bild weichgezeichnet. Wenn Sie die ganze Spline nach oben schieben, erhöhen Sie zusätzlich den globalen Bildkontrast. Das Voreinstellungen-Icon am rechten Ende der Titelleiste des Moduls bietet verschiedene Voreinstellungen für Schärfen, Entrauschen und zur Verbesserung der Klarheit.

Zoomen Sie zunächst ins Bild hinein. Die Schärfe des Bildes können Sie in der 100-Prozent-Ansicht besser beurteilen. Ziehen Sie den rechten Endpunkt der Spline nach oben, um das Bild zu schärfen.

Weißabgleich und Farbbereiche

Darktable greift auf den von der Kamera hinterlegten Weißabgleich zurück, der oft ausreichend gut ist. Wenn ein Foto dennoch einen Farbstich hat, bearbeiten Sie den Weißabgleich. Das Tool ist den Weißabgleichfiltern anderer Raw-Konverter sehr ähnlich. Ändern Sie die Voreinstellung auf „aus Bildbereich“ und ziehen Sie auf einer neutralweißen oder -grauen Stelle in Ihrem Foto ein Rechteck auf. Fehlt so eine, probieren Sie die Voreinstellungen durch oder stellen Sie die Farbtemperatur manuell ein. Eine zu niedrige Farbtemperatur führt zu einem Blaustich, eine zu hohe zu einem Gelbstich. Mit dem Regler „Farbton“ können Sie den Farbton zusätzlich Richtung Magenta oder Grün verschieben.

Häufig kommt es bei Landschaftsaufnahmen zudem vor, dass die Farbe des Grases zu intensiv, der Himmel jedoch zu blass ist. Dies korrigieren Sie mit dem Modul „Farbbereiche“, das die unabhängige Manipulation von Helligkeit, Sättigung und Ton einzelner Farben ermöglicht. Aktivieren Sie das Modul und klicken Sie auf den Reiter „Sättigung“. Ziehen Sie dort den Punkt im gelb-grünen Bereich auf der Spline nach unten, um die Farbe des Grases abzuschwächen.

Rauschminderung mit Profil

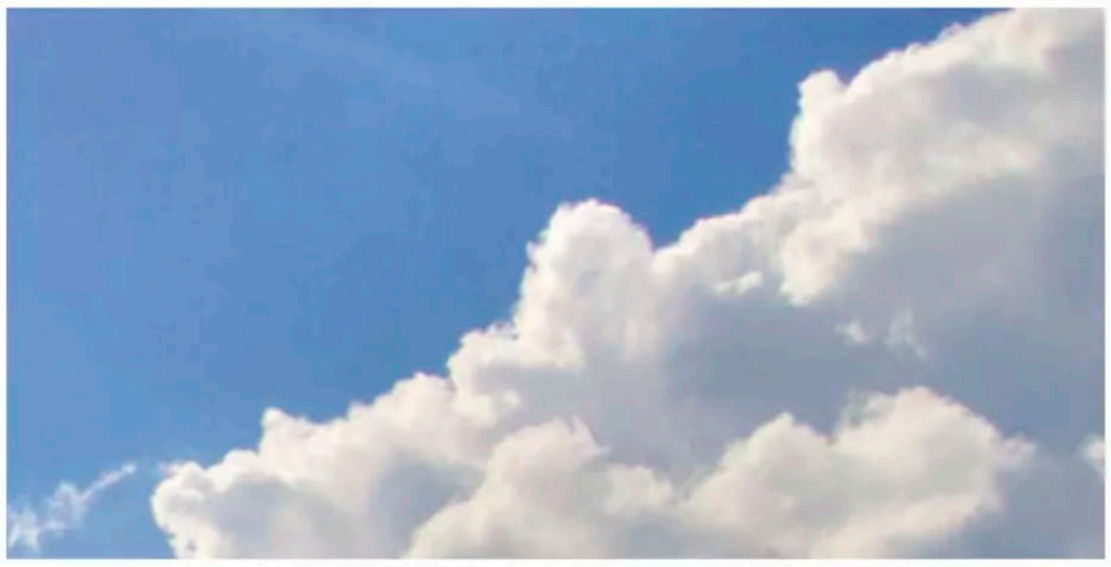
Durch die Bearbeitung wurde das Bildrauschen verstärkt. In der 100-Prozent-Ansicht zeigt das Foto eine grobkörnige Struktur. Aktivieren Sie daher abschließend zur Rauschminderung das Modul „Entrauschen (Profil)“. Standardmäßig arbeitet dieses Werkzeug im Modus „nicht-lokales Mittel“, das viele Optionen bietet. Schalten Sie zu Beginn das Modul immer in den einfacheren Modus „nicht-lokales Mittel (auto)“ und nehmen Sie hier einige Einstellungen vor.

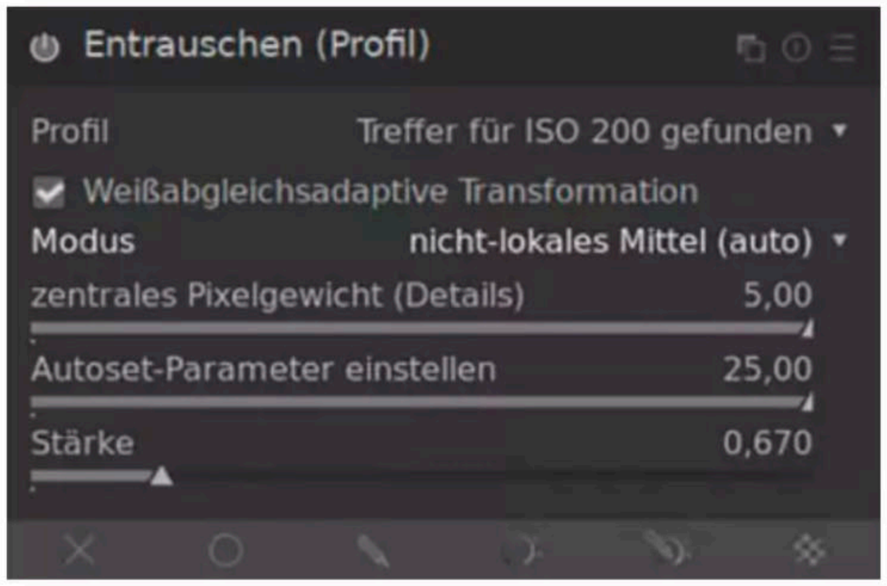
Im Auto-Modus beeinflusst der Regler „zentrales Pixelgewicht“ die Bildschärfe. Ein höherer Wert nimmt Kanten von der Schärfung aus. Über einen Rechtsklick auf dem Regler können Sie deutlich höhere Werte eingeben, wie hier zum Beispiel 5.

Unterdrücken Sie Farbrauschen mit dem Regler „Autoset Parameter einstellen“ und entrauschen damit auch die dunklen Bildbereiche. Erhöhen Sie den Wert, wenn Sie viel Farbrauschen oder Rauschen in dunklen Zonen sehen. Probieren Sie auch hier ruhig höhere Werte wie 25 aus und kontrollieren Sie das Ergebnis.

Der Regler „Stärke“ regelt die Intensität der Rauschminderung. Erhöhen Sie diesen Wert nur bei sehr hohen ISO-Werten, zumeist muss man die Stärke des Effekts sogar verringern. Setzen Sie ihn hier auf etwa 0,67 herab. Achten Sie zuerst nur da-







Für die Rauschminderung wählt man zuerst den automatischen Modus.

rauf, dass das Rauschen in den mittleren und helleren Zonen unterdrückt wird. Grundsätzlich sollte die Rauschminderung möglichst schwach sein, damit mehr Bilddetails erhalten bleiben.

Schalten Sie nun wieder in den manuellen Modus, um die Einstellungen zu verfeinern. Die Werte des Auto-Modus werden dabei übernommen. Setzen Sie hier nur den Wert bei „Schatten erhalten“ auf etwa 0,75 herab. Dadurch werden die dunklen Bildbereiche bei den Bäumen stärker geglättet.

Bei den meisten Fotos gibt es außerdem auch sogenannte chromatische Aberrationen, also Farbsäume, die durch Objektivfehler entstehen. Diese erscheinen insbesondere in den Bildecken und dort, wo helle und dunkle Bereiche aufeinandertreffen. Unterdrücken Sie diese mit den Modulen „Chromatische Aberrationen“ oder „Objektivkorrektur“. Probieren Sie aus, welches der beiden Filter bei Ihrem Bild effektiver ist.

Das Bild weist noch ein paar kleinere Fehler auf, zum Beispiel die Farbsäume im Fluss. Auch sie lassen sich mit Darktable gut korrigieren. Diese zusätzlichen Bearbeitungsschritte können Sie mithilfe der XMP-Begleitdatei nachvollziehen, die wir unter ct.de/wa24 zum Download bereitgestellt haben. Um die darin gespeicherten Korrekturen anzuwenden, wechseln Sie auf den Leuchttisch, wählen das gewünschte Bild aus und klicken dann rechts im Panel auf „Verlaufsstapel / XMP-Begleitdatei laden“.

Fertige Bilder exportieren

Wenn Sie mit der Bearbeitung fertig sind, exportieren Sie das Ergebnis. Klicken Sie im oberen Panel auf „Leuchttisch“ oder drücken Sie die Taste L. Markieren Sie die Fotos, die Sie exportieren möchten. Mehrere Bilder wählen Sie mit gedrückter Strg-Taste aus. Klicken Sie dann im rechten Panel ganz unten auf „ausgewählte exportieren“. Überprüfen Sie hier das Speicherziel und stellen Sie Größe, Format und Qualität ein. Setzen Sie „hochqualitatives Resampling“ auf „ja“, wenn Sie das Foto nicht in Originalgröße exportieren. Klicken Sie anschließend auf „exportieren“. Sobald das Foto gespeichert ist, weist Sie Darktable mit einer Benachrichtigung darauf hin.

Darktable kann wegen seiner zahlreichen komplexen Module auf Ein- und Umsteiger zunächst etwas einschüchternd wirken. Ein großer Vorteil des Programms ist jedoch seine nichtdestruktive Arbeitsweise. Diese lädt dazu ein, mit den Modulen und deren Reglern ungehemmt zu experimentieren. Hat man die grundlegende Funktionsweise der wichtigsten Werkzeuge verstanden, erzielt man beeindruckende Ergebnisse. Mit etwas Geschick rettet man auch so manche scheinbar kaputte Aufnahme. (ktn) c't

Hintergrundartikel und Beispieldateien zum Download

ct.de/wa24



storage2day

ONLINE
Noch 2 x im Frühjahr 2021

DIE HEISE-KONFERENZ ZU SPEICHERNETZEN UND DATENMANAGEMENT

Dienstag, 20. April:
Storage Performance Day

Mittwoch, 12. Mai:
Storage Architecture Day
(Freitickets erhältlich)

SAVE THE DATES!

2 TAGE / 2 TERMINE
2 SCHWERPUNKTE

2-FACH STORAGE-WISSEN

www.storage2day.de

Goldsponsoren

DATACORE · point software & systems · TechData Advanced Solutions

Sponsor Thementage
Open Source Storage Day/
Storage Performance Day

TechData Advanced Solutions

Veranstalter

iX · dpunkt.verlag

Tipps und Tricks rund um den Desktop

Nach der Installation präsentiert Ubuntu Desktop 20.04 ein benutzerfreundliches System zum Arbeiten und Surfen. Unsere Tipps zeigen, wie Sie die Bedienoberfläche an Ihre Wünsche anpassen, nützliche Programme nachinstallieren und manch nervige Voreinstellung der Ubuntu-Entwickler abschalten.

Von **Keywan Tonekaboni**

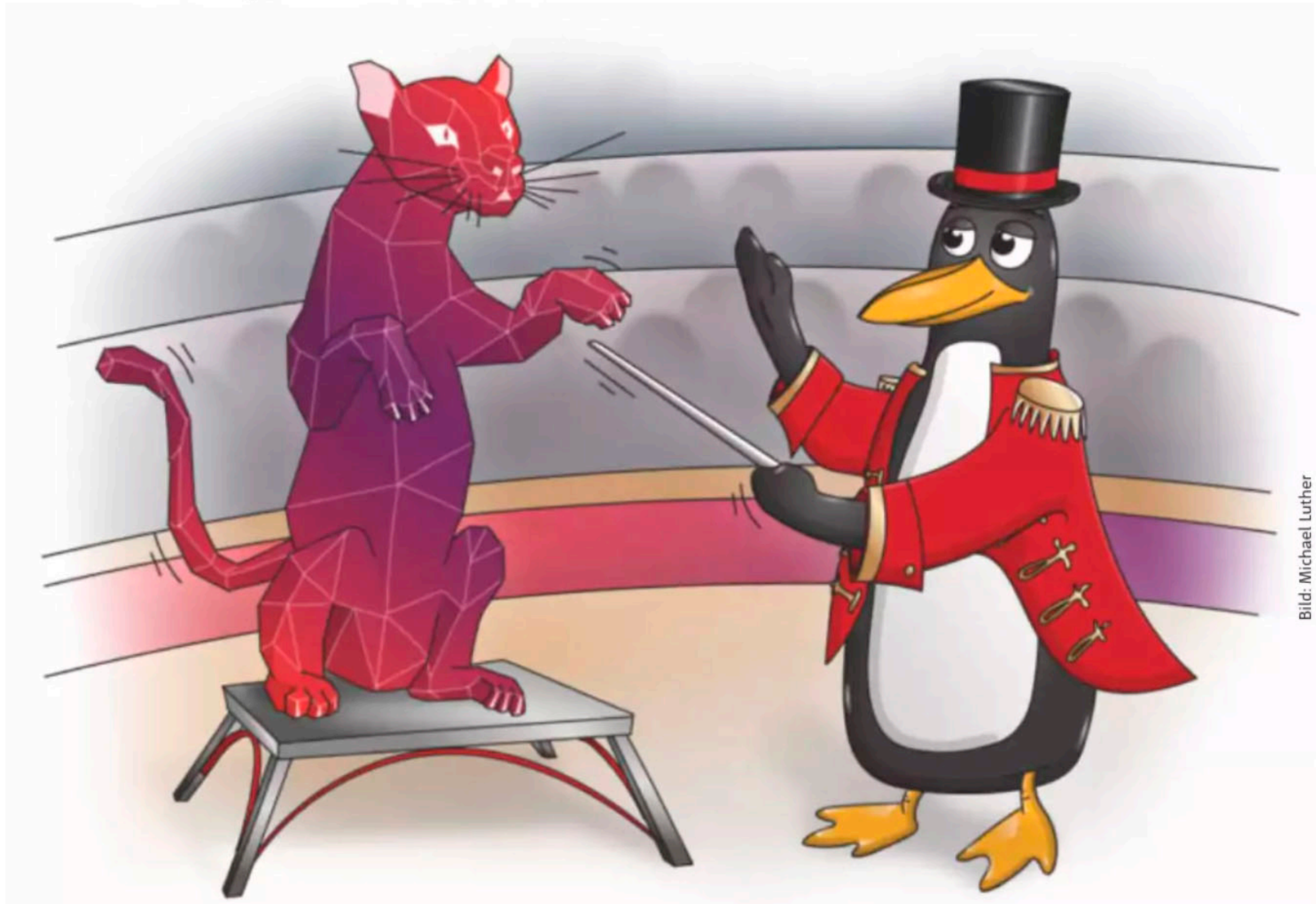


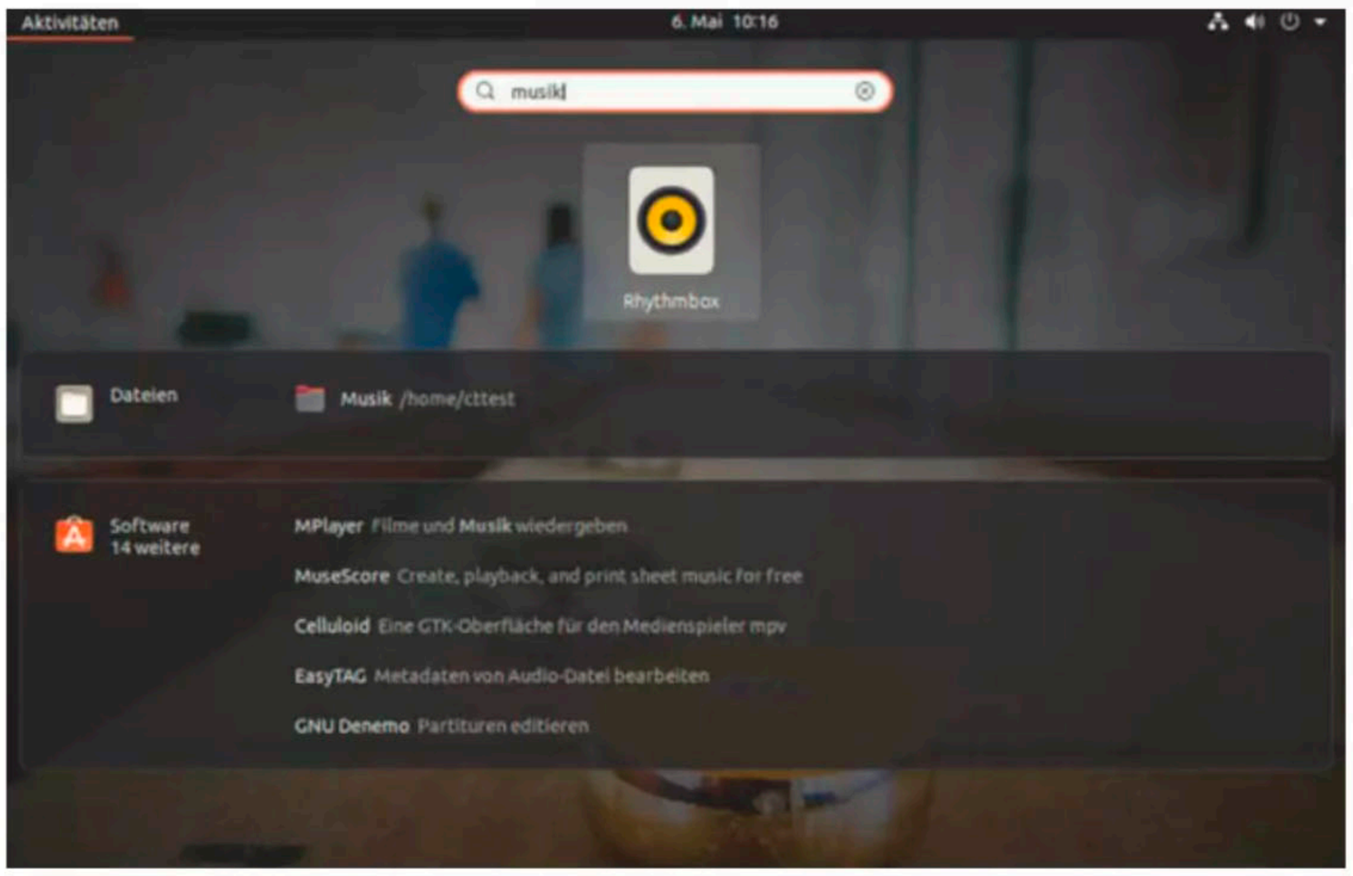
Bild: Michael Luther

Ubuntu Desktop optimal einrichten	56
Desktop aufpeppen mit Erweiterungen	62
Festplattenanalyse mit Baobab & Filelight	68
Desktop-Benachrichtigungen zähmen	72
Awesome Tiling Window Manager	80
Virtuelle Maschinen für den Desktop	86
Netzwerk für virtuelle Maschinen	94

Der erste Start von Ubuntu Desktop 20.04 beeindruckt: ein hübscher Desktop und eine aufgeräumte Oberfläche. Mit dem Browser Firefox, dem E-Mail-Programm Thunderbird und LibreOffice können Sie direkt produktiv loslegen. Doch manche Voreinstellungen stören, wie man den Nachfragen in Online-Foren entnehmen kann. Mit ein paar Kniffen lässt sich Frust vermeiden und der Ubuntu-Desktop in einen hilfreichen Kompagnon verwandeln.

Ubuntus Desktop-Variante setzt Gnome als Bedienoberfläche ein, passt diese aber in einigen Details an. Aussehen und Verhalten haben die Ubuntu-Entwickler dabei der mittlerweile in Rente geschickten Unity-Oberfläche nachempfunden. Der markanteste Unterschied zu Gnome ist die ständig sichtbare Leiste am linken Bildschirmrand, das Dock mit Programmsymbolen von laufenden und festgepinnten Anwendungen.

Unsere Tipps beziehen sich im Wesentlichen auf den Ubuntu-Desktop. Sie können stattdessen aber auch andere Desktop-Umgebungen wie Xfce, KDE Plasma, Lxde oder Budgie nachinstallieren – selbst ein weitgehend unverändertes Gnome. Wollen Sie einen anderen Desktop nutzen, empfiehlt es sich, gleich eine Variante der Ubuntu-Familie zu installieren, um auch die dazu passenden Anwendungen gleich vorzufinden.



Ist Gnome-Software installiert, zeigt die Suche in der Aktivitätenübersicht auch Vorschläge für noch nicht installierte Programme an.

Nachinstalliert

Viele praktische Programme sind in Ubuntu Desktop vorinstalliert. Weitere Software liefert Ubuntu-Software, das neue Programme nicht nur im klassischen Debian-Paketformat anbietet, sondern auch als distributionübergreifendes Paketformat Snap aus Canonicals eigenem Snapcraft-Store. Dadurch müssen Sie weniger „Personal Package Archives“ (PPA) einbinden, die die Stabilität und Sicherheit eines Systems gefährden können. Diesen Vorteil bietet auch das konkurrierende Flatpak-Format und dessen beliebte Paketquelle Flathub [1]. Snapcraft und Flathub stellen neben topaktuellen Open-Source-Programmen wie dem neuen Inkscape 1.0 auch proprietäre Anwendungen wie Spotify bereit.

Aber nicht jedes Programm ist über beide Quellen verfügbar. Die Software-Verwaltung Ubuntu-Software unterstützt nur die hauseigenen Snap-Pakete. Um Flatpak-Pakete einzurichten, müssen Sie ein Plug-in für Gnome-Software nachrüsten. Geben Sie dazu im Terminal Folgendes ein:

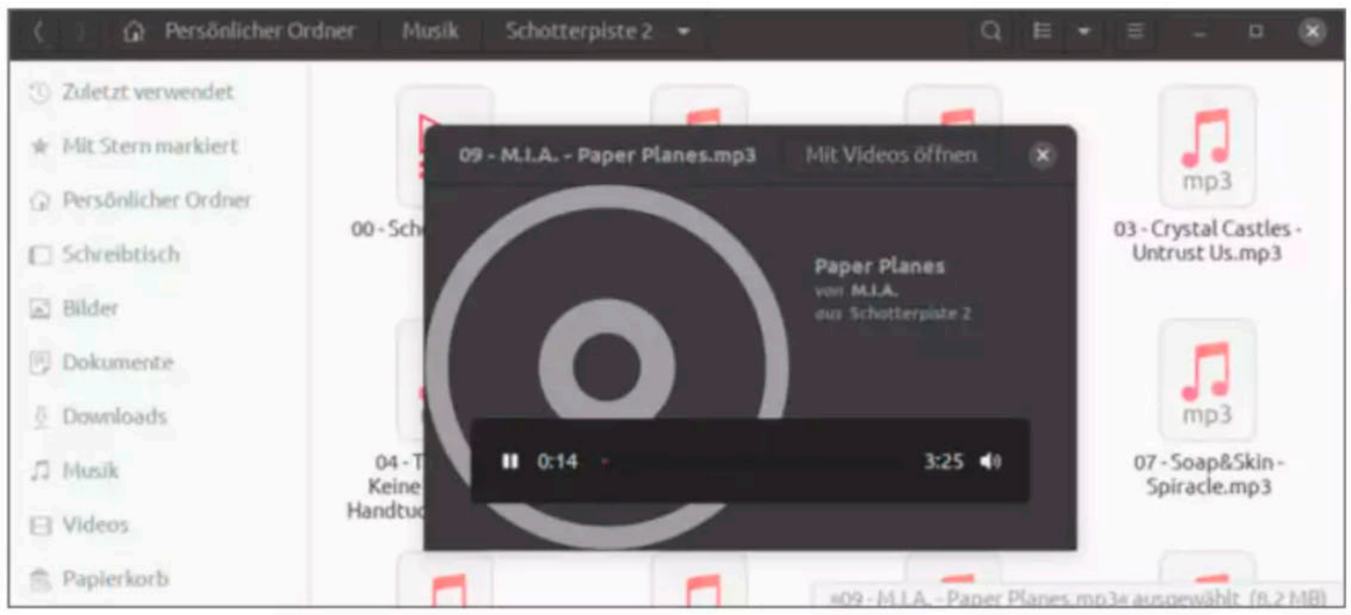
```
sudo apt install ↵
  ↳gnome-software-plugin-flatpak
```

Der Befehl installiert Gnome-Software gleich mit, falls es nicht bereits vorhanden ist. Anschließend fügen Sie das Flathup-Repository hinzu:

```
flatpak remote-add flathub ↵
          ↳https://flathub.org/repo/↵
                ↳flathub.flatpakrepo
```

In den Anwendungen finden Sie jetzt zwei ähnlich aussehende Software-Programme: „Ubuntu Software“ und zusätzlich schlicht „Software“, das Gnome-Software startet. Mit Gnome-Software installieren Sie nun so weit vorhanden Programme über Flathub. Gibt es dasselbe Programm sowohl auf Flathub als auch in den Ubuntu-Quellen, fasst es beide Einträge zusammen. Über eine Auswahlliste rechts in der Fensterleiste wählen Sie aus, welche Variante der Anwendung installiert werden soll. Achtung: Wenn Sie das Paket `gnome-software-plugin-snap` installieren, geht diese praktische Funktion verloren.

Ein weiterer Vorteil von Gnome-Software: Es integriert seine Suchfunktion in die des Desktops. Möchten Sie über die Suche eine Anwendung öffnen, die nicht installiert ist, dann taucht bei den Suchergebnissen auch Gnome-Software auf. Von da an ist das Programm mit wenigen Klicks nachinstalliert.



Gnome Sushi ergänzt den Dateimanager Nautilus um eine schnelle Vorschau. Diese ruft man über die Leertaste auf.

Codecs und mehr Vorschau

Während man in früheren Ubuntu-Versionen noch selbst zusätzliche Multimedia-Codecs nachrüsten musste, ist das mittlerweile nicht mehr nötig. Bereits während der Installation können Sie zusätzliche und auch unfreie Codecs auswählen. Haben Sie den Punkt übersprungen oder fehlt doch noch etwas, installieren Sie mit `apt` das Paket `ubuntu-restricted-addons`. Weitere Codecs sowie das Microsoft-Schriftenpaket installiert das Paket `ubuntu-restricted-extras`.

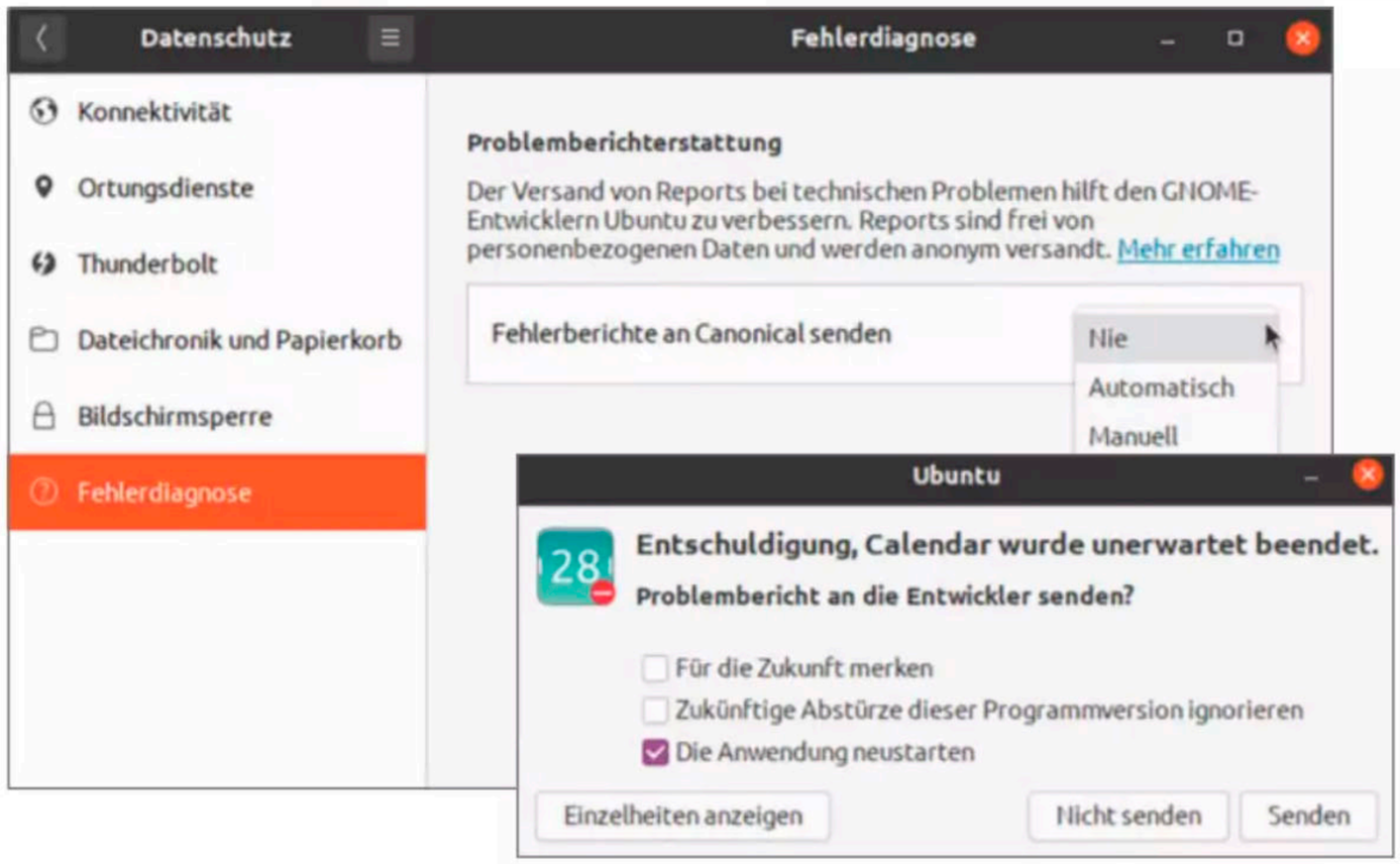
Eine große Hilfe ist Gnome Sushi, das den Dateimanager Nautilus um eine erweiterte Vorschau ergänzt. Gnome Sushi installieren Sie über das Terminal mit:

```
sudo apt install gnome-sushi
```

Danach ist die Vorschaufunktion unmittelbar im Dateimanager verfügbar. Wenn Sie die Leertaste drücken, zeigt ein Vorschaufenster Bilder, Texte, Office-Dokumente und PDFs an und spielt auch Audio- und Videodateien ab. So müssen Sie diese nicht erst in einer separaten Anwendung öffnen. Hat Sushi für einen Dateityp keine spezifische Vorschaufunktion, zeigt es immerhin Details wie Änderungsdatum und Größe an.

Einstellungssache

Manche Detaileinstellungen sind Geschmackssache oder eine Frage von Gewöhnung. So auch die Rich-



Erkennt Ubuntu den Absturz einer Anwendung, will es eine Fehlermeldung an die Entwickler schicken. Dies untersagen Sie in den Einstellungen unter Datenschutz.

tung, in die man mit dem Touchpad scrollt. Gnome richtet sich nach dem Bewegungsmuster auf einem Touchscreen und nennt es „Natürlichen Bildlauf“. Wenn Sie die Scrollrichtung irritiert und lieber so scrollen wollen, wie Sie es von der Maus gewöhnt sind, dann öffnen Sie in den Einstellungen „Maus und Tastfeld“ und deaktivieren den „Natürlichen Bildlauf“.

Stürzt eine Anwendung ab, bietet Ubuntu an, einen automatischen Fehlerbericht an die Entwickler zu schicken. Um dieses Verhalten abzustellen, öffnen Sie in den Einstellungen „Datenschutz/Fehlerdiagnose“ und stellen die Option von „Fehlerberichte an Canonical senden“ auf „Nie“. Alternativ setzen Sie beim ersten Erscheinen des Problembericht-Dialogs einen Haken bei „Für die Zukunft merken“ und klicken dann auf die Schaltfläche „Nicht senden“.

Die digitale Müllabfuhr übernimmt Ubuntu, wenn Sie in den Einstellungen unter „Datenschutz“ im Abschnitt „Dateichronik und Papierkorb“ die entsprechenden Optionen anschalten. Ubuntu leert dann den Papierkorb in regelmäßigen Abständen automatisch und verwirft auch temporäre Dateien nach einer bestimmten Zeit, beispielsweise nach 30 Tagen. So läuft der Datenträger nicht wegen unwichtiger Daten voll. Was im Papierkorb liegt, ist dann allerdings nach Ablauf der Zeit auch dauerhaft weg.

Einen Abschnitt weiter passen Sie die Bildschirmsperre an. Die ist recht knapp eingerichtet und sperrt den Bildschirm bereits nach fünf Minuten, um ungebetene Gäste fernzuhalten. Aber ein kurzer Plausch mit den Kollegen oder das Lesen eines analogen Artikels reichen aus und schon muss man sich wieder mit dem eigenen Passwort anmelden. Hier hilft es, die Bildschirmabschaltung und die Bildschirmsperre zu entkoppeln. Ändern Sie dazu bei „Verzögerung bis zur automatischen Bildschirmsperre“ von „Bildschirm schaltet ab“ zu einem der Zeitwerte. Der Countdown läuft, sobald sich der Monitor verdunkelt. So versperrt der abgeschaltete Monitor neugierigen Augen den Bildschirminhalt, aber die Passworteingabe wird erst nach einer längeren Pause fällig. Natürlich sollte man den Rechner für die Zeit im Blick haben oder ihn manuell mit Super+L sperren.

Optimierungen

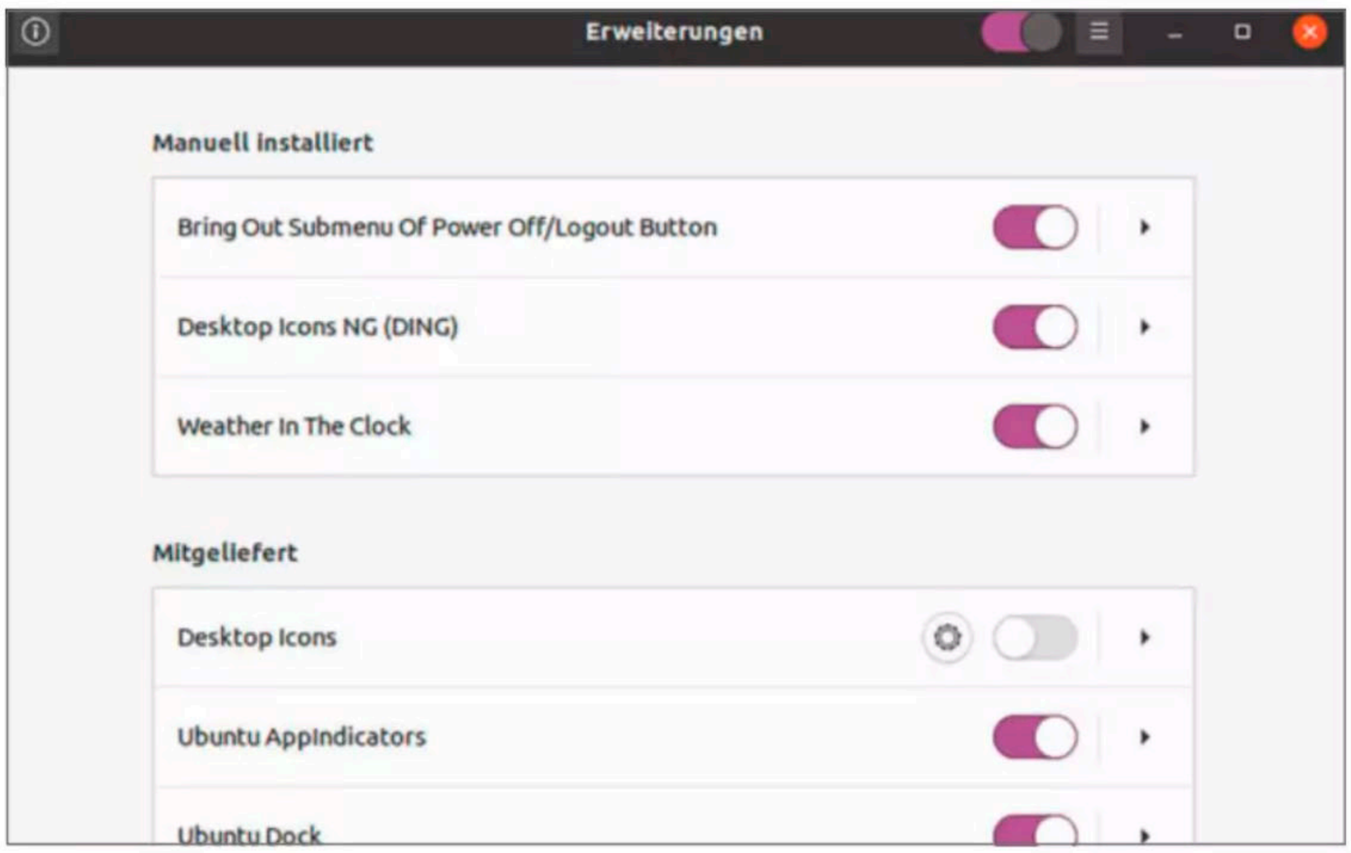
Die Gnome-Entwickler möchten die Bedienoberfläche so schlicht wie möglich halten und bieten deshalb nur eine überschaubare Anzahl an Optionen in den Einstellungsdialogen an. Daran hat auch das Ubuntu-Team nichts geändert. Für Power-User und Individualisten gibt es aber eine Alternative: das Programm „Gnome Optimierungen“, früher auch als Gnome Tweak Tool bekannt. Dieses Werkzeug liefert viele weitere Einstellungensoptionen, ohne über das Terminal in den Eingeweiden des Desktops hantieren zu müssen. Installieren Sie „Gnome-Optimierung“ (sic!) aus der grafischen Software-Anwendung oder das Paket `gnome-tweaks` über das Terminal.

Wenn Sie mehrere Monitore verwenden, können Sie mit „Gnome Optimierungen“ die virtuellen Arbeitsflächen für alle Bildschirme freischalten. Setzen Sie dazu unter „Arbeitsflächen“ den Haken bei „Arbeitsflächen übergreifen mehrere Bildschirme“. Bei Bedarf ändern Sie hier auch das Verhalten modaler Dialoge, also jenen, die wie der Speichern-Dialog das Hauptfenster blockieren. Möchten Sie diese unabhängig vom Hauptfenster verschieben, dann deaktivieren Sie im Abschnitt „Fenster“ die Option „Modale Dialoge anhängen“. Doch bei aller Begeisterung fürs Finetuning: Bedenken Sie Nebenwirkungen. So kann ein modaler Dialog aus dem Blickfeld geraten und man wundert sich, warum das Hauptfenster nicht reagiert. Möchten Sie zu den Vorgaben der Entwickler zurückkehren, wählen Sie im Menü von „Gnome Optimierungen“ den Eintrag „Auf Voreinstellung zurücksetzen“.

Über „Gnome Optimierungen“ ist es leichter, bei der Anmeldung automatisch startende Programme hinzuzufügen. Wechseln Sie dazu in den Abschnitt „Startprogramme“ und klicken Sie auf die „Hinzufügen“-Schaltfläche. Das gewünschte Programm wählen Sie aus der Liste oder über die Suche aus. Zwar gibt es auch eine separate Systemanwendung namens Startprogramme, doch darin müssen Sie den Namen und Pfad zu den Programmen von Hand eingeben. Dort können Sie aber wiederum einzelne Startprogramme temporär deaktivieren.

Erweiterungen

Der Funktionsumfang des Ubuntu-Desktops ist nicht in Stein gemeißelt. Mit praktischen Erweiterungen können Sie ihm weitere Funktionen hinzufügen. Auch die Ubuntu-Entwickler haben so ihre Anpassungen an der Gnome-Oberfläche vorgenommen. Weitere Erweiterungen installieren Sie mithilfe von Firefox über die Website extensions.gnome.org, von denen wir die interessantesten auf Seite 62 vorstellen. Neu und besonders für Ubuntu-Desktop praktisch ist eine Erweiterung für Dateien auf dem Schreibtisch – dazu gleich mehr.



Mit dem neuen Werkzeug „Gnome Erweiterungen“ können Sie nicht nur Erweiterungen nachinstallieren, sondern auch die von Ubuntu vorinstallierten abschalten.

Damit Sie mit Firefox Erweiterungen einspielen können, müssen Sie zunächst das Paket `chrome-gnome-shell` installieren, das eine Schnittstelle zwischen Browser und Desktop einrichtet. Besuchen Sie dann die Website „extensions.gnome.org“ und klicken Sie dort auf den Link „Klicken Sie hier, um die Browser-Erweiterung zu installieren“ und bestätigen Sie mit „Installation fortsetzen“. Anschließend können Sie über die Suche eine Erweiterung auswählen und mit dem Anschalter oben rechts installieren und aktivieren. Unter „Installierte Erweiterungen“ sehen Sie drei von Ubuntu vorinstallierte Erweiterungen (Desktop Icons, AppIndicators und Dock). Diese Systemerweiterungen können Sie über die Webseite nicht abschalten.

Dafür verwenden Sie das neue Tool „Gnome Erweiterungen“, das es seit Ubuntu 20.04 gibt. In der Software-Verwaltung finden Sie das Tool schlicht als „Erweiterungen“; alternativ installieren Sie mit apt das Paket `gnome-shell-extension-prefs`. Mit der Anwendung können Sie die Erweiterungen konfigurieren, an- und abschalten sowie deinstallieren, aber keine neuen Erweiterungen hinzufügen.

Leider klappt in Ubuntu 20.04 die Installation von Erweiterungen nicht mehr mit dem Chromium-Browser, da dieser als abgekapseltes Snap-Paket installiert wird und so keinen Zugriff auf die notwendigen Schnittstellen hat. Zwar sind auch über die Ubuntu-Quellen und `apt` diverse Erweiterungen installierbar, aber diese sind meist veraltet und Sie können als Benutzer dafür keine Updates über die Extension-Website einspielen.

Dateien auf dem Desktop – gar nicht oder besser

Mit dem Programm „Gnome Erweiterungen“ können Sie auch die im Ubuntu Desktop vorinstallierten Erweiterungen deaktivieren. Über die Website oder mit „Gnome Optimierungen“ klappt es hingegen nicht. Im Unterschied zu den Gnome-Entwicklern hat sich das Ubuntu-Team dazu entschieden, Dateien und Verzeichnisse auf dem Desktop anzuzeigen – die Aufgabe übernimmt die vorinstallierte Erweiterung „Desktop Icons“. Soll Ihr Desktop stattdessen völlig leer sein und keine Symbole bereithalten, dann deaktivieren Sie die Extension in „Gnome Erweiterungen“ oder über das Terminal mit dem Befehl:

```
gnome-extensions disable ↵
  ↳desktop-icons@csoriano
```

Das kann auch sinnvoll sein, wenn Sie Fan von Desktop-Symbolen sind. Die Ubuntu-Lösung erlaubt weder Dateien mit den gewohnten Tastenkürzeln für Copy & Paste noch mit Drag & Drop aus dem Dateimanager auf den Desktop oder zurück zu kopieren beziehungsweise zu verschieben. Abhilfe schafft die Erweiterung „Desktop Icons NG (DING)“. Deaktivieren Sie zunächst wie oben beschrieben die Ubuntu-Erweiterung und installieren Sie dann DING. Danach klappt Drag & Drop und Copy & Paste wie einst bei Unity und alten Gnome-Versionen. Die Links zu allen genannten Erweiterungen finden Sie unter ct.de/w2dx.

Literatur

[1] Thorsten Leemhuis, **Linux erfindet sich neu**, App-Formate sollen Softwareinstallation bei Linux revolutionieren, c’t 13/2018, S. 72

Erweiterungen und App-Stores für Linux

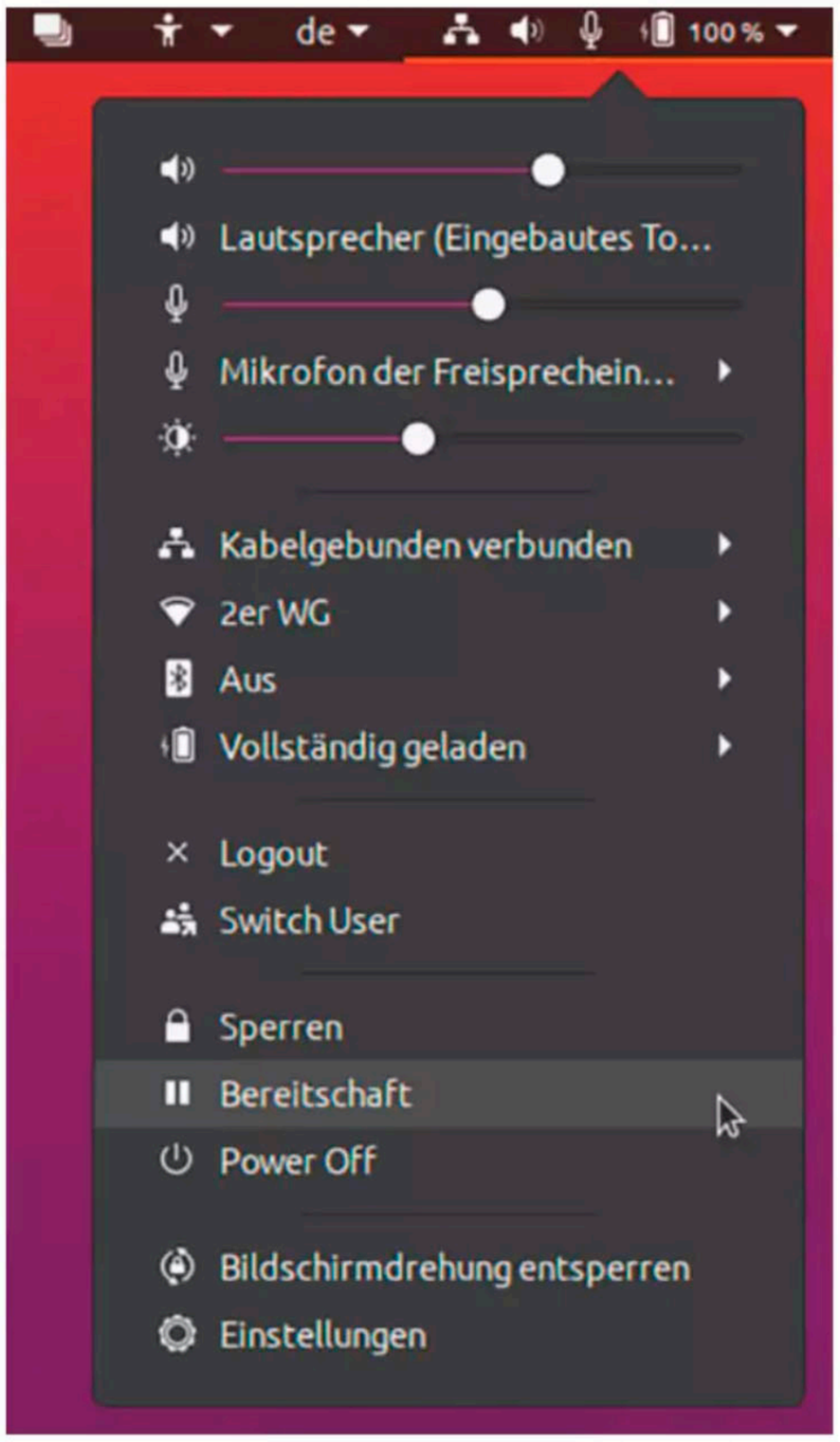
ct.de/w2dx

Laufwerke im Dock

Auf dem gleichen Weg können Sie auch das Ubuntu-Dock abschalten. Dann wird in der Aktivitätenübersicht wieder der Gnome-Dash als Programmstarter angezeigt. Kurioserweise bleiben aber Dock-Tastenkürzel wie Super+1 für Firefox weiter aktiv.

Das Ubuntu-Dock listet nicht nur Favoriten und laufende Programme auf, sondern auch angeschlossene Laufwerke. Ist Ihnen das zu unübersichtlich, schalten Sie deren Anzeige im Dock mit einer versteckten Einstellung ab. Öffnen Sie dazu das Terminal und geben dort Folgendes ein:

```
gsettings set ↵
↳ org.gnome.shell.↵
        ↳extensions.dash-to-dock ↵
↳ show-mounts false
```



Mit Erweiterungen passen Sie das Systemmenü an. So ordnen Sie Einträge anders an oder passen es ans dunkle Design an.

Möchten Sie die Laufwerke wieder anzeigen, geben Sie den Befehl erneut ein, aber ändern das `false` am Ende zu `true`.

Bedienleiste aufmotzen

Seit Ubuntu 20.04 gibt es ein dunkles Design, das die gesamte Bedienoberfläche in dunklem Grau mit heller Schrift darstellt. Das Theme aktivieren Sie über die Einstellungen unter „Darstellung / Farben der Fenster“. Um auch die Menüs in der oberen Leiste im dunklen Layout darzustellen, installieren Sie zunächst die Gnome-Erweiterung „User Themes“. Anschließend öffnen Sie in „Gnome Optimierungen“ den Abschnitt „Erscheinungsbild“ und ändern das Shell-Theme auf „Yaru-dark“. Mit Shell ist die für den Desktop verantwortliche Gnome-Shell gemeint. Die Änderung wirkt sich unmittelbar aus. Die Einstellung ist unabhängig vom gewählten Farbthema.

Mit Gnome 3.36 sind im Systemmenü die Buttons für Ausschalten, Bereitschaft und Abmelden der Übersichtlichkeit halber in ein neues Untermenü gewandert. Wenn Sie den direkten Zugriff auf die Funktionen bevorzugen, installieren Sie die Erweiterung „Bring Out Submenu Of Power Off / Logout Button“. Diese zieht die Einträge aus dem Untermenü raus und listet sie nach Gruppen unterteilt auf.

Die Entwickler haben auch das Kalendermenü überarbeitet, doch es lohnt sich, hier noch mal selbst Hand anzulegen. Erste Station dafür ist „Optimierungen/Obere Leiste“: Schalten Sie dort nach Bedarf die Anzeige von Wochentag und Kalenderwoche an. Wenn Sie „Gnome Uhren“ beziehungsweise Clocks (`gnome-clocks`) installieren, können Sie dem Kalendermenü auch Weltuhren hinzufügen. So klingeln Sie die ferne Verwandtschaft nicht aus Versehen aus dem Bett. Mit installiertem Gnome Wetter (`gnome-weather`) zeigt das Menü eine Wettervorhersage für die nächsten Stunden an. Die Erweiterung „Weather In The Clock“ nutzt die Daten der App „Gnome Wetter“, um die aktuelle Temperatur und Witterung neben der Uhr in der oberen Leiste anzuzeigen.

Mit Augenmaß

Glücklicherweise hat man als Gnome-Anwender bei vielen Einstellungen und Vorgaben das letzte Wort, auch wenn diese versteckt sind oder man sich mit einer Erweiterung behelfen muss. Dabei sollten Sie aber mit Augenmaß vorgehen, denn die Änderungen können auf Kosten der Benutzerfreundlichkeit und Konsistenz der Bedienung gehen. (ktn) c't



Desktop aufpeppen mit Erweiterungen

Mit Erweiterungen fügt man dem Gnome-Desktop neue Funktionen hinzu und ändert das Aussehen der Bedienoberfläche. So ist man nicht auf die Vorgaben der Entwickler festgelegt. Das klappt auch beim darauf basierenden Ubuntu-Desktop.

Von **Keywan Tonekaboni**

Die Desktopumgebung Gnome 3 und der Firefox-Browser haben was gemeinsam: ein ausgewogenes, nicht überladenes Bedienkonzept, das man über Erweiterungen an die eigenen Bedürfnisse anpassen kann. Erweiterungen für die Gnome Shell können ziemlich viel an Menüs, Funktionen und Verhalten verändern, quasi bis zur Unkenntlichkeit. Auch das Gnome-Projekt nutzt Erweiterungen, um im Modus „Gnome Classic“ die Oberfläche mit dem alten Konzept von Gnome 2 anzuzeigen. Gleiches gilt für den Ubuntu-Desktop, der standardmäßig mit speziellen Erweiterungen startet, um das Aussehen und Verhalten der früher genutzten Unity-Bedienoberfläche zu realisieren.

Wir stellen einige Extensions vor, die wir für interessant halten. Darunter sind sowohl populäre Erweiterungen als auch weniger bekannte. Voraussetzung für die Auswahl war, dass die Erweiterungen

mit der in Ubuntu Desktop 20.04 LTS verfügbaren Gnome-Version 3.36 kompatibel sind. Dies schließt alte, verwaiste Erweiterungen von vornherein aus. Auch Erweiterungen mit unverhältnismäßig vielen Abhängigkeiten zu anderen Programmen haben wir ausgespart. Manche der Erweiterungen sind leider mit aktuelleren Gnome-Versionen nicht mehr kompatibel. Außerdem geben wir Tipps, wie man im Problemfall vorgeht.

Wie man die Erweiterungen installiert, erklären wir im Kasten auf dieser Seite.

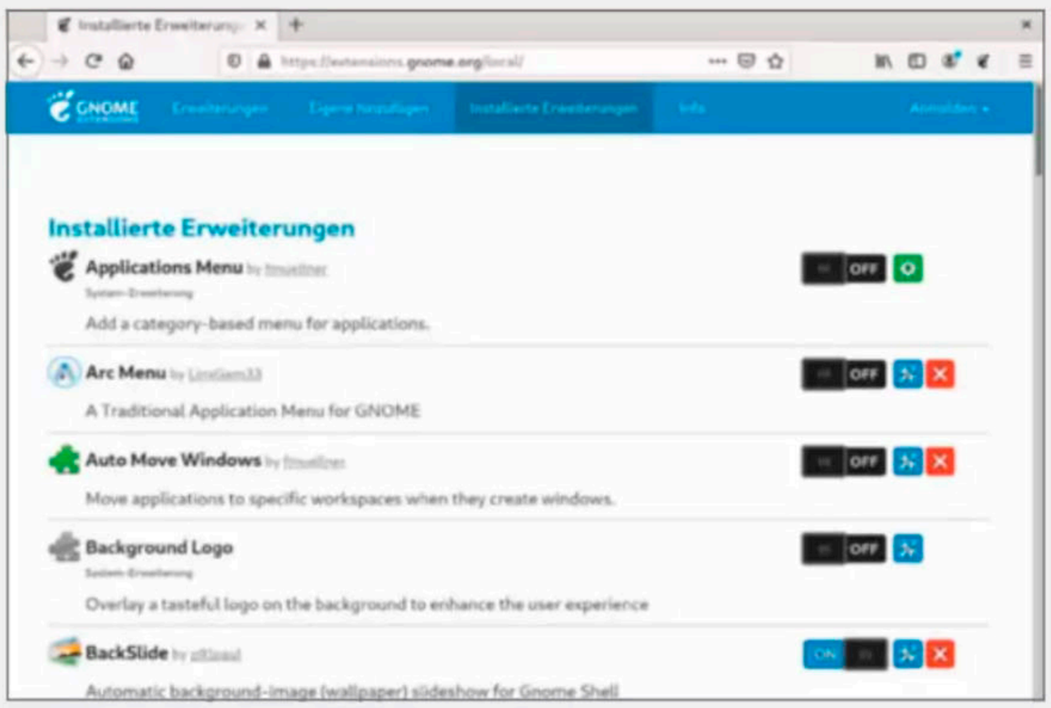
Vorab ein Wort der Warnung: Extensions rüsten viele praktische Funktionen nach und verbessern im Idealfall das persönliche Wohlbefinden – die „User Experience“. Wie bei den Browser-Erweiterungen kann es aber Wechselwirkungen unter den Erweiterungen geben, die zur Instabilität der Gnome Shell führen. Üblicherweise richten diese aber keinen bleibenden Schaden an. Nach der Deinstallation, aber spätestens einer anschließenden Neuanmeldung, verhält sich der Gnome-Desktop wieder wie gewohnt.

Erweiterungen installieren

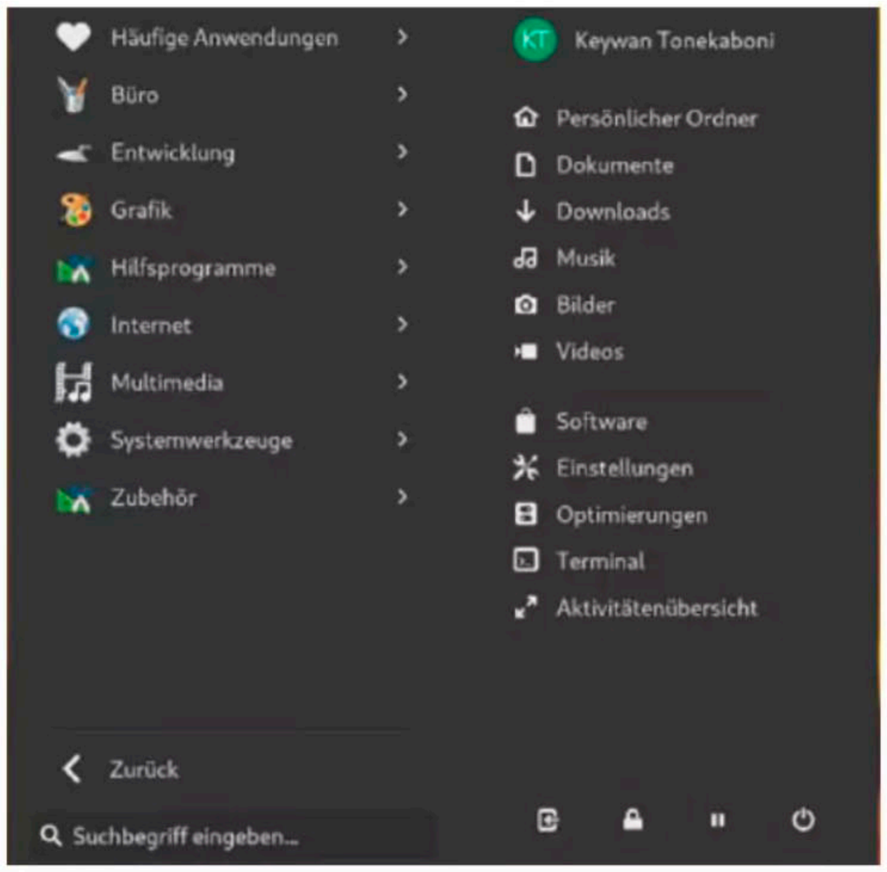
Am einfachsten findet und installiert man Erweiterungen über die offizielle Website extensions.gnome.org. Hier gibt es einen Katalog aller eingereichten Extensions, die vorher von Gnome-Entwicklern begutachtet wurden. Die Prüfer kontrollieren einige Vorgaben und schauen, dass die Erweiterung keinen Schadcode enthält, ähnlich wie es Firefox bei den Erweiterungen handhabt. Alle im Artikel vorgestellten Erweiterungen erhält man aus dieser Quelle. Zwar lassen sich Extensions auch von GitHub und Entwickler-Webseiten herunterladen und installieren, aber das ist ohne Prüfung sicherheitstechnisch bedenklich, da die Erweiterungen vollen Zugriff auf den Desktop und somit alle Nutzerdaten haben.

Praktischerweise lassen sich die Extensions auf extensions.gnome.org nicht nur filtern, durchsuchen und sortieren, sondern auch mit einem Klick direkt in die eigene Gnome Shell installieren. Dazu muss man beim ersten Aufruf der Website zunächst eine Browser-Erweiterung installieren. Diese läuft sowohl unter Firefox als auch Google Chrome respektive Chromium. Damit die Browser-Erweiterung mit der Gnome Shell kommunizieren kann, braucht es noch den nativen Host-Connector, der dieser Tage oft vorinstalliert ist. Falls nicht, installieren Sie diesen in gängigen Distributionen über das Paket `chrome-gnome-shell` nach. Aus der Sandbox von Flatpak und Snap ist der Host-Connector ohne Weiteres nicht erreichbar. Der Browser darf aber nicht über Flatpak oder Snap installiert sein, da er dann in einer Sandbox eingesperrt läuft und auf den Host-Connector nicht zugreifen kann.

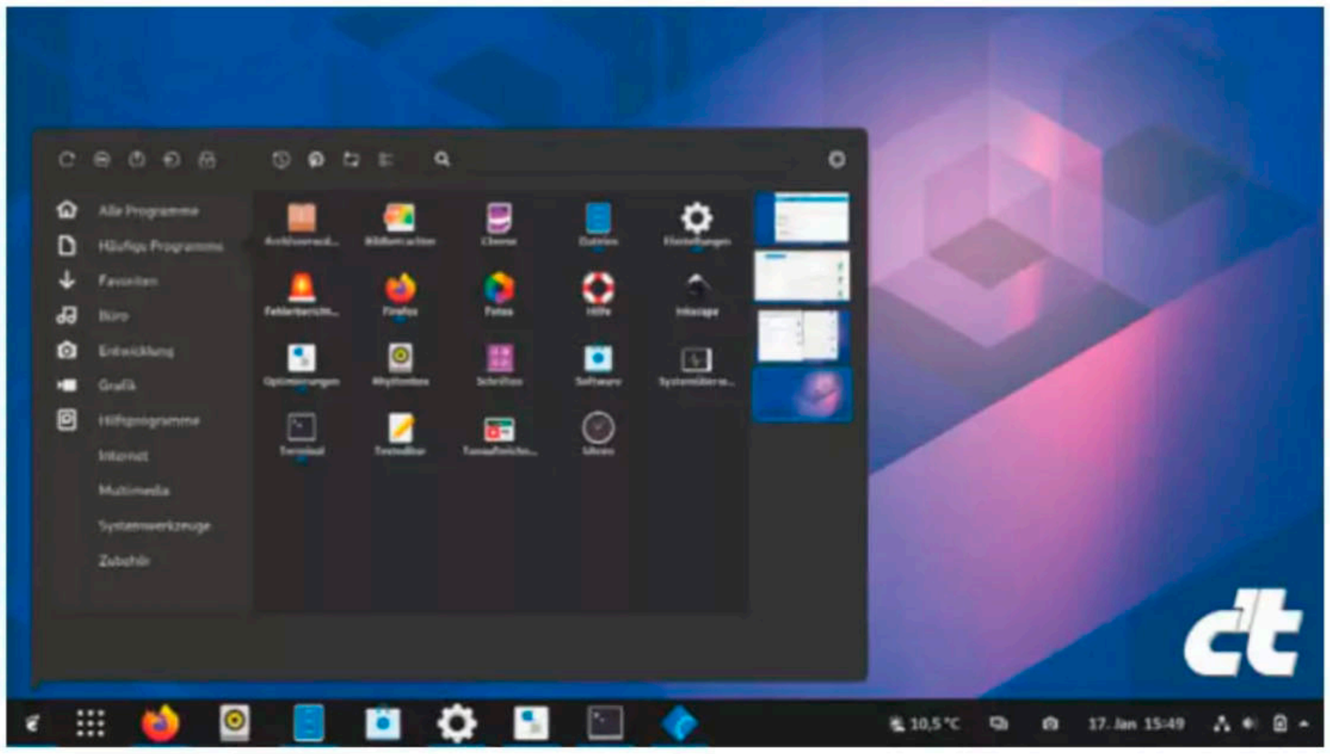
Haben Sie die Erweiterung installiert, dann ändern Sie am besten den Suchfilter auf der Website so um, dass nur die zu Ihrer Gnome-Version kompatiblen Erweiterungen angezeigt werden. Dazu stellen Sie bei „Kompatibel zu“ den Wert von „all versions“ auf „current version“ um. Suchen Sie dann nach der gewünschten Erweiterung. In der Detailansicht jeder Erweiterung finden Sie einen An-/Aus-Schalter. Schieben Sie diesen zum Einschalten nach rechts, wird die Extension installiert und anschließend aktiviert. Danach können Sie über den Schieberegler die Erweiterung an- und ausschalten. Um eine Liste aller installierten Erweiterungen anzusehen, klicken Sie auf der Extension-Website in der oberen Navigation auf „Installierte Erweiterungen“ (siehe ct.de/wuzb). Hier finden Sie neben jedem Eintrag einen Schieberegler zum Ein- und Ausschalten und, falls es Einstellungen gibt, auch eine Schaltfläche dafür.



Über die Extensions-Website des Gnome-Projektes verwaltet man auch die lokal installierten Erweiterungen. Dort schaltet man diese ein und aus, aktualisiert sie oder öffnet deren Einstellungen.



„ArcMenu“ ist ein Anwendungsmenü für die Bedienleiste mit Suche, Favoriten und Zugriff auf die Systemeinstellungen.



„Dash to Panel“ verwandelt die Bedienleiste und das Gnome Dash mit den Programmen in eine Taskleiste. Kombiniert mit Gno-Menu bekommt man den klassischen Look von Desktop-Umgebungen.

Wieder ein Hauptmenü

Zu den meistgenutzten Erweiterungen zählen jene, die ein Anwendungsmenü nachrüsten. Dies bietet auch **ArcMenu**, aus dem man Anwendungen startet oder Verzeichnisse öffnet. Es sortiert die Anwendungsstarter in Kategorien ein, die man durchsuchen kann. Zudem bietet das Menü Zugriff auf wichtigen Funktionen wie Rechner sperren oder ausschalten. Es ähnelt dem Startmenü von Windows 7 und integriert sich nahtlos in die Gnome-Umgebung.

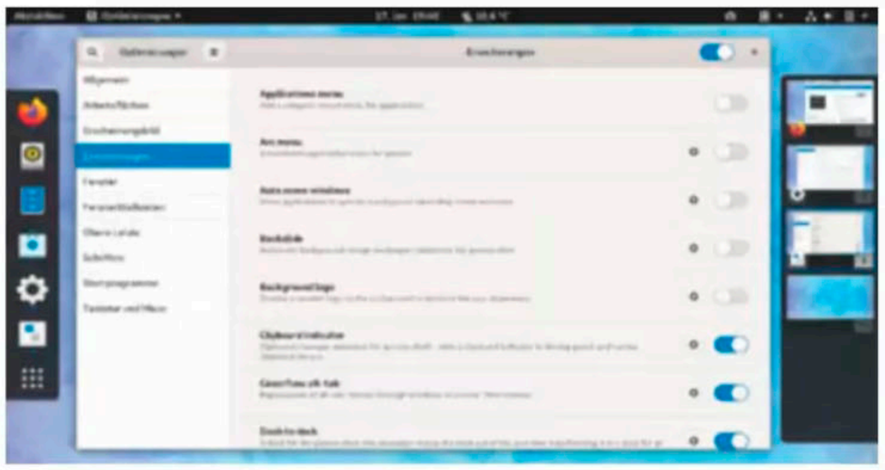
ArcMenu funktioniert gut in der Bedienleiste am oberen Bildschirmrand, oft Panel genannt. Es integriert sich aber auch problemlos in eine Taskleiste am unteren Rand, ähnlich wie bei der Leiste in Cinnamon.

Die Erweiterung **Dash to Panel** verwandelt den seitlichen Dash, der Favoriten und offene Anwendungen enthält, zu einer modernen Taskleiste am unteren Bildschirmrand. Dieser enthält zusätzlich zu den Dash-Elementen alle Einträge aus der oberen Leiste, wie Kalender, Indikatoren für Netzwerk oder Akkustand und das Systemmenü oben rechts.

Mehr Docks

Wenn Sie ein Dock ähnlich wie bei macOS wünschen, probieren Sie die Erweiterung **Dash to Dock** aus. Dieses zeigt am Bildschirmrand große Programmicons der Favoriten und der offenen Anwendungen. Der Dash ist dann ständig zu sehen und nicht nur, wenn man die Aktivitäten-Übersicht öffnet, beispielsweise durch Drücken der Super-Taste (auch als Windows-Taste bekannt). Die Erweiterung blendet den Dash aber automatisch aus, sobald ein Fenster darüber schwebt. Ubuntu hat ein ähnliches Dock entwickelt, das aber fest den Platz beansprucht. Dieses „Ubuntu Dock“ ist mit „Dash to Dock“ inkompatibel.

Workspaces to Dock erzeugt am rechten Bildschirmrand ein Dock mit allen Arbeitsflächen. Die Gnome Shell zeigt sie ohne die Erweiterung sonst nur in der Aktivitäten-Übersicht an. Ebenso wie bei „Dash to Dock“ blendet sich das Arbeitsflächen-Dock aus, wenn ein Fenster den Platz beansprucht. Die



Wenn „Dash to Dock“ (li.) die Programmstarter und „Workspaces to Docks“ die Arbeitsflächen als Dock einblendet, muss man nur noch selten die Aktivitäten-Übersicht öffnen.

beiden Dock-Erweiterungen bilden gemeinsam ein praktisches Tandem, um Programme zu starten und Fenster auf verschiedene Arbeitsflächen zu verteilen.

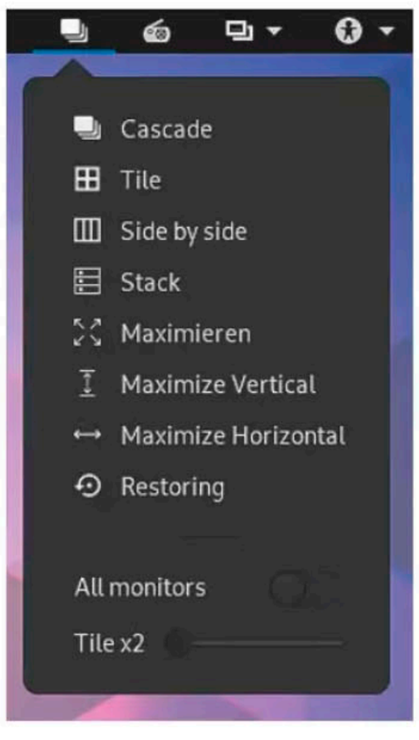
Tapetenwechsel

Wer sich nach Abwechslung sehnt, kann auch regelmäßig das Hintergrundbild ändern. **Backslide** übernimmt das automatisch wie eine Diashow. Man fügt lediglich die gewünschen Bilder zum Pool der Erweiterung hinzu und wählt ein Intervall, in dem das Hintergrundbild ausgetauscht wird. Passt eines mal nicht zur eigenen Stimmung, überspringt man dieses mit einem Klick im Backslide-Menü in der oberen Leiste.

Wem das eigene Bilder-Repertoire nicht ausreicht, der verwendet stattdessen eines der zahlweichen anderen Wallpaper-Erweiterungen. **Nasa APOD Wallpaper Changer** lädt täglich das Astronomie-Foto der US-amerikanischen Weltraumagentur herunter und setzt dieses als Hintergrundbild. Interessierte finden zusätzlich die ebenfalls bereitgestellte Erklärung zum Foto durch. Vergleichbare Erweiterungen gibt es auch für Fotos von Wikimedia, Bing, Google Earth, Usplash, Reddit und mehr. Diese finden Sie auf der Erweiterungs-Website des Gnome-Projektes, wenn Sie nach dem Stichwort „Wallpaper“ suchen.

Fenster verwalten

Arrange Windows unterstützt dabei, mehrere Fenster auf der aktuellen Arbeitsfläche im Handumdrehen nebeneinander zu platzieren. Hierfür hat man die Wahl, ob die Fenster in Spalten, Zeilen, Stapeln oder in Kacheln angeordnet werden. Das klappt sogar mit mehreren Monitoren zuverlässig. Alternativ kann man auch nur die Breite oder Höhe des fokussierten Fensters maximieren. Gerade auf großen Monitoren ist diese Erweiterung hilfreich.



Mit einem Klick ordnet „Arrange Windows“ alle geöffneten Fenster nach dem gewünschten Muster an.

Einen anderen Ansatz verfolgt **gTile**, das den Bildschirm in ein Raster aufteilt. Dieses Raster erscheint auf Super+Enter in einem Dialog, über den man die Position und Größe des fokussierten Fensters verändert. Das Raster hilft, mehrere Fenster schnell nebeneinander zu ordnen, statt von Hand millimetergenau die Größen aneinander anzupassen.

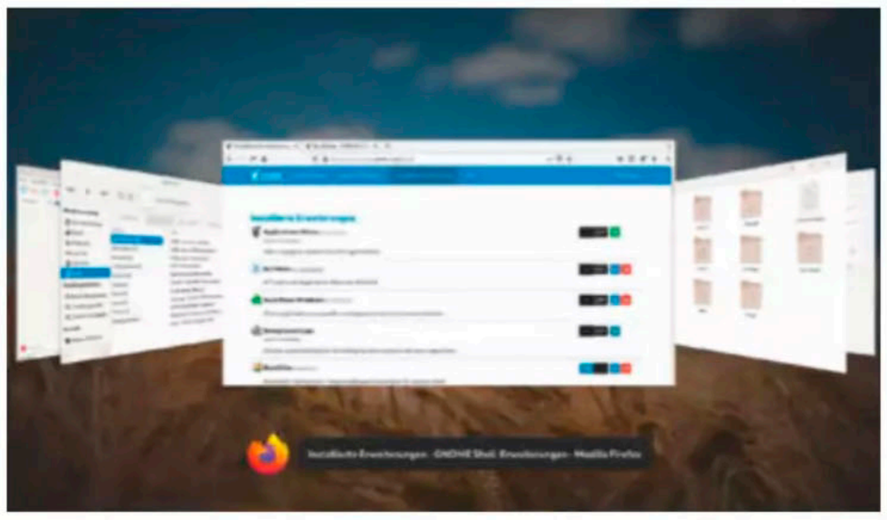
ShellTile gruppiert mehrere Fenster. Dazu schieben Sie mit gedrückter Strg-Taste ein Fenster in ein zweites. Die Fenster teilen sich dann über den Bildschirm auf und bilden eine Gruppe. Ab dem dritten Fenster wird eines der vorherigen Fenster verkleinert. Schieben Sie ein Fenster der Gruppe auf eine andere Arbeitsfläche, folgen die anderen mit.

Will man hingegen Anwendungen automatisch auf eine bestimmte Arbeitsfläche platzieren, bietet sich **Auto Move Windows** an. Das ist praktisch, um nach dem Anmelden automatisch gestartete Anwendungen zu verteilen. Gehen Sie dazu in die Einstellungen der Extension. Öffnen Sie dazu das Programm „Erweiterungen“ (`gnome-extensions-app` aus dem Paket `gnome-shell-extension-prefs`) und klicken bei „Auto Move Windows“ auf das Zahnrad. Fügen Sie dort das gewünschte Programm hinzu und wählen die Nummer der gewünschten Arbeitsfläche aus, wobei „1“ für die oberste steht. Aber Obacht: Legt man beispielsweise für Firefox fest, dass dieser auf Arbeitsfläche 2 verschoben werden soll, dann landet jedes neu erzeugte Fenster dort. Bei unseren Tests verhinderte die Erweiterung aber, dass eine neue leere Arbeitsfläche erzeugt wird, sobald ein Fenster auf die letzte freie Arbeitsfläche geschoben wird.

Fenster wechseln in hübsch

Die Erweiterung **Coverflow Alt-Tab** trägt optisch dick auf, indem es beim Durchschalten mit Alt+Tab eine animierte Vorschau der Fenster zeigt. Das ähnelt dem Durchblättern einer Plattensammlung, weshalb einst Apple bei iTunes den Effekt Coverflow nannte, daher der Name. Durch die große Vorschau sind die Fenster gut zu erkennen. In den Einstellungen haben Sie die Wahl, ob nur die Fenster der aktuellen Arbeitsfläche angezeigt werden oder die von allen.

Ebenso optisch ansprechend, aber auf eine sehr dezente Art, ist die Erweiterung **Switcher**. Deren Tastenkombination Super+W öffnet ein Suchfeld mit einer Liste aller offenen Fenster. Diese filtern Sie per Eingabe eines Suchbegriffs und wählen dann mit der Tastatur oder Maus den gewünschten Eintrag aus. Mit der Tastenkombination Super+X startet Switcher als Launcher, über den Sie eine gewünschte Anwendung suchen und starten. Das bietet zwar



Mit „Coverflow Alt-Tab“ wechselt man die Fenster mit einem hübschen Effekt. Das ist praktisch, weil man durch die Vorschau eher das gewünschte Fenster findet.

auch die Gnome Shell in der Aktivitäten-Übersicht, aber Switcher ist übersichtlicher und schneller.

Die richtige Verbindung

Extensions ändern nicht nur das Look'n'Feel, sondern rüsten auch praktische Zusatzfunktionen nach. Die Erweiterung **GSConnect** verbindet Smartphone oder Tablet mit dem Gnome-Desktop [1]. Sind beide Geräte im selben Netzwerk und miteinander gekoppelt, kann man Dateien übertragen, das Mobilgerät als PC-Fernbedienung verwenden oder die Medienwiedergabe auf dem jeweils anderen Gerät steuern. Auf dem Android-Gerät muss dazu die App „KDE Connect“ installiert sein, auf das GSConnect aufbaut. Auf dem Linux-Rechner reicht GSConnect aus, das ohne zusätzliche KDE-Bibliotheken auskommt.

Die Auswahl der richtigen Soundkanäle erleichtert **Sound Input & Output Device Chooser**, indem es das Systemmenü in der rechten Ecke um entsprechende Einträge ergänzt. Unter dem Lautstärkeregler wählt man aus einem Untermenü die gewünschte Ausgabe und wechselt mit einem Klick von den internen Lautsprechern zur HDMI-Übertragung oder zum Bluetooth-Kopfhörer. Zudem fügt die Erweiterung einen Schieberegler für die Aufnahmelautstärke hinzu nebst einem Menü zum gewünschten Eingangskanal, zum Beispiel den Mikrofon-Eingang an der Vorder- oder Rückseite des PC-Gehäuses. Benötigen Sie nur die Einträge für Eingang oder Ausgang, deaktivieren Sie die anderen Menüpunkte in den Einstellungen der Erweiterung.

Benachrichtigungen nachjustieren

Die Gnome Shell zeigt Benachrichtigungen als kurzes Pop-up mittig unter der oberen Leiste an und sammelt diese im Kalendermenü, das sich hinter Datums- und Uhrzeit-Anzeige versteckt. Wer das Benachrichtigungsfeld lieber in ein eigenes Menü auslagert, benutzt das **Notification Center**. Dieses lässt sich nach Belieben in der oberen Leiste platzieren, und zwar mittig, links oder rechts. Die Kalendereinträge sind dann aber doppelt in beiden Menüs vorhanden. Das Notification Center bietet zusätzlich eine Nicht-Stören-Funktion, die neue Benachrichtigungen nicht als Pop-up einblendet. Benötigt man nur diese Funktion, empfiehlt sich stattdessen die Erweiterung **Do Not Disturb Button**, die ebenfalls in der oberen Leiste als Glocke eingeblendet wird.

Mit **Panel OSD** legt man selbst fest, wo die Mitteilungen angezeigt werden. Alternativ wandelt man mit der Erweiterung **Notification Alert** die Datum- und Uhrzeit-Anzeige in ein Signallicht um. Diese blinkt dann bei eingehenden Benachrichtigungen rot auf. In den Einstellungen lässt sich die Farbe in einen weniger aufdringlichen Ton ändern und Anwendungen auf eine White- oder Blacklist setzen.

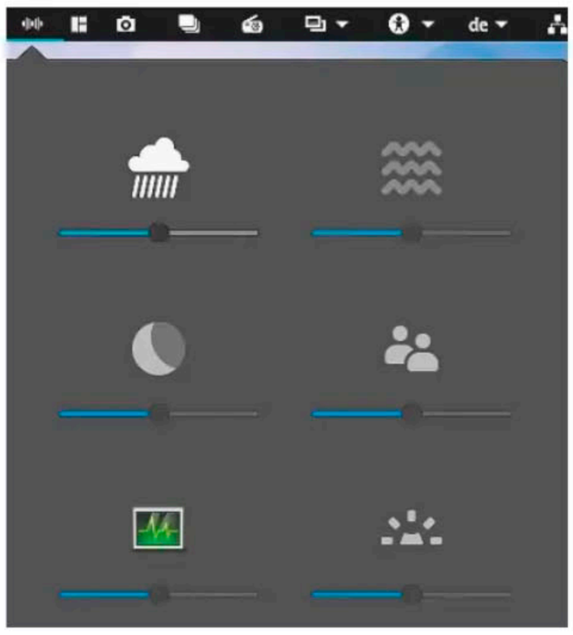
Zusatzfunktionen

Im Kalendermenü von Gnome ist zwar auch eine Wettervorhersage integriert, aber viele Nutzer wünschen sich deren Anzeige in der oberen Leiste. Die Erweiterung **OpenWeather** erfüllt diesen Wunsch: Es zeigt die Wetterdaten detailliert und hübsch aufbereitet an. Den Ort ermittelt man in den Einstellungen per Standortsuche oder legt ihn per Suche manuell fest.

Die Erweiterung **Clipboard Indicator** erweitert die Zwischenablage. Kopierte Textstellen wandern in eine Historie, um diese bei Bedarf erneut zu nutzen. Die gespeicherten Einträge sind durchsuchbar, aber auch mit einem Klick zu löschen. Außerdem gibt es einen privaten Modus, der temporär Daten aus der Zwischenablage nicht im Verlauf speichert.



Die Wettervorhersage von OpenWeather ist detailliert, aber trotzdem übersichtlich.



Wem es zu still ist, wählt über „Focusli“ Hintergrundgeräusche aus.

Auf die Ohren

Mit der Erweiterung **Internet Radio** schaltet man schnell einen Online-Sender an oder ab, ohne umständlich eigens dafür eine Anwendung starten zu müssen. Neue Sender fügen Sie über eine Suche hinzu oder geben die URL händisch ein.

Focusli spielt beruhigende Hintergrundgeräusche ab, was helfen soll, sich zu konzentrieren. Zur Verfügung stehen sechs atmosphärische Sounds, vom Grillenzirpen über Lagerfeuer bis hin zu Café-Gemurmel. Diese wählt man aus einem schlichten Menü in der oberen Leiste. Über Schieberegler passen Sie die Lautstärken der einzelnen Geräusche an.

Erweiterungen überflüssig?

Eine beliebte Erweiterung ist auch „Alternate Tab“, mit der beim Tastenkürzel Alt+Tab statt der Programme die einzelnen Fenster durchgewechselt werden. Schon länger kann man dieses Verhalten auch ohne Erweiterungen ändern, indem man in den Gnome-Einstellungen Alt+Tab als Tastenkombination für „Fenster wechseln“ festlegt (siehe ct.de/wuzb).

Es gibt etliche Extensions, die Feinheiten an der Gnome Shell ändern, etwa um die kleinen Pfeile in den Menüs der Bedienleiste auszublenden oder die Abstände zwischen den Elementen auf der Leiste zu verkleinern. Doch bevor Sie für jede Kleinigkeit eine Erweiterung installieren, sollten Sie schauen, ob nicht vielleicht eine Option in den Gnome-Einstellung zum gewünschte Ergebnis führt. Hier lohnt auch ein Blick in das Programm Gnome-Tweaks, zu finden auch als „Gnome Optimierungen“ oder unter der veralteten Bezeichnung Tweak-Tool. Dieses installieren Sie über das Paket `gnome-tweaks`. Die bei einigen Nutzern unbeliebte „Funktionale Ecke“ („Hotcorner“) oben links, die die Aktivitäten-Übersicht öffnet, sobald die Maus in die Ecke fährt, lässt sich mittlerweile dort deaktivieren. Die Hotcorner-Erweiterung ist somit obsolet.

Wenn es mal klemmt

Unter Gnome-Entwicklern sind Erweiterungen umstritten, weil sie zu Instabilität führen können. Stürzt die Gnome Shell häufig ab, sind oft Erweiterungen die Ursache. Dies kann gegebenenfalls erst auch Monate später mit einem Update auf die nächste Gnome-Version eintreten, wenn eine Erweiterung nicht an aktuelle Vorgaben angepasst wurde.

Dann hilft es zunächst, alle Erweiterungen zu deaktivieren. Das geht am schnellsten über die „Erweiterungen“-App oder über „Gnome Optimierungen“. Schalten Sie die Erweiterungen einzeln wieder ein und nutzen Sie gegebenenfalls den Desktop eine Weile, bevor sie die nächste Erweiterung aktivieren. Deinstallieren Sie zudem alle nicht benötigten Erweiterungen.

Hinweise geben auch die mehr oder weniger kryptischen Fehlermeldungen in den Logdateien. Rufen Sie dazu im Terminal folgenden Befehl auf:

```
journalctl -f /usr/bin/gnome-shell
```

Halten Sie in der Ausgabe Ausschau nach dem Namen einer verdächtigen Erweiterung. Grundsätzlich gilt: Je weniger Erweiterungen installiert und aktiviert sind, umso weniger Wechselwirkungen und Probleme kann es geben.

Bei unseren Tests mit sehr vielen Erweiterungen ließen sich diese manchmal nicht mehr einschalten. Ganz gleich, ob wir im Browser oder über das Tweak-Tool den An- und Ausschalter betätigten, wurde die Erweiterung nicht aktiviert. Hier hilft bei neueren Gnome-Versionen das Kommandozeilen-Tool `gnome-extensions`, über das man die Erweiterungen ebenfalls verwalten kann. So können Sie auch Erweiterungen deaktivieren, falls die Gnome-Shell durch Erweiterungen so zerschossen sein sollte, dass Sie sich gar nicht mehr grafisch anmelden können.

Mit `gnome-extensions list --enabled` erhalten Sie eine Liste der Kennungen aller eingeschalteten Erweiterungen. Diese ähneln einer E-Mail-Adresse. Schalten Sie die Erweiterungen dann mit `gnome-extensions disable KENNUNG` einzeln ab. Wenn gar nichts mehr geht, dann verschieben oder löschen Sie den Inhalt des Verzeichnisses `~/.local/share/gnome-shell/extensions/` in Ihrem Home-Verzeichnis.

Fazit

Es gibt unzählige Erweiterungen für fast jeden Zweck [2]. Solange man es nicht übertreibt, ergänzen diese den Funktionsumfang der Gnome Shell und können lästige Aufgaben abnehmen. Manche steigern wiederum durch Aufhübschen des Desktops das eigene Wohlbefinden. Und wenn es mal kracht, lassen sich die Erweiterungen im Handumdrehen rückstandsfrei entfernen. (ktn) c't

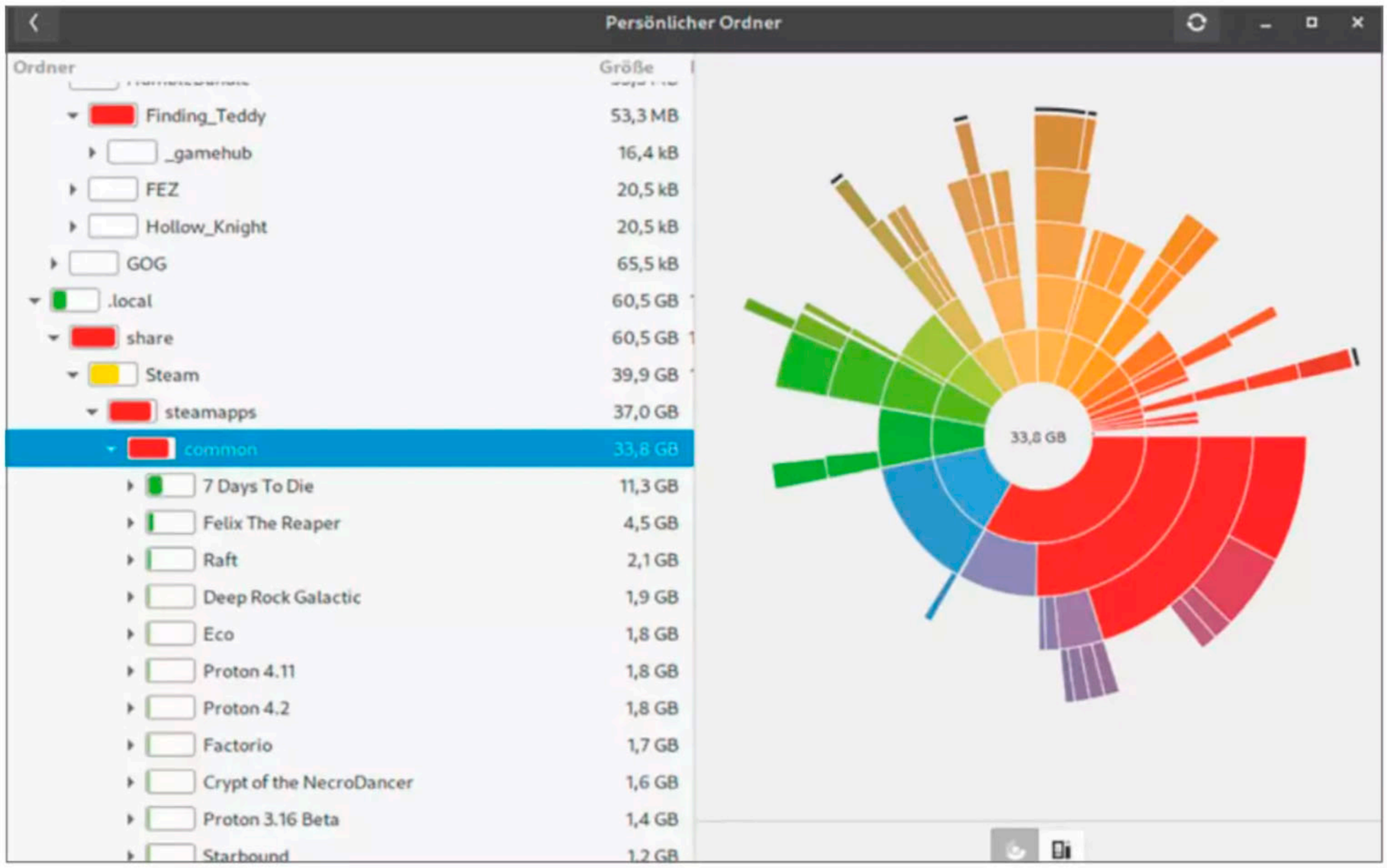
Literatur

[1] Liane M. Dubowy, **Gut verbunden**, c't 1/2019, S. 87

[2] Tim Schürmann, **Festgepinnt**, Mit Argos individuelle Applets für Gnome erstellen, c't 4/2018, S. 158

Hintergrundinfos zu Gnome-Shell-Erweiterungen

ct.de/wuzb



Platzfressern auf der Spur

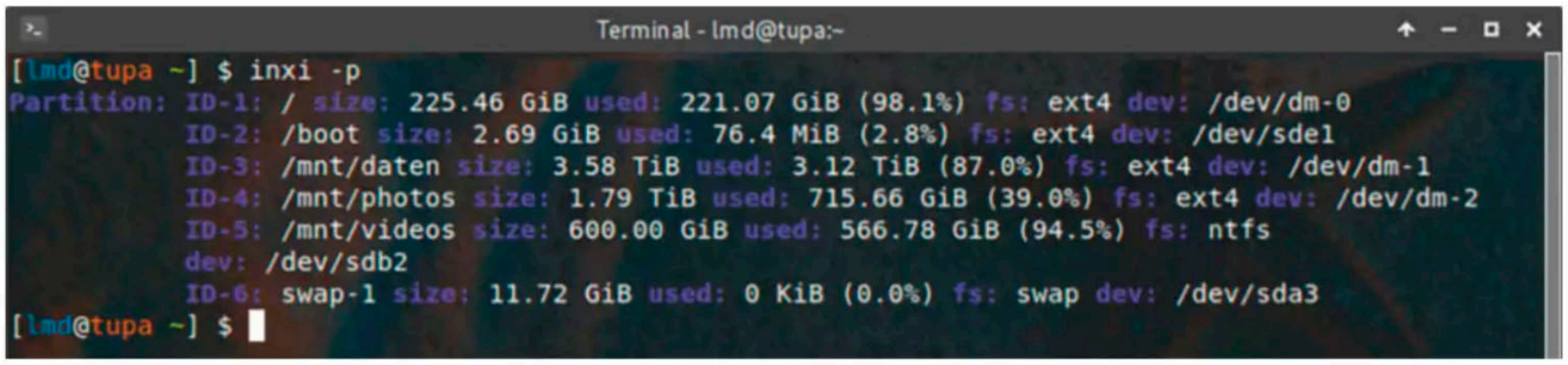
Die Festplatte ist schon wieder voll? Wie kann das sein? Die folgenden Linux-Tools helfen dabei, alte ISO-Images, heruntergeladene Spiele, Filme und andere große Dateien aufzuspüren, die die Platte vollmüllen.

Von **Liane M. Dubowy**

Eine kleine Sammlung von ISO-Dateien ausprobierter Linux-Distributionen oder ein altes Steam-Verzeichnis, in dem noch so mancher Download schlummert: Oft ruhen gigabyteweise Daten auf den Festplatten, die niemand mehr braucht. Wenn deshalb womöglich ein Update nicht mehr komplett durchlaufen kann oder sich das Videoprojekt nicht speichern lässt, ist schnelle Hilfe gefragt: Grafische Werkzeuge wie Filelight und Baobab stöbern dann im Nu die großen Speicherfresser auf. Über den Füllstand von Partitionen wissen aber auch einige Kommandozeilentools Bescheid.

Bestandsaufnahme

Den schnellen Überblick über den insgesamt verfügbaren Festplattenplatz verschafft Ihnen das Kommando `df`:



Das Konsolentool Inxi liefert mit dem Parameter -p einen guten Überblick über den Füllstand der einzelnen Festplatten.

```
df -h
```

Der Konsolenbefehl listet die Größe der eingebundenen Datenträger, den verwendeten sowie den noch verfügbaren Platz auf. Etwas schöner, aber im Prinzip die gleichen Infos verrät das Tool `inxi`. Das kleine Kommandozeilenwerkzeug müssen Sie bei den meisten Distributionen aus der Paketverwaltung nachinstallieren. `inxi` listet mit dem Parameter `-p` den Füllstand der einzelnen Partitionen auf:

```
inxi -p
```

Ist der Inhalt eines Verzeichnisses noch überschaubar, zeigt der folgende Befehl den Umfang der Dateien und Ordner:

```
du -h
```

Bei vielen Dateien wird das allerdings schnell unübersichtlich, ein grafisches Tool verschafft dann den besseren Überblick.

Baobab

Das Tool Baobab, das im Menü den sperrigen Namen „Festplattenbelegungsanalyse“ trägt, ist ein Gnome-Tool mit nur wenigen Optionen. Nach dem Programmstart stellt es das Home- und das root-Verzeichnis sowie weitere Partitionen zur Wahl. Klicken Sie beispielsweise den „Persönlichen Ordner“ an, analysiert Baobab dessen Inhalte und ihre Größe. Das Ergebnis ist eine Liste der Dateien und Verzeichnisse auf der linken Fensterseite, geordnet nach Größe, sowie ein Kreisdiagramm, dessen Tortenstücke große Verzeichnisse deutlich hervorheben. Bei länger verwendeten Systemen ist das Ergebnis oft überraschend: ein längst vergessenes .wine-Verzeichnis, in dem eine nicht mehr genutzte Wine-Konfiguration samt Programmen schlummert, irgendwann aus der Mediathek heruntergeladene Filme, alte Downloads und nicht zuletzt Spiele von Itch.io oder Steam.

Nimmt ein Ordner mit seinem großen Tortenstück viel Platz auf der Platte ein, können Sie weiter nachforschen. Fahren Sie dazu mit dem Mauszeiger über den jeweiligen Bereich in der Grafik, dann blendet Baobab den Namen des Verzeichnisses und seinen Umfang sowie die Namen der Unterordner ein.

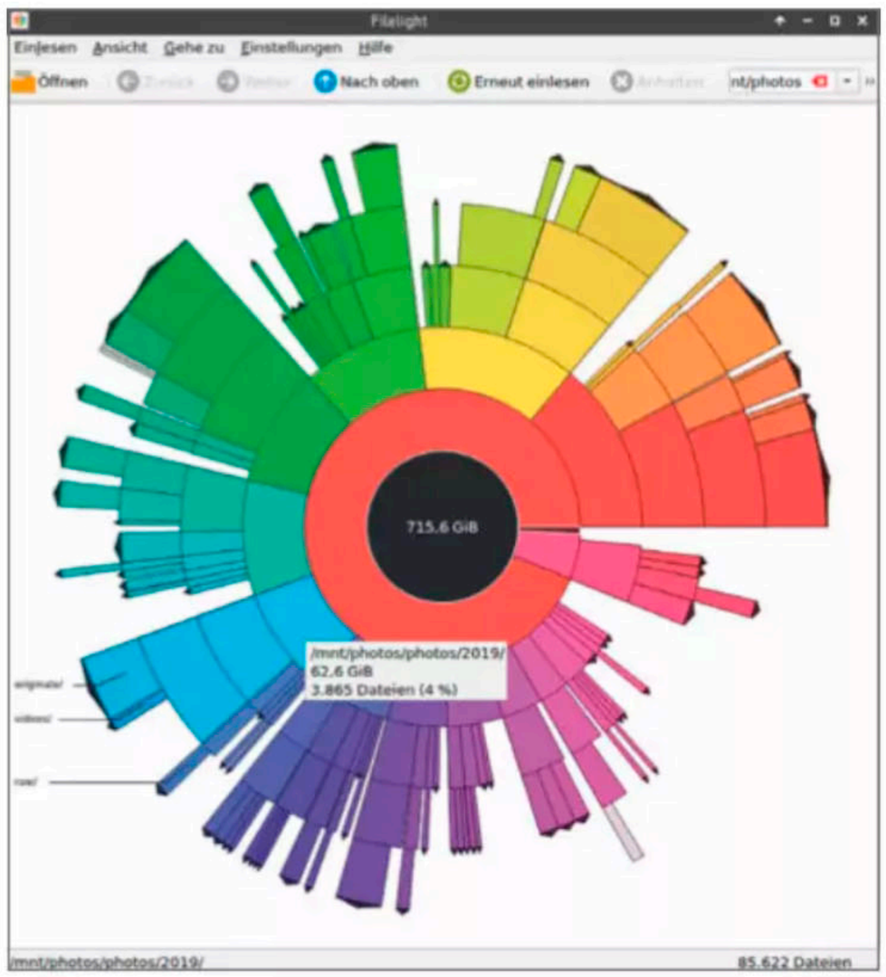
Links im Baobab-Fenster können Sie sich durch die Verzeichnisse hangeln, um nur noch die darin enthaltenen Dateien und Ordner zu sehen. Die Grafik rechts zeigt die Platzaufteilung im markierten Verzeichnis. Wollen Sie direkt in einen Ordner hineinschauen, um dort Dateien zu löschen, bringt Sie der Eintrag „Ordner öffnen“ dorthin, den das Kontextmenü nach einem Rechtsklick auf das Verzeichnis links oder die Grafik rechts bereitstellt. Gefällt Ihnen die Tortengrafik nicht, kann Baobab den Plattenfüllstand auch in Blöcken visualisieren, die Schaltfläche zum Umschalten findet sich unterhalb der Grafik.

Haben Sie Dateien oder ganze Ordner gelöscht, klicken Sie in Baobab oben rechts auf die Schaltfläche mit den zwei kreisförmig angeordneten Pfeilen, um die Anzeige zu aktualisieren.

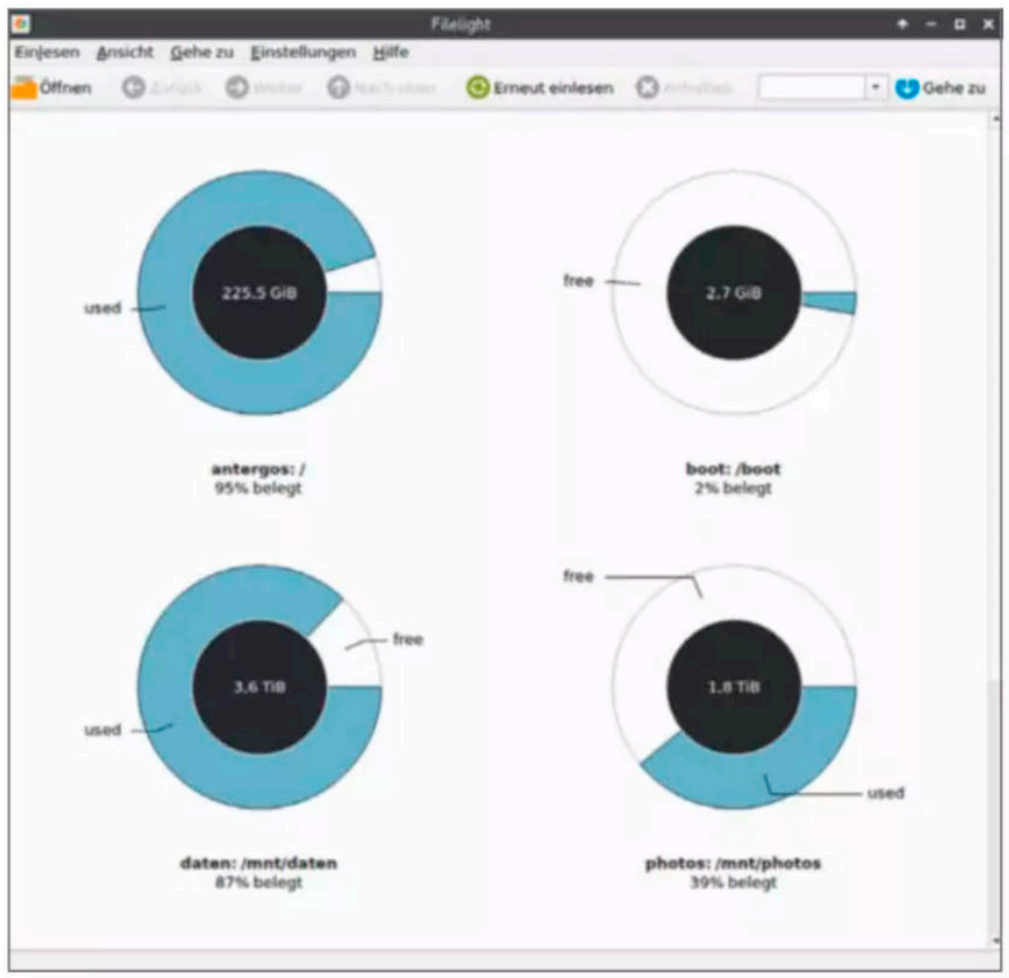
Filelight

Die KDE-Utilities stellen ein grafisches Werkzeug bereit, das ähnlich wie Baobab funktioniert, aber sich besser in einen Qt-Desktop einfügt. Das Qt-Werkzeug Filelight analysiert ebenfalls den Festplattenfüllstand, verzichtet dabei aber auf eine Verzeichnisliste und zeigt nur eine bunte Tortengrafik an. Fährt man mit dem Mauszeiger über ein Tortenstück, liefert Filelight weitere Informationen und blendet auch die Namen der Unterverzeichnisse ein.

Auch in diesem Fall führt ein Rechtsklick zum jeweiligen Ordner, wahlweise im Dateimanager



Filelight präsentiert den Datenwust als bunte Grafik, große Verzeichnisse fallen sofort ins Auge.



Verzeichnislisten Fehlanzeige: Auch die Auswahl des einzulesenden Ordners ist in Filelight grafisch.

(„Dateiverwaltung hier öffnen“) oder auf der Kommandozeile („Terminal hier öffnen“). Je nachdem, über welchen Weg Sie den Löschkandidaten lieber zu Leibe rücken.

In den Programmeinstellungen, die Sie im Menü unter „Einstellungen/Filelight einrichten“ finden, können Sie unter „Einlesen“ gezielt Verzeichnisse ausnehmen. Standardmäßig lässt das Tool bereits die Finger von /dev, /proc, /sys und /root. Unter „Erscheinungsbild“ feilen Sie bei Bedarf an der Optik der Grafik oder wechseln von bunten Farben („Regenbogen“) zu einer kontrastreichen Graustufenanzeige. Auch die Schriftgröße ist anpassbar. Kleine Dateien im KByte-Bereich sind normalerweise von der Anzeige ausgenommen, die Option „Kleine Dateien anzeigen“ misst auch ihre Größe und fügt sie in die Grafik ein. Um die kleineren Verzeichnisse am Rand der Grafik auszublenden, vergrößern Sie die Ansicht mit Strg++, bei Bedarf auch mehrfach. Strg+- schaltet die äußeren Kreise wieder hinzu.

Um ein Verzeichnis direkt einzulesen, tippen Sie den Pfad dorthin oder den Verzeichnisnamen (wenn er im aktuellen Ordner liegt) in das Feld rechts oben im Fenster und drücken Return. So finden Sie leicht längst vergessene Platzfresser, selbst wenn sie über Jahre erfolgreich in den Tiefen Ihrer Festplatte verborgen waren.

Schnelle Abhilfe

Sowohl Baobab als auch Filelight zeigen in wenigen Momenten, wo Dateien besonders viel Platz in Anspruch nehmen. So verzetteln Sie sich nicht lange mit dem Löschen kleiner Dateien, sondern machen schnell lohnenswerte Löschkandidaten aus. (lmd) c't

Schnelle Hilfe: Paket-Cache löschen

Wenn die Platte vollläuft, ist schnelle Hilfe gefragt. Kleine Dateien wegzuwerfen, bringt dann nicht viel. Besser ist das Löschen des Paket-Caches der Software-Verwaltung. Die speichert bereits installierte Pakete und häufig auch ältere Versionen für den Fall, dass Sie sie noch einmal installieren wollen. In der Regel braucht man diese Pakete nicht, denn zumindest die aktuelle Version lässt sich jederzeit neu herunterladen.

Der Paket-Cache kann schnell mehrere GByte Speicherplatz belegen, die ein einfacher Befehl unter Ubuntu/Debian/Mint freischaufelt:

```
sudo apt clean
```

In Arch Linux lautet der Befehl stattdessen `sudo pacman -Sc`, in Fedora heißt er `sudo dnf clean all` und in openSUSE ist es wiederum `sudo zypper clean`.

Für Maker!

Zubehör und Lesestoff

shop.heise.de/gadgets



Waveshare Game HAT für Raspberry Pi

Ein Muss für jeden Retro Gamer! Verwandeln Sie Ihren Raspberry Pi in kürzester Zeit in eine Handheld-Konsole.
Mit Onboard-Speakern, 60 Frames/s, Auflösung von 480x320 und kompatibel mit allen gängigen Raspberrys.

shop.heise.de/game-hat **41,90 € ›**

BEST-SELLER



ODROID-GO

Mit diesem Bausatz emulieren Sie nicht nur Spiele-Klassiker, sondern programmieren auch in der Arduino-Entwicklungsumgebung.

shop.heise.de/odroid **49,90 € ›**



NVIDIA Jetson nano

Das Kraftpaket bietet mit 4 A57-Kernen und einem Grafikprozessor mit 128 Kernen ideale Voraussetzungen für die Programmierung neuronaler Netze, die ähnlich wie Gehirnzellen arbeiten.
Inklusive Netzteil!

shop.heise.de/jetson **134,90 € ›**



Raspberry Pi-Kameras

Aufsteckbare Kameras, optimiert für verschiedene Raspberry Pi-Modelle mit 5 Megapixel und verschiedenen Aufsätzen wie z. B. Weitwinkel für scharfe Bilder und Videoaufnahmen.

shop.heise.de/raspi-kameras **ab 18,50 € ›**

NEUER PREIS!



ArduiTouch-Set

Setzen Sie den ESP8266 oder ESP32 jetzt ganz einfach im Bereich der Hausautomation, Metering, Überwachung, Steuerung und anderen typischen IoT-Applikationen ein! Dieses Gehäuseset beinhaltet ein formschönes Wandgehäuse mit integrierter Leiterplatte.

~~69,90 €~~

shop.heise.de/arduitouch **36,90 € ›**

NEU



„No Signal“ Smartphone-Hülle

Passend für Smartphones aller Größen bis 23cm Länge blockt diese zusammenrollbare Hülle alle Signale von GPS, WLAN, 3G, LTE, 5G und Bluetooth, sowie jegliche Handy-Strahlung.

shop.heise.de/no-signal-sleeve **29,90 € ›**

NEUER PREIS!



Komplettset Argon ONE Case mit Raspberry Pi 4

Das Argon One Case ist eines der ergonomischsten und ästhetischsten Gehäuse aus Aluminiumlegierung für den Raspberry Pi. Es lässt den Pi nicht nur cool aussehen, sondern kühlt auch perfekt und ist leicht zu montieren. Praktisch: alle Kabel werden auf der Rückseite gebündelt ausgeführt – kein Kabelsalat!

~~117,60 €~~

shop.heise.de/argon-set **99,90 € ›**



Stockschirm protec’ted

Innen ist Außen und umgekehrt.
Dieser etwas andere Regenschirm sorgt für interessierte Blicke auch bei grauem und nassem Wetter. Als Highlight kommt noch das stilvolle und dezente Design in Schwarz und Blau mit der mehr als passenden Aufschrift “Always protec’ted“ daher.

shop.heise.de/ct-schirm **22,90 € ›**

› Bestellen Sie ganz einfach online unter **shop.heise.de** oder per E-Mail: **service@shop.heise.de**

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

heise shop
shop.heise.de ›



Bild: tsamedien

Benachrichtigungen zähmen

Achtung, der Akku ist gleich leer! Hier ist noch eine neue Mail! Die kleinen Pop-up-Fenster auf dem Desktop können kritische Informationen übermitteln oder mit trivialen Hinweisen nerven. Mit ein paar Handgriffen stutzen Sie die Benachrichtigungen auf das für Sie passende Maß.

Von **Tim Schürmann**

Desktop-Benachrichtigungen können viel Ärger ersparen – beispielsweise wenn Sie nach einer Akkuwarnung Ihr Notebook rechtzeitig an den Strom hängen. Dass allerdings die Internetverbindung steht, ist bei vielen Computern kein besonderes Ereignis, die Meldung daher schlicht überflüssig. Wenn Thunderbird jede neu eingehende Mail meldet, der Dateimanager sich über jede kopierte Datei freut und weitere Programme mit vermeintlich wichtigen Nachrichten um Ihre Aufmerksamkeit buhlen, ist irgendwann kein konzentriertes Arbeiten mehr möglich. Wir verraten, wie Sie die Nachrichtenflut unter KDE Plasma, Gnome, Cinnamon und Xfce eindämmen.

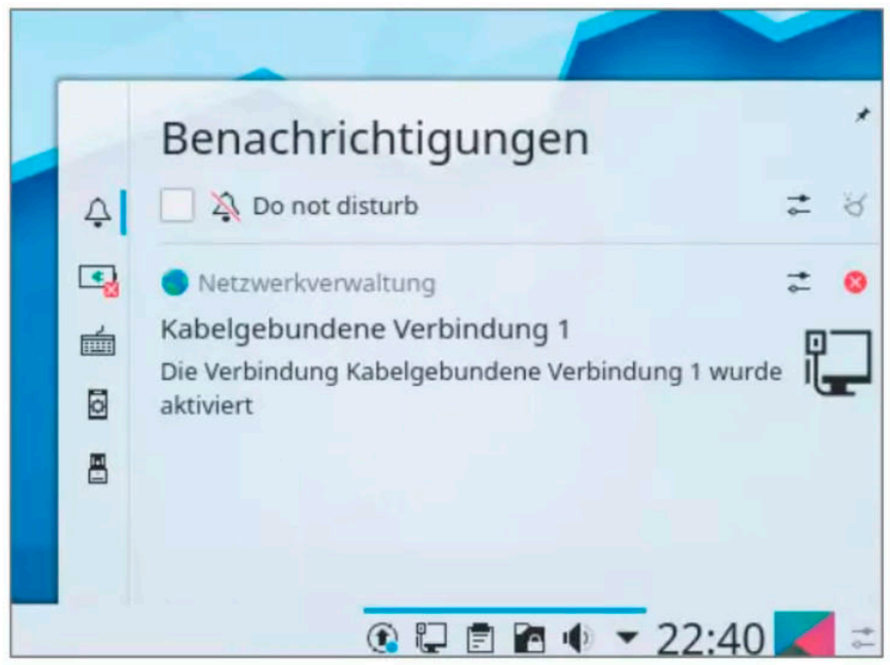
Welche Meldungen in kleinen Pop-up-Fenstern auf dem Bildschirm erscheinen, legen die Systemeinstellungen des verwendeten Linux-Desktops fest. Je nachdem, ob Sie unter KDE Plasma, Gnome, Cinnamon oder Xfce arbeiten, unterscheiden sich allerdings die Möglichkeiten zur Konfiguration der Benachrichtigungen erheblich.

KDE Plasma 5

Auf dem Plasma-Desktop des KDE-Projekts sammelt ein Miniprogramm mit dem sprechenden Namen „Benachrichtigungen“ eingehende neue Nachrichten. In der Leiste rechts unten auf dem Desktop signali-



Wie hier in Plasma stapeln die Desktop-Bedienoberflächen gern alle eingehenden Nachrichten übereinander.



Plasma sortiert im Miniprogramm „Benachrichtigungen“ die eingegangenen Meldungen. Über den Besen lässt sich der Verlauf aufräumen.

siert es mit einem Kreis und einer Zahl, wie viele Nachrichten bisher eingegangen sind. Seit Plasma 5.17 zeigt das Miniprogramm eine Glocke, die bei neuen Nachrichten zusätzliche Halbkreise einblendet. Ein Klick auf das Symbol öffnet die Liste mit den vergangenen Meldungen. Ergänzend öffnet Plasma für jede eingetrudelte Nachricht umgehend ein kleines Pop-up-Fenster, das nach fünf Sekunden wieder verschwindet. Sie können es aber auch per Mausklick schließen. In einigen Fällen spielt Plasma sogar noch einen Ton ab.

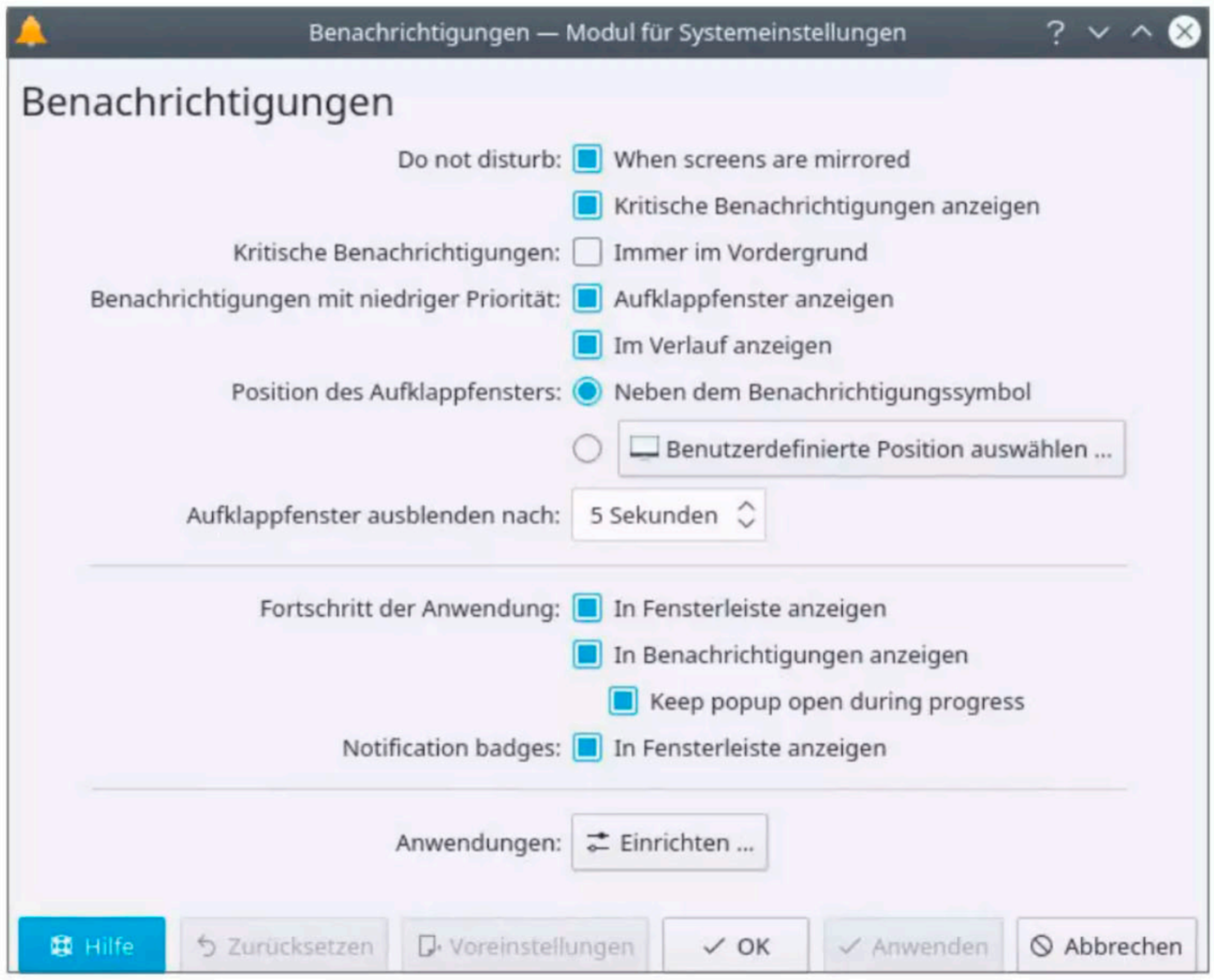
Wer seine Ruhe haben möchte, muss seit Plasma 5.16 lediglich das „Benachrichtigungen“-Symbol im Systemabschnitt rechts unten anklicken, dann den „Do not disturb“-Modus aktivieren und den Zeitraum festlegen, in dem Plasma keine Pop-up-Fenster mehr öffnen soll. Wenn Sie hier „bis zum Ausschalten“ wählen, unterdrückt Plasma die Pop-up-Fenster so lange, bis Sie den „Do not disturb“-Modus manuell deaktivieren – und nicht bis Sie Ihren Computer ausschalten. Währenddessen sammelt der Desktop im Hintergrund eintrudelnde Meldungen im Verlauf, den ein Klick auf das „Benachrichtigungen“-Symbol abruft. Sobald Sie den Nicht-Stören-Modus abschalten oder wenn ihn Plasma nach der vorgegebenen Zeit automatisch deaktiviert, ploppen alle aufgelaufenen Meldungen auf einen Schlag auf. Auf dem Plasma-Desktop kann man einige Nachrichten auch gezielt abschalten, sodass sie gar nicht erst im Verlauf auftauchen (dazu in wenigen Zeilen mehr). Ist der „Do not disturb“-Modus aktiviert, verlieren Sie diese Nachrichten ganz.

Seit Version 5.17 erkennt Plasma eine laufende Präsentation und unterdrückt währenddessen Pop-up-Fenster. Plasma prüft allerdings nicht, ob Sie tatsächlich gerade einen Vortrag halten, sondern schaltet einfach den „Do not disturb“-Modus ein, sobald der Computer den Bildschirminhalt spiegelt. Das passiert auch, wenn man nur in den Bildschirmeinstellungen die Spiegelung aktiviert. Glücklicherweise lässt sich das Verhalten in den Systemeinstellungen deaktivieren.

Feine Auslese

In der Regel möchte man nicht alle Pop-up-Fenster unterdrücken, sondern nur ausgewählte Nachrichten. Dass eine neue Mail eingetrudelt ist, kann Plasma in den meisten Fällen für sich behalten. Solche Feineinstellungen nehmen Sie in den Systemeinstellungen unter „Benachrichtigungen“ vor. Je nach Version des Desktops stehen nun unterschiedliche Optionen zur Wahl, die meiste Flexibilität haben Nutzer der aktuellen Plasma-Version.

Die ersten beiden Punkte steuern das Verhalten des „Do not disturb“-Modus: Wenn Sie die oberste Einstellung deaktivieren, poppen Nachrichten auch bei laufenden Präsentationen beziehungsweise bei gespiegelten Monitoren auf. Der zweite Punkt sorgt dafür, dass Plasma kritische Nachrichten auch im „Do not disturb“-Modus meldet. Welche Nachrichten als kritisch gelten, darf jede Anwendung selbst festlegen (siehe Kasten „Unter der Haube“). Dass solche Nachrichten nicht übersehen werden



Plasma 5.20 bietet die hier gezeigten Einstellungen an. In älteren Plasma-Versionen sieht dieser Dialog noch ganz anders aus.

können, regelt der Punkt „Immer im Vordergrund“. Ist er aktiviert, sehen Sie Pop-up-Fenster mit kritischen Nachrichten auch dann, wenn eine Anwendung im Vollbildmodus läuft.

Auch weniger wichtige Nachrichten, etwa der Eingang einer neuen E-Mail, meldet Plasma standardmäßig per Pop-up-Fenster. Um das zu unterbinden, müssen Sie „Ausklappfenster anzeigen“ deaktivieren. Dann unterdrückt Plasma unwichtige Nachrichten. Darunter fallen allerdings auch die Hinweise von Discover auf vorliegende Aktualisierungen und der Ausfall von Netzwerkverbindungen. Lassen Sie den Punkt „Im Verlauf anzeigen“ aktiviert, dann können Sie diese Nachrichten später im Verlauf nachlesen.

Zeitliche Platzierung

Für jede neue Nachricht öffnet Plasma an einer ganz bestimmten Stelle auf dem Desktop ein Pop-up-Fenster; standardmäßig ist das in der Nähe des „Benachrichtigungen“-Miniprogramms. Sofern Sie das nicht verschoben haben, poppen die Meldungen also rechts unten auf. Sie können die Benachrichtigungen aber auch in einer anderen Bildschirmecke oder an einem anderen Bildschirmrand materialisieren lassen. Dazu klicken Sie in den Einstellungen auf „Benutzerdefinierte Position auswählen“ und wählen die gewünschte Stelle.

Standardmäßig verschwinden Pop-up-Fenster unter Plasma nach fünf Sekunden automatisch. In aktuellen Plasma-Versionen veranschaulicht dabei ein schmaler blauer Fortschrittsbalken rechts im Pop-up, wie viel Zeit noch bleibt. Den Countdown können Sie stoppen, indem Sie den Mauszeiger auf das Fenster schieben. Schieben Sie ihn wieder weg, startet der Countdown erneut. Eine ungünstig platzierte Maus kann deshalb dazu führen, dass Plasma das Pop-up nicht ausblendet.

Ist Ihnen die Zeit zum Lesen der Meldungen zu kurz, vergrößern Sie in den Einstellungen unter „Ausklappfenster ausblenden nach“ die Zeitspanne. Maximal 120 Sekunden kann Plasma die Meldung auf dem Bildschirm halten. Umgekehrt dürfen Sie die Anzeigedauer auch auf eine Sekunde reduzieren. Allerdings verpassen Sie so leicht mal eine Meldung. Eine Ausnahme sind kritische Nachrichten und solche, die Sie zu einer Interaktion auffordern – beispielsweise wenn Sie per Pairing zwei Geräte koppeln. Solche Meldungen zeigt Plasma so lange an, bis Sie sie wegklicken.

Wenn Sie eine Datei kopieren, können Sie den Fortschritt in einem Dialogfenster verfolgen, das

bis zum Ende des Vorgangs auf dem Bildschirm klebt – sofern Sie es nicht explizit schließen. Derlei Fenster mit einem Fortschrittsbalken behandelt Plasma gesondert. Ihre Einstellungen finden Sie neben „Fortschritt der Anwendung“. Um sämtliche Pop-up-Fenster mit Fortschrittsbalken auszublenden, deaktivieren Sie „In Benachrichtigungen anzeigen“. Alternativ lassen Sie den Punkt aktiviert und schalten lediglich „Keep popup open during progress“ ab. Dann können Sie den Kopierfortschritt jederzeit manuell per Klick auf das „Benachrichtigungen“-Symbol im Verlauf einsehen.

Ganz unten in den Einstellungen lassen sich die „Notification Badges“ abschalten. Diese kleinen Zahlen kennzeichnen den Eintrag eines Programms in der Fensterleiste. Ein E-Mail-Programm kann so beispielsweise die Anzahl der neu eingegangenen E-Mails an seinen Eintrag in der Fensterleiste kleben.

Gezielt maßregeln

Die vorgestellten Einstellungen beeinflussen immer die Nachrichten aller Anwendungen. Nervt nur ein einzelnes Programm mit seinen Meldungen, klicken Sie in den Plasma-Einstellungen auf „Einrichten“. Auf der linken Seite listet Plasma jetzt sämtliche Nachrichtenquellen auf, erkennt dabei allerdings nicht alle Programme zuverlässig. Gnome- und GTK-Anwendungen tauchen nur auf, wenn sie Plasma gemäß der vom Gnome-Projekt vorgegebenen Spezifikation einen entsprechenden Hinweis geben. Sendet eine unbekannte Anwendung eine Nachricht, versucht Plasma sie zu erkennen und fügt sie dann ebenfalls der Liste hinzu. Fehlt also ein Programm in der Liste, lassen Sie es einmal eine Nachricht senden und öffnen Sie dann erneut die Einstellungen.

Wenn Sie eine der Nachrichtenquellen anklicken, können Sie auf der rechten Seite entscheiden, ob Plasma dem Programm Pop-up-Fenster erlauben soll. Wählen Sie beispielsweise die „Netzwerkverwaltung“ aus und deaktivieren Sie „Aufklappfenster anzeigen“, dann erhalten Sie keine Informationen mehr über abgebrochene oder neu aufgebaute Internetverbindungen. Soll Plasma die Pop-up-Fenster zeigen, können Sie die Meldungen zusätzlich im aktivierten „Do not disturb“-Modus anzeigen lassen („Show in do not disturb mode“). Damit Sie keine wichtigen Informationen übersehen, sollten Sie die Nachrichten zumindest „Im Verlauf anzeigen“ lassen.

Stören Sie nur manche Nachrichten einer Anwendung, sollten Sie das Feintuning in deren Programmeinstellungen vornehmen. Alternativ klicken Sie in einem Pop-up-Fenster auf das Symbol rechts oben in der Ecke mit den beiden Schiebereglern, dann öffnet sich am oberen Fensterrand eine Liste aller Ereignisse, die die Anwendung oder Systemkomponente melden kann – wohlgemerkt kann. Ob sie sich tatsächlich bemerkbar macht, verraten die Symbole in der Spalte „Status“. Ist dort nichts zu sehen, reagiert Plasma nicht auf das Ereignis. Die „Druckerverwaltung“ informiert beispielsweise unter anderem über den Anschluss eines neuen Druckers („Ein neuer Drucker wurde erkannt“). Plasma spielt dann einen Klang ab und zeigt ein Pop-up-Fenster.

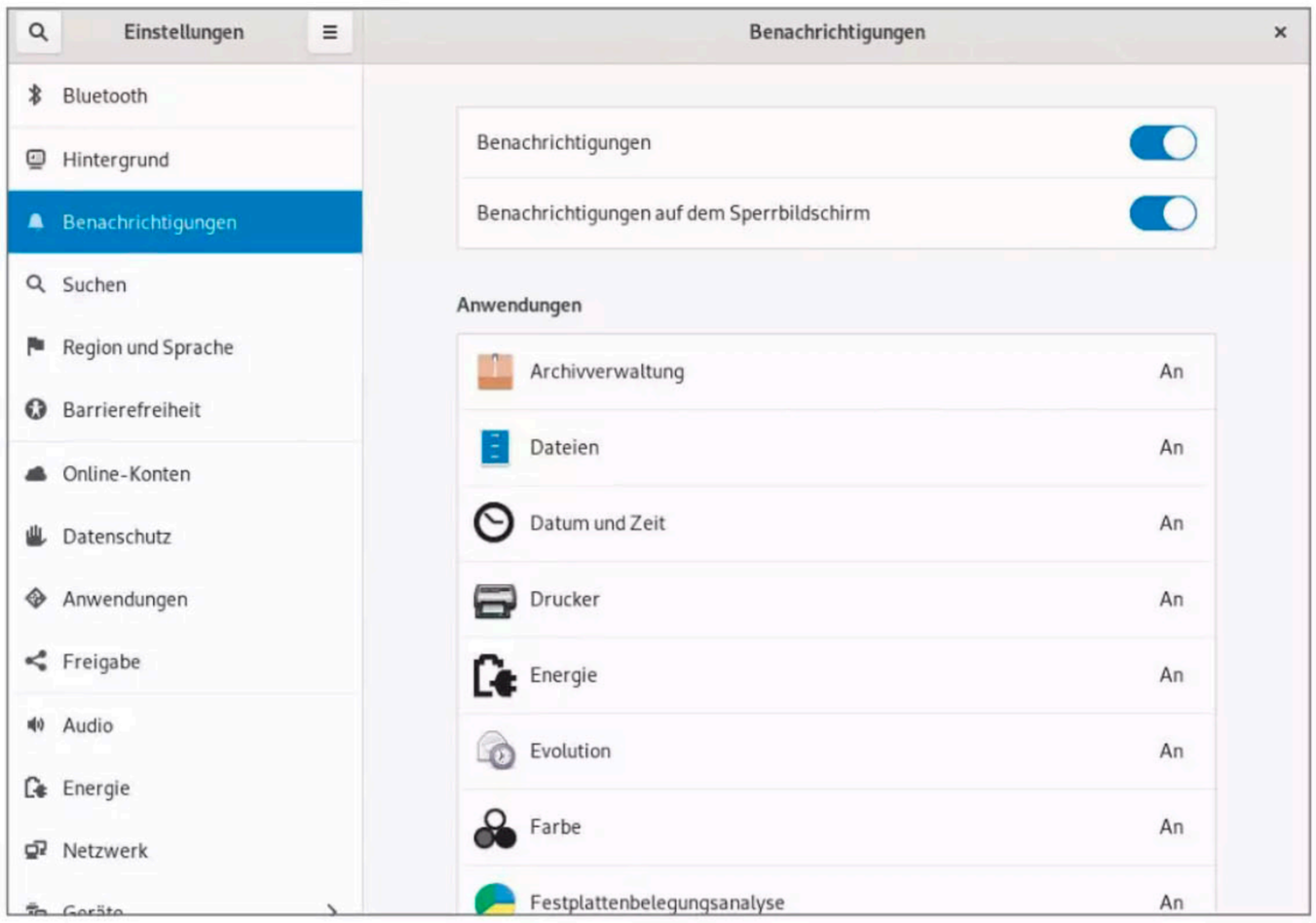
Um eine Reaktion zu erhalten oder zu unterbinden, klicken Sie zunächst oben auf das Ereignis und dann unten in das Kästchen vor der entsprechenden Aktion. Stört Sie beispielsweise der Jingle beim Anstöpseln eines Druckers, wählen Sie oben „Ein neuer Drucker wurde erkannt“ und deaktivieren „Klang abspielen“. Wenn Sie die Einstellungen direkt über das Symbol im Pop-up-Fenster aufgerufen haben, hat Plasma die passende Aktion bereits in der Liste ausgewählt. Sie können Plasma übrigens auch veranlassen, beim Eintreffen des Ereignisses ein Programm auszuführen oder es in einer beliebigen Protokolldatei zu vermerken.

Gnome

Während Plasma relativ feine Einstellungen rund um die Benachrichtigungen zulässt, bietet der Konkurrent Gnome nur grobe. Diese finden Sie in den Systemeinstellungen unter „Benachrichtigungen“. Per Schieberegler dürfen Sie die Nachrichten hier komplett deaktivieren. Dann sammelt Gnome die Meldungen im Hintergrund weiter ein und listet sie auf, wenn Sie im Panel am oberen Rand auf die Uhrzeit klicken oder die Tastenkombination Super+V drücken.

Möchten Sie nur einzelne Anwendungen stumm schalten, klicken Sie den Delinquenten in der Liste unter „Anwendungen“ an. Deaktivieren Sie im neuen Fenster ganz oben die „Benachrichtigungen“, dann bleibt die Anwendung künftig stumm. Um nur die Pop-up-Fenster loszuwerden, schalten Sie „Benachrichtigungen“ in der Mitte des Fensters aus (den mit der langen Beschreibung, im Englischen „Notifications Popups“). Wenn Sie den Schalter hier nicht umlegen können, wurde die Anwendung bereits auf einem anderen Weg stumm geschaltet.

Ist „Nachrichten auf Bannern zeigen“ aktiviert, präsentiert das Pop-up-Fenster auch gleich die ei-



Unter Gnome können Sie die Nachrichten komplett stumm schalten oder einzelne Anwendungen zum Stillschweigen bringen.

gentliche Meldung – sofern das Programm eine mitsendet. Andernfalls verrät Gnome hier nur, welche Art von Meldung vorliegt und welches Programm sie produziert hat. Ist „Klanghinweise“ aktiviert, darf zusammen mit der Meldung ein Klang abgespielt werden.



Unter Gnome sind die Einstellungen für eine einzelne Anwendung teilweise missverständlich beschriftet. Um die Pop-up-Fenster kümmern sich etwa die „Benachrichtigungen“ in der Mitte.

Fehlt das gesuchte Programm in der Liste, wechseln Sie in den Einstellungen in der linken Seitenleiste zu den „Anwendungen“. Suchen Sie auf der linken Seite das gewünschte Programm und klicken Sie es dort an. Rechts können Sie jetzt im Abschnitt „Integration“ die „Benachrichtigungen“ ab- oder anschalten. Weitere Einstellungen sind hier nicht möglich.

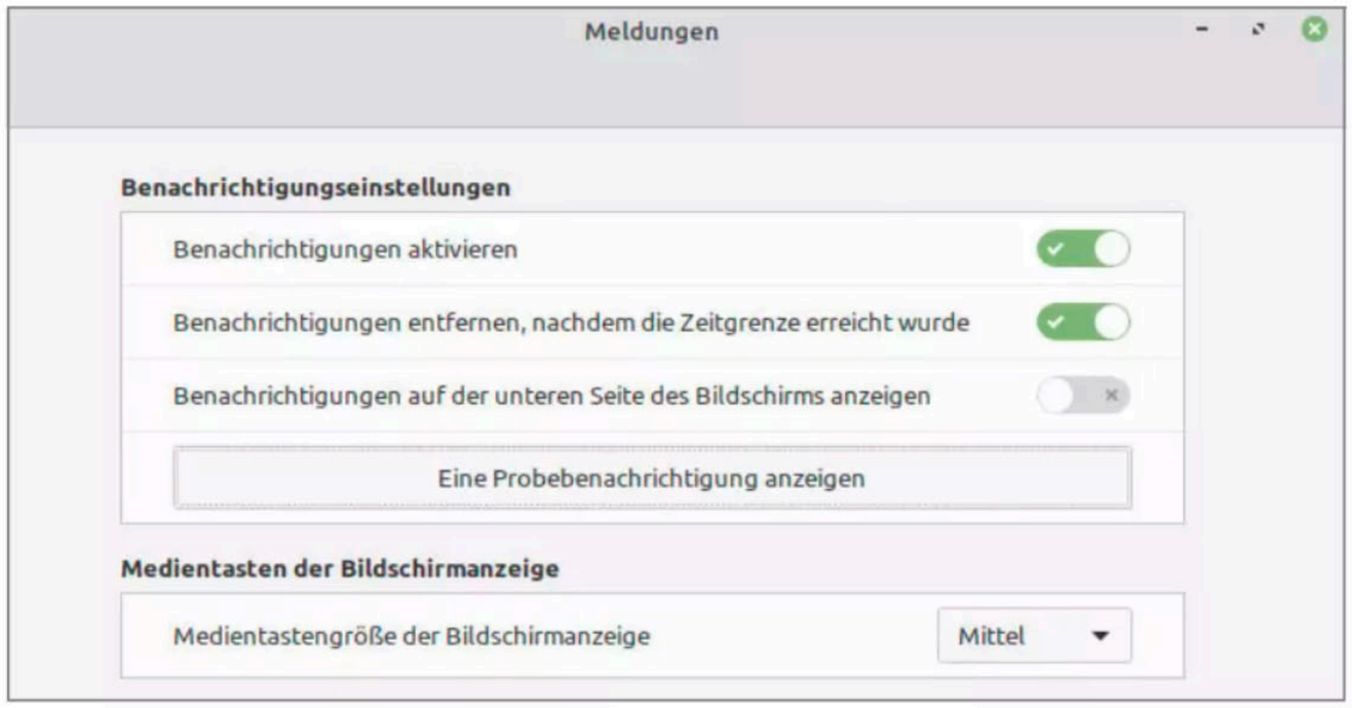
Einige Gnome-Anwendungen zeigen Nachrichten innerhalb des eigenen Fensters an. Das betrifft beispielsweise den Dateimanager, wenn Sie damit eine Datei in den Papierkorb verschieben. Solche Benachrichtigungen können Sie, wenn überhaupt, nur in den Einstellungen der Anwendung selbst deaktivieren.

Cinnamon

Der Cinnamon-Desktop aus dem Linux-Mint-Projekt erlaubt noch weniger Eingriffe als Gnome. In den Systemeinstellungen können Sie über den Punkt „Meldungen“ oben sämtliche Benachrichtigungen unterdrücken. Wollen Sie die Hinweise lieber am unteren Bildschirmrand lesen, können Sie dort den entsprechenden Schalter umlegen.

Standardmäßig verschwindet ein Pop-up-Fenster auf dem Cinnamon-Desktop nach ein paar Sekunden automatisch. Danach signalisiert ein Glocken-Icon rechts unten im Panel die Anzahl der vorhandenen Benachrichtigungen. Ein Klick darauf öffnet diese in

Cinnamon bietet zwar die wenigsten Einstellungen, versucht aber im Hintergrund die Nachrichtenflut mit etwas Intelligenz einzudämmen.



einem Fenster. Cinnamon verhindert, dass Anwendungen zu viele Nachrichten auf einmal auf den Bildschirm werfen. Sollte ein Programm dennoch in hohem Takt Nachrichten generieren, zeigt Cinnamon nur eine an und listet alle übrigen hinter dem Glockensymbol auf. Soll Cinnamon die Nachrichten nur als Pop-up-Fenster und nicht in der Liste anzeigen, aktivieren Sie die Option „Benachrichtigungen entfernen, nachdem die Zeitgrenze erreicht wurde“.

Xfce

Auf dem Xfce-Desktop enthalten aufklappende Nachrichten eine Schaltfläche, die man nur ankli-

Unter der Haube

Die Desktop-Umgebungen Plasma, Cinnamon, Gnome und Xfce folgen der Desktop Notifications Specification. Dieser Standard regelt, wie Anwendungen die anzuzeigenden Nachrichten an die Desktop-Umgebung schicken und wie diese sie verarbeiten muss.

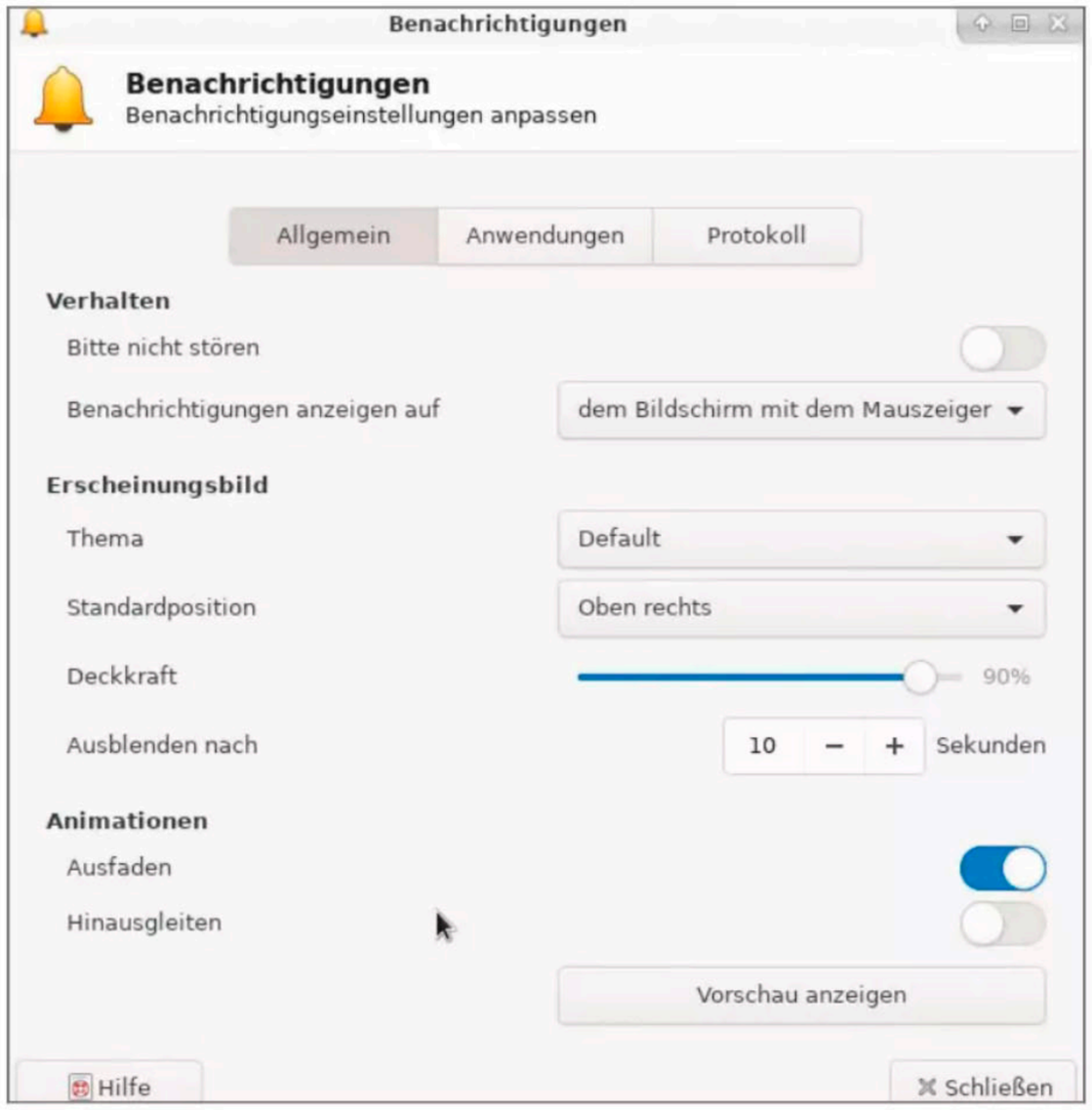
Dabei senden Programme ihre Meldungen über den D-Bus an einen im Hintergrund laufenden Dienst (`org.freedesktop.Notifications`). Dieser sogenannte Notification Server nimmt die Meldung entgegen und verarbeitet sie weiter – beispielsweise kann er die Anzeige der Nachricht auf dem Bildschirm veranlassen.

Jede Nachricht enthält neben der eigentlichen Meldung noch weitere Informationen, zum Beispiel den Namen der Anwendung und eine kurze Zusammenfassung des Problems. Den eigentlichen Nachrichtentext darf das jeweilige Programm mit ausgewählten HTML-Tags formatieren und kann so beispielsweise wichtige Wörter fett hervorheben. Ebenfalls eingebettet sein dürfen Links und Verweise auf Bilder. Nicht alle Desktop-Umgebungen zeigen allerdings Bilder in den Pop-up-Fenstern an, auch die HTML-Tags werde nicht immer (komplett) ausgewertet.

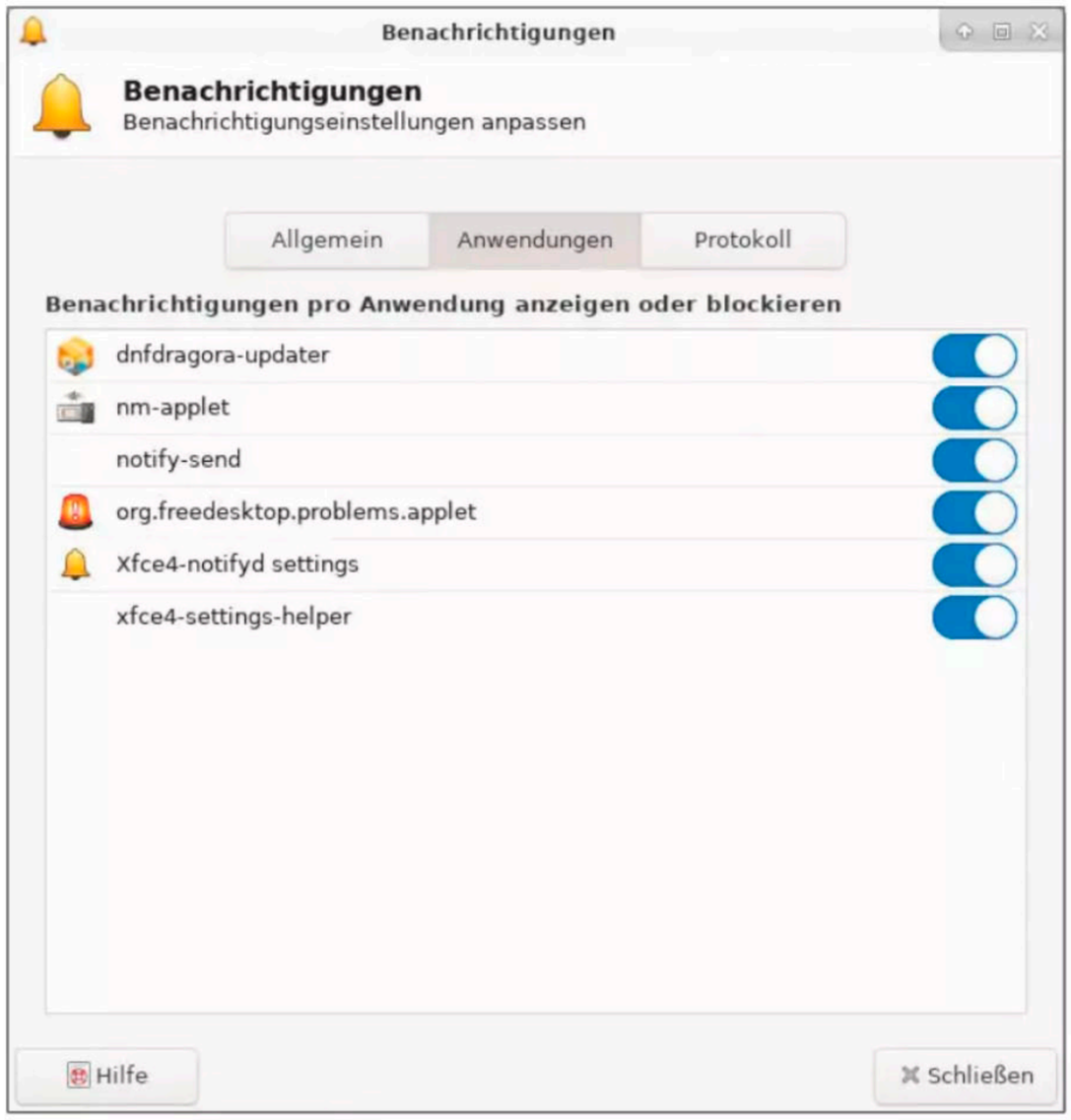
Die sendende Anwendung legt zudem eine Dringlichkeitsstufe für ihre Meldung fest. Dabei handelt es sich um eine Zahl zwischen 0 und 2, die sogenannten Urgency Levels. Eine mit einer 2 versehene Meldung ist kritisch – beispielsweise wenn dem PC gleich der Saft ausgeht. Neues im Posteingang des Mail-Clients ist dagegen vermutlich von eher niedriger Priorität (0). Verschickte Meldungen lassen sich in Kategorien einteilen: Eine Nachricht vom Typ `device.added` meldet beispielsweise, dass jemand gerade einen USB-Stick eingestöpselt hat.

Mithilfe des Kommandozeilenprogramms `notify-send` kann jeder selbst schnell eine Test-Nachricht verschicken. Das Tool gehört meist zum Paket „libnotify“ oder liegt in einem eigenen Paket. Unter Ubuntu und Co. installieren Sie einfach das Paket „libnotify-bin“. Dem Werkzeug müssen Sie eine Zusammenfassung der Nachricht sowie den eigentlichen Text jeweils in Anführungszeichen übergeben:

```
notify-send "Ein Test" "Dies ist ↵
↳eine bedeutungslose Testnachricht."
```



Xfce verteilt die Einstellungen zum Benachrichtigungssystem auf drei Register und erlaubt sogar den Eingriff in die optische Darstellung der Pop-up-Fenster.



Wollen Sie unter Xfce eine einzelne Anwendung stummschalten, müssen Sie anhand der Namen erraten, welcher Punkt der richtige ist.

cken muss, um derlei Meldungen künftig zu unterdrücken. Xfce blockiert dann alle Nachrichten des entsprechenden Typs, nicht aber die der Anwendung. Nervt Sie beispielsweise der Hinweis, dass eine Verbindung ins Netzwerk aufgebaut wurde und Sie klicken auf „Diesen Hinweis nicht mehr anzeigen“, meldet der Network-Manager trotzdem weiterhin unterbrochene Verbindungen. Rückgängig machen lässt sich diese Einstellung allerdings nicht ganz so einfach. Dazu brauchen Sie den etwas unübersichtlichen Dconf-Editor. Öffnen Sie diesen, suchen Sie darin nach `nm-applet` und deaktivieren Sie per Schieberegler die Option „disable-connected-notification“.

Zur weiteren Konfiguration der Benachrichtigungen hält Xfce in seinen Systemeinstellungen den Bereich „Benachrichtigungen“ bereit. Für konzentriertes Arbeiten ist die Option „Bitte nicht stören“ unter „Allgemein“ interessant. Ist sie aktiviert, poppen nur noch kritische Meldungen auf. Haben Sie mehrere Monitore angeschlossen, sorgt das Auswahlfeld neben „Benachrichtigungen anzeigen auf“ dafür, dass die Meldungen auf einem ganz bestimmten Bildschirm landen. In welcher Bildschirmecke sich die Pop-up-Fenster materialisieren, legen Sie mit „Standardposition“ fest.

Auch das Aussehen der Hinweise können Sie hier beeinflussen. Das „Thema“ verändert schnell die gesamte Optik, während der Schieberegler „Deckkraft“ die Nachrichten mehr oder weniger transparent erscheinen lässt. Die Pop-up-Meldungen verschwinden nach ein paar Sekunden, außer Sie entscheiden sich neben „Ausblenden nach“ für etwas anderes. Das Minimum liegt bei einer Sekunde, danach blendet Xfce die Nachricht langsam aus – vorausgesetzt Sie haben unter „Animationen“ die Option „Ausfaden“ aktiviert. Stattdessen (oder zusätzlich) schiebt „Hinausgleiten“, die Nachricht elegant aus dem Sichtfeld. Ein Klick auf „Vorschau“ demonstriert, wie Ihre Nachrichten künftig aussehen werden.

Einzelbehandlung

Alle Einstellungen, die Sie in diesem Dialog vornehmen, betreffen sämtliche Nachrichten. Wollen Sie dagegen nur eine Anwendung einbremsen, wechseln Sie in den Reiter „Anwendungen“. Hier listet Xfce alle Programme auf, die schon irgendwann einmal eine Nachricht verschickt haben – und zwar teilweise mit dem Namen der ausführbaren Programmdatei. Hinter dem „nm-applet“ verbirgt sich beispielsweise das Applet des Network-Managers, der sich über gekappte Netzwerkverbindungen beschwert. Um eine der Anwendungen zum Schweigen zu bringen, legen Sie den entsprechenden Schalter um. Kritische Nachrichten tauchen aber weiterhin auf.

Wenn Sie möchten, zeichnet Xfce sorgfältig alle eintrudelnden Meldungen unter „Protokoll“ auf. Legen Sie dazu einfach den Schalter hier um. Das ist vor allem im „Bitte nicht stören“-Modus sinnvoll, da sonst die anfallenden Nachrichten verloren gehen würden. Was genau sich Xfce merken soll, definieren Sie im Auswahlfeld „Anwendungen protokollieren“. Ob nur bei aktivem Bitte-nicht-stören-Modus protokolliert wird oder immer, können Sie sich hier ebenfalls aussuchen.

Standardmäßig listet das Protokoll auch die Meldungen aller Anwendungen auf, die Sie blockiert haben. Sind diese für Sie völlig uninteressant, wählen Sie bei „Anwendungen protokollieren“ die Option „alle außer die Blockierten“. Umgekehrt können Sie auch nur die blockierten Anwendungen protokollieren lassen. Das ist nützlich, wenn die betreffenden Kandidaten mit Pop-up-Fenstern nerven, Sie aber dennoch keine Nachrichten verpassen möchten.

Nach und nach sammeln sich nun Meldungen in der Liste; über die Schaltfläche mit dem gebogenen Pfeil aktualisieren Sie das Protokoll. Über die beiden Buttons daneben öffnen Sie die Liste zum Weiterverarbeiten und Durchsuchen in einem Texteditor oder löschen sie.

Inkonsistent

Zwar nutzen alle Linux-Desktops unter der Haube dieselbe Technik (siehe Kasten „Unter der Haube“), doch sie bieten ihren Anwendern völlig unterschiedliche Möglichkeiten, die Benachrichtigungen anzupassen. Während man sich unter Gnome und Cinnamon im Wesentlichen mit den Voreinstellungen zufrieden geben muss, erschlägt KDE Plasma mit zahlreichen Optionen. Einen Mittelweg in der Komplexität geht Xfce. (lmd) c't

Früher war alles besser!



Willkommen in der Welt der Classic Games, wo Computer- und Videospiele viel Kreativität und Spielspaß versprachen – und bis heute halten. Wir stellen Spiele, deren Entwickler und Plattformen vor. Bei Retro Gamer finden Sie Screenshots, Fakten, Tipps und mehr zu den Hits von damals.



Testen Sie 2× Retro Gamer mit 30 % Rabatt!

Lesen Sie 2 Ausgaben für nur 18,– Euro* statt 25,80 Euro* im Handel.

*Preis in Deutschland.

Jetzt bestellen und vom Test-Angebot profitieren:
www.emedia.de/rg-mini

Telefon: (0541) 800 09 126
(werktags von 8-20 Uhr, samstags von 10-16 Uhr),
E-Mail: rg-abo@emedia.de
eMedia Leserservice, Postfach 24 69, 49014 Osnabrück

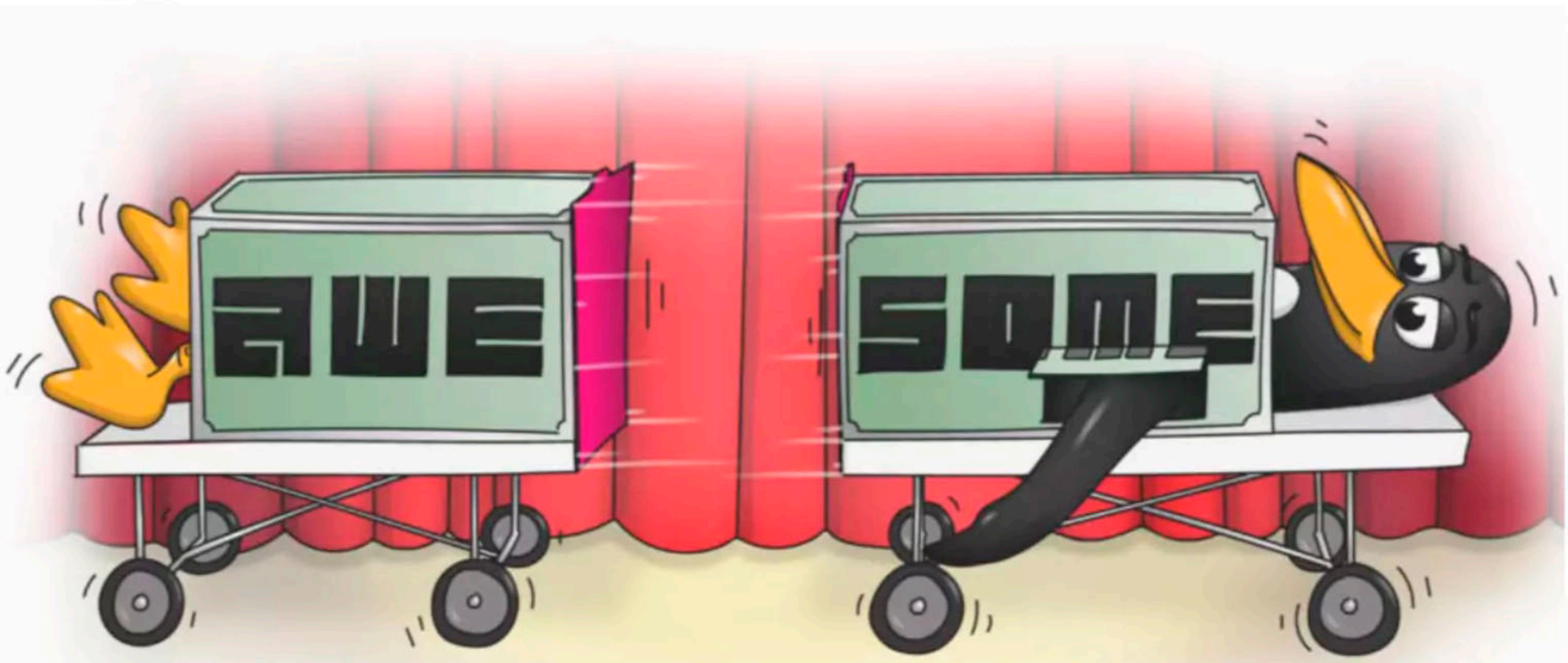


Bild: Michael Luther

Awesome: effizienter Desktop nach Maß

Der Fenstermanager Awesome unterscheidet sich in der Bedienung grundlegend von konventionellen Desktopumgebungen: Statt freischwebender Fenster werden die geöffneten Programme in einem Raster angeordnet. Überblick und schnelle Bedienung stehen im Vordergrund.

Von **Anna Simon**

Im Unterschied zu den Fenstermanagern von KDE oder Windows, welche die Programme schwebend und überlappend platzieren (Floating), verteilt ein Tiling-Window-Manager wie Awesome die Fenster kachelartig auf dem Bildschirm. Dadurch entsteht automatisch mehr Ordnung und der Nutzer hat einen besseren Überblick über die gerade geöffneten Programme.

Vorteilhaft ist dies nicht nur beim Vergleichen mehrerer Konfigurationsdateien, sondern etwa auch beim Recherchieren im Internet: Da man Suchergebnisse in eigenen Fenstern neben der Ergebnisliste öffnet, verliert man die Ergebnisliste selbst nie aus dem Blick.

Zwar sind längst auch in Windows, Gnome und KDE einige Tiling-Funktionen eingebaut, diese können aber nicht mit einem Spezialisten wie Awesome mithalten. Eine weitere Stärke von Tiling-Window-Managern ist ihr minimalistisches Design: Sie beschränken sich auf das Notwendigste und bringen keine ablenkenden visuellen Effekte oder nicht benötigte Funktionen mit. Dadurch verbrauchen sie sehr wenige Systemressourcen und eignen sich auch für alte oder leistungsschwache Hardware.

Tiling-Window-Manager sind aufgrund ihrer tastaturlastigen und daher anfangs weniger intuitiven Bedienung nicht so populär wie klassische Bedienoberflächen. Um sie effizient zu nutzen, muss man sich einige Tastaturkombinationen merken. Ist diese Hürde überwunden, arbeitet es sich mit ihnen aber

wesentlich zügiger und bequemer als mit traditionellen Desktopumgebungen.

Zu den bekanntesten Tiling-Window-Managern gehören i3 und Awesome. i3 ist einfach zu konfigurieren und sehr gut dokumentiert [1]. Von Nachteil ist jedoch, dass i3 ein manueller Tiling-Window-Manager ist: Er ordnet die Fenster daher zunächst alle nebeneinander an. Wenn Sie die Fenster anders positionieren wollen, müssen Sie Größe und Position jeweils manuell anpassen. Bei Awesome hingegen wechseln Sie einfach mit Super+Leertaste zum Gitterlayout. Awesome zählt daher zu den dynamischen Tiling-Window-Managern.

Ferner werden bei Awesome Fenster virtuellen Arbeitsflächen mithilfe von Tags zugeordnet, die man per Tastenkürzel zuweist. Ein Fenster kann daher mehrere Tags haben, was vor allem dann nützlich ist, wenn man ein bestimmtes Programm immer im Blick haben muss. Sie können beispielsweise einen Webbrowser, in dem eine Videokonferenz läuft, gleichzeitig an mehrere virtuelle Arbeitsflächen „pinnen“. Auf diesen können Sie zusätzlich verschiedene andere Programme öffnen. So ist es möglich, die Fenster und Arbeitsflächen nach bestimmten Aufgaben aufzuteilen.

Awesome vereint dabei das Beste aus beiden Welten, da er auch den konventionellen Floating-Modus besitzt und zudem vollständig mit der Maus bedienbar ist. Awesome funktioniert wie die meisten anderen Tiling-Window-Manager nur unter X. Wer auf Wayland angewiesen ist, muss sich Alternativen wie Sway ansehen.



Den Fenstermanager ändern Sie in GDM vor der Anmeldung über das Zahnrad-Symbol.

Installation und erste Schritte

Wenn Sie Awesome ohne Installation ausprobieren wollen, laden Sie das ISO-Image ArcoLinuxB-Awesome oder Manjaro Awesome (siehe ct.de/wx7v) herunter. Beide enthalten ein auf Arch Linux basiertes Live-System mit einem vorkonfigurierten Awesome, wobei die Einstellungen variieren. Kopieren Sie das Image mit einem Programm wie Gnome Laufwerke oder balenaEtcher auf einen USB-Stick oder starten Sie es in einer virtuellen Maschine wie Gnome Boxes oder Virtualbox. Bei Manjaro müssen Sie sich mit dem Passwort „manjaro“ anmelden.

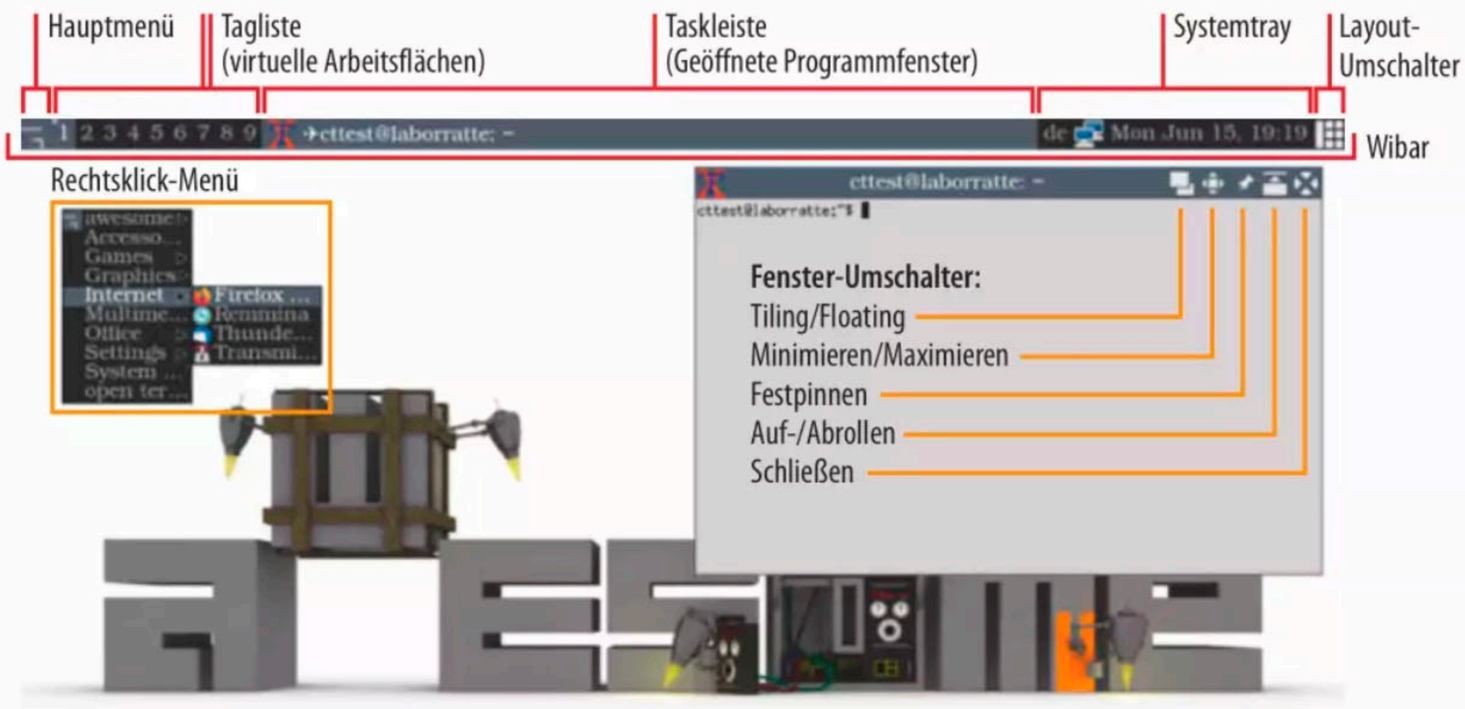
Bei den gängigen Linux-Distributionen müssen Sie nur das Paket awesome installieren, beispielsweise in Ubuntu mit `sudo apt install awesome`. Melden Sie sich anschließend von Ihrer Desktopumgebung ab, wählen Sie beim Anmeldebildschirm „awesome“ als Desktopumgebung und loggen Sie sich wieder ein. Beim von Ubuntu verwendeten GDM versteckt sich die Liste der Desktopumgebungen hinter dem Zahnradsymbol in der unteren rechten Ecke. Dieses sehen Sie, nachdem Sie Ihren Benutzernamen gewählt haben.

Wenn Sie Awesome das erste Mal starten, sehen Sie nur das Hintergrundbild von Awesome und die Systemleiste, genannt Wibar, am oberen Bildschirmrand. In der linken Ecke der Leiste befindet sich das Menü-Icon, über das Sie ein Anwendungsmenü aufrufen können; je nach Distribution enthält es mehr oder weniger Einträge. Die Ziffern 1 bis 9 rechts daneben stehen für die Tags, über die Sie auf die neun unterschiedlichen virtuellen Arbeitsflächen gelangen. Ganz rechts sehen Sie das Layout-Icon, das das gerade aktive Bildschirmlayout anzeigt. Awesome arbeitet zunächst im Floating-Modus, bei dem die Fenster der aktiven Anwendungen einander überlappen. Mit Super+Leertaste wechseln Sie in den Tiling-Modus. Abhängig von der Anzahl der Fenster zeigt der Fenstermanager dann links ein großes und rechts mehrere kleinere Fenster an. Wenn Sie weitere Male Super+Leertaste drücken, werden die Fenster nach anderen Schemata angeordnet: Das größte Fenster ist dann wahlweise rechts, oben oder unten. In einem anderen Schema werden die Fenster gleichmäßig auf dem Bildschirm verteilt. Es gibt noch weitere Anordnungsmuster. In der Mitte der Wibar befindet sich die Tasklist, die die aktiven Anwendungen auf der Arbeitsfläche anzeigt.

Starten Sie ein Programm wahlweise über das Menü links in der Wibar, mit dem Kontextmenü über die rechte Maustaste oder indem Sie Super+R ge-

Awesome-Bedienelemente

Awesome verfügt neben bekannten Schaltflächen für Menüs und Fenster-Aktionen wie Maximieren auch über zusätzliche Buttons, um den Tiling-Modus zu steuern.



folgt vom Programmnamen, beispielsweise `firefox`, eingeben und anschließend die Entertaste drücken. Schließen können Sie Programme mit Super+Umschalt+C. Die wichtigsten Shortcuts sehen Sie in der Tabelle. Super+S blendet eine vollständige Liste der Tastaturkürzel ein.

In der Standardkonfiguration besitzen Fenster eine Titelleiste, wo sich auf der rechten Seite die bekannten Schaltflächen zum Schließen, Minimieren und Maximieren befinden. Zusätzlich gibt es eine Schaltfläche, mit der man das Fenster vom Floating- in den Tiling-Modus oder umgekehrt umschaltet.

Bei der Distribution Fedora gibt es unter Awesome zunächst keinen Ton. Dies liegt daran, dass der Pulseaudio-Dienst nicht automatisch startet. Sie müssen daher Pulseaudio manuell aktivieren, indem Sie einmalig den folgenden Befehl als normaler User in einem Terminalfenster eingeben:

```
systemctl --user enable pulseaudio
```

Awesome ist ein reiner Fenstermanager, daher enthält er im Unterschied zu Desktopumgebungen keine Zusatzprogramme wie einen Energiesparmanager, eine Bildschirmsperre oder einen Dateimanager. Man nutzt daher Komponenten anderer Desktopumgebungen. Empfehlenswert sind hierfür insbesondere der Xfce Power Manager und der Dateimanager PCManFM. Für optische Einstellungen bieten sich LXAppearance und LXRandR an, sowie das NetworkManager-Applet (nm-applet), um das Netzwerk im Blick zu haben.

Awesome Tastaturkürzel

Aktion	Tastenkombination[1]
Terminal öffnen	Super+Enter
Tastenkürzel einblenden	Super+S
Programm schließen	Super+Umschalt+C
Befehl ausführen	Super+R
Programmmenü aufrufen	Super+P
Awesome beenden	Super+Umschalt+Q
Awesome neu laden	Super+Strg+R
Bildschirm-Layout wechseln	Super+Leertaste
Tiling-/Floating-Modus wechseln	Super+Umschalt+Leertaste
Fenster maximieren	Super+M
Auf Arbeitsfläche 1–9 wechseln	Super+1–9
Fenster auf Arbeitsfläche 1–9 schieben	Super+Umschalt+1–9
Vorheriges Fenster fokussieren	Super+K
Fenster auf Arbeitsfläche 1–9 festpinnen	Super+Strg+Umschalt+1–9
Nächstes Fenster fokussieren	Super+J
Fenster an die nächste / vorige Position schieben	Super+Umschalt+J / Super+Umschalt+K

[1] Tastaturkombinationen in der Standardkonfiguration

Autostart einrichten

Damit Zusatzkomponenten wie nm-applet automatisch starten, müssen Sie die Konfiguration von Awesome anpassen. Erstellen Sie dafür in Ihrem Home-Verzeichnis mit `mkdir -p ~/.config/awesome/` den Konfigurations-Ordner für Awesome. In `~/.config/awesome/` legen Sie eine Datei mit dem Namen `autorun.sh` und folgendem Inhalt an:

```
#!/usr/bin/env bash
function run {
  if ! pgrep -f $1;
  then
    $@&
  fi
}
run nm-applet
```

Die Funktion `run` überprüft, ob das Programm schon läuft und startet es nur, wenn dies nicht der Fall ist. Für jeden weiteren Befehl, den Sie zusammen mit Awesome ausführen wollen, ergänzen Sie eine Zeile mit `run Programmname`. Speichern Sie die Änderungen und machen Sie die Datei mit folgendem Befehl ausführbar:

```
chmod +x ~/.config/awesome/autorun.sh
```

Das Autostart-Skript müssen Sie nun nur noch in die zentrale Konfigurationsdatei von Awesome eintragen, damit dieses nach dem Anmelden aufgerufen wird.

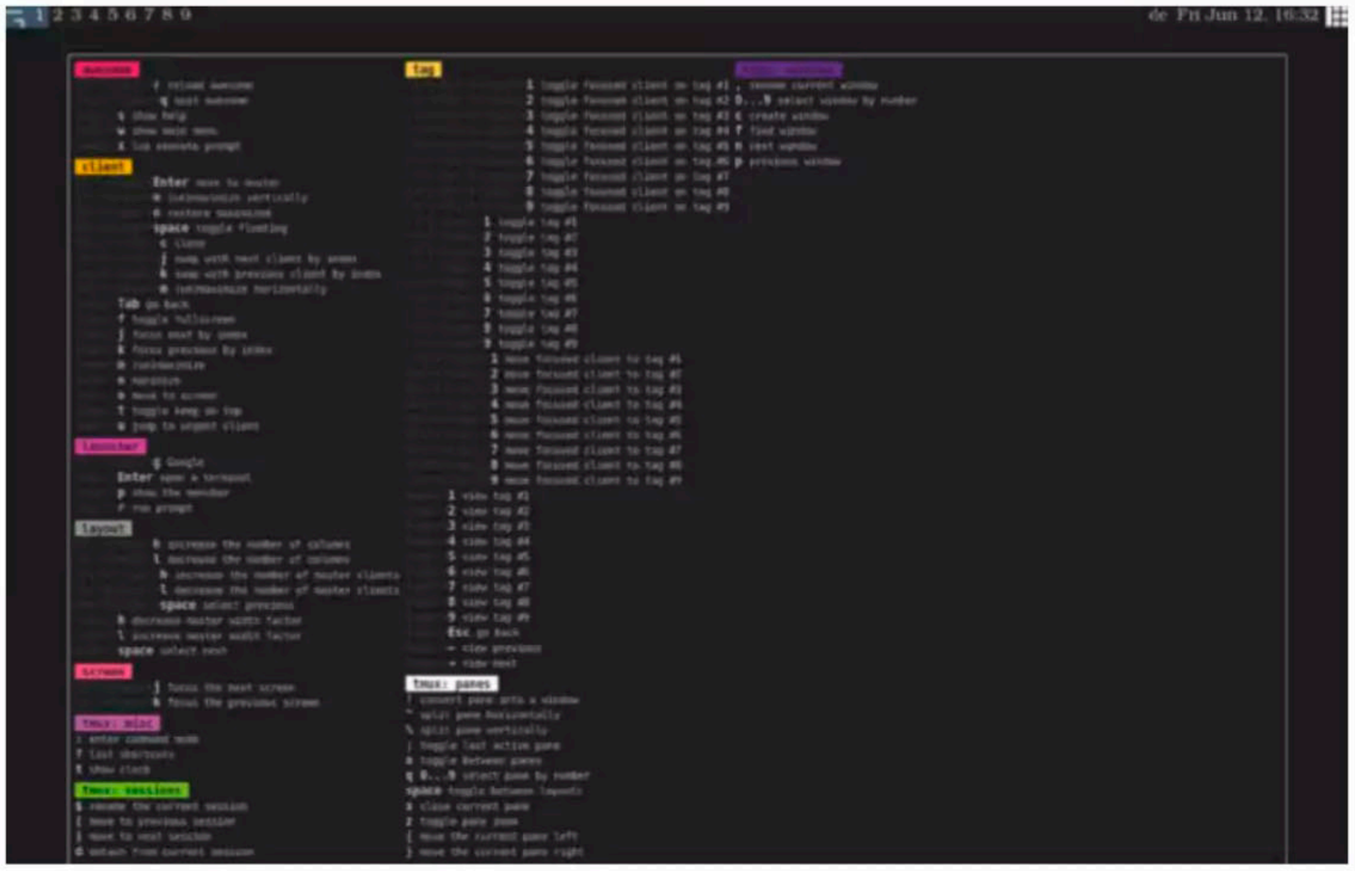
Um nicht bei Null anzufangen, kopieren Sie die Datei `/etc/xdg/awesome/rc.lua`, die eine Beispielkonfiguration enthält, nach `~/.config/awesome/`. Wie der Dateiname schon andeutet, wird Awesome mittels der Skriptsprache Lua konfiguriert. Das macht die Konfiguration extrem flexibel. Öffnen Sie anschließend die Datei `rc.lua` in einem Texteditor und fügen Sie diese Zeile ein, damit das Skript beim Starten von Awesome ausgeführt wird:

```
awful.spawn.with_shell(
"~/.config/awesome/autorun.sh")
```

Speichern Sie die Änderungen. Überprüfen Sie dann, ob das nm-applet zusammen mit Awesome gestartet wird, indem Sie Strg+Super+R drücken. Dadurch wird Awesome neu geladen und rechts oben in der Leiste sollten Sie nun ein kleines Netzwerksymbol sehen.

Bevor Sie Änderungen an Konfigurationsdateien vornehmen, erstellen Sie davon eine Sicherungskopie. So können Sie die Änderungen leicht rückgängig machen, falls die neue Konfiguration durch einen Fehler unbrauchbar wird.

Beachten Sie außerdem, dass die Verwendung älterer Konfigurationsdateien für neuere Programmversionen zu Fehlermeldungen führen kann. Die in diesem Artikel beschriebene Konfiguration des Fenstermanagers gilt daher grundsätzlich für die derzeit aktuelle Version 4.3.



Die über Super+S eingeblendete Liste der Tastenkürzel wird direkt aus den Einstellungen erzeugt und ist immer aktuell.

Programmen Tastaturkürzel zuweisen

In der Datei rc.lua können Sie auch eigene Tastenkombinationen definieren. Um Firefox mit der Seite google.com durch die Tastaturkombination Strg+Super+G aufzurufen, gehen Sie wie folgt vor: Suchen Sie den Abschnitt „Key bindings“. Hier sind die Tastaturkombinationen definiert. Sie beginnen alle mit `awful.key`. Fügen Sie unterhalb von `globalkeys = gears.table.join(` in einer neuen Zeile den folgenden Befehl für die neue Tastenkombination ein, wobei Sie die Zeilenumbrüche weglassen können:

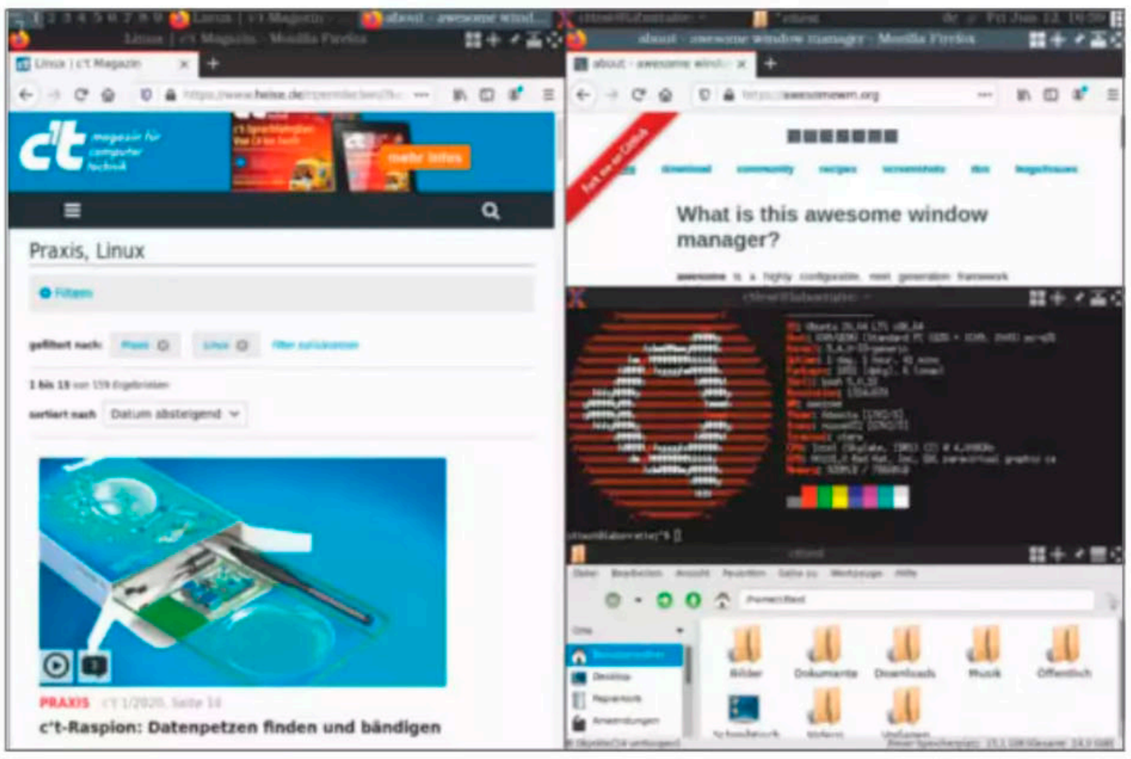
```
awful.key(
{ modkey, "Control"}, "g",
 function ()
   awful.spawn("firefox google.com")
 end,
{
   description = "Google",
   group = "launcher"
 }
 ),
```

Das Schlüsselwort `awful.key` definiert in der Awesome-Konfiguration eine Tastenkombination. Der Befehl erwartet in dieser Reihenfolge die Zusatztasten (Umschalt, Strg …), die Haupttasten, dann eine Aktion und zuletzt eine Beschreibung für die Liste der Tastenkombinationen. Die einzelnen Elemente sind durch Kommata getrennt und mehrere Einträge durch geschweifte Klammern gruppiert. Zwei vollständige `awful.key`-Befehle müssen Sie mit einem Komma voneinander trennen. Auf `awful.key` folgen also in diesem Fall zuerst die Zusatztasten mit `mod key` und `Control` sowie `g`; anschließend wird der Fenstermanager mit der Funktion `awful.spawn` angewiesen den Befehl `firefox google.com` auszuführen. Der „modkey“ ist in der Standard-Konfiguration die Super-Taste.

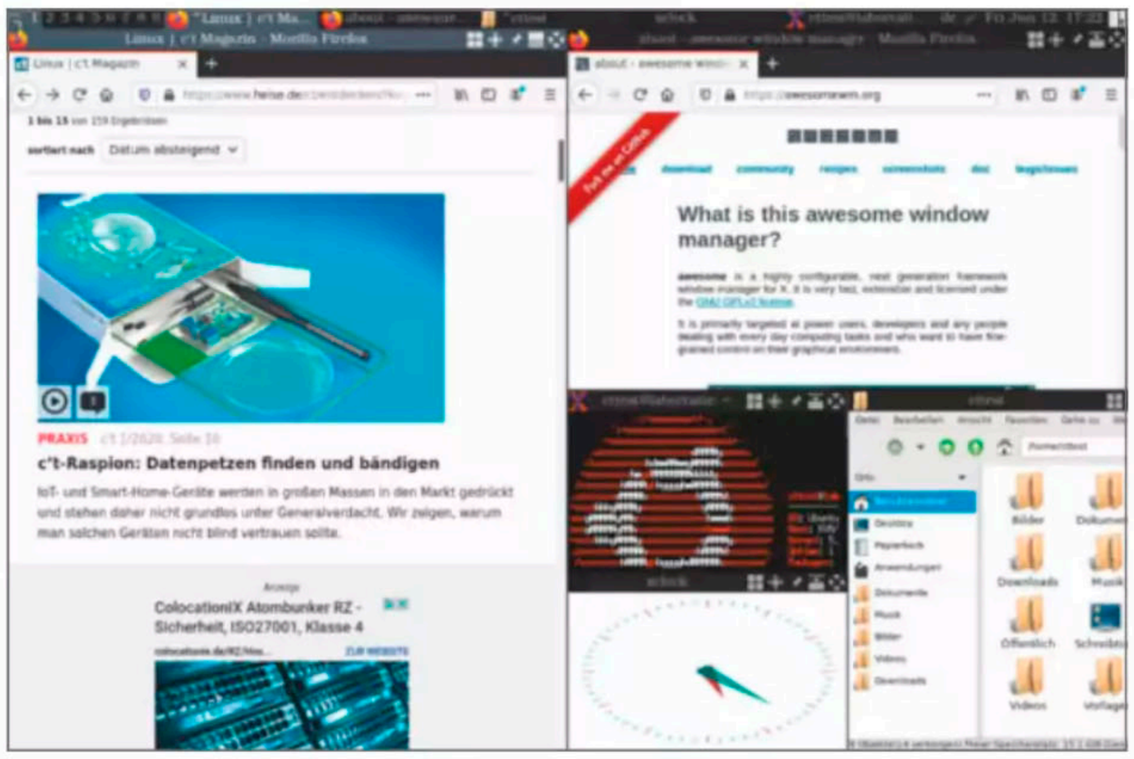
Bevor Sie eine neue Tastaturkombination erstellen, überprüfen Sie aber, ob die Kombination schon belegt ist. Verwenden Sie dafür die Suchen-Funktion Ihres Texteditors oder listen Sie mit `grep awful.key ~/.config/awesome/rc.lua` alle entsprechenden Konfigurationszeilen auf.

Erscheinungsbild und Bildschirmlayouts anpassen

Sie können fast alle Eigenschaften von Awesome Ihrem Geschmack anpassen. Um die Wibar am unteren Bildschirmrand anzuzeigen, suchen Sie in der Datei rc.lua nach `awful.wibar` und ändern dort den Wert für `position` von `top` zu `bottom`. Empfehlenswert ist die Anpassung der Layout-Liste. Diese legt fest, welche der vielen eingebauten Bildschirm-Layouts

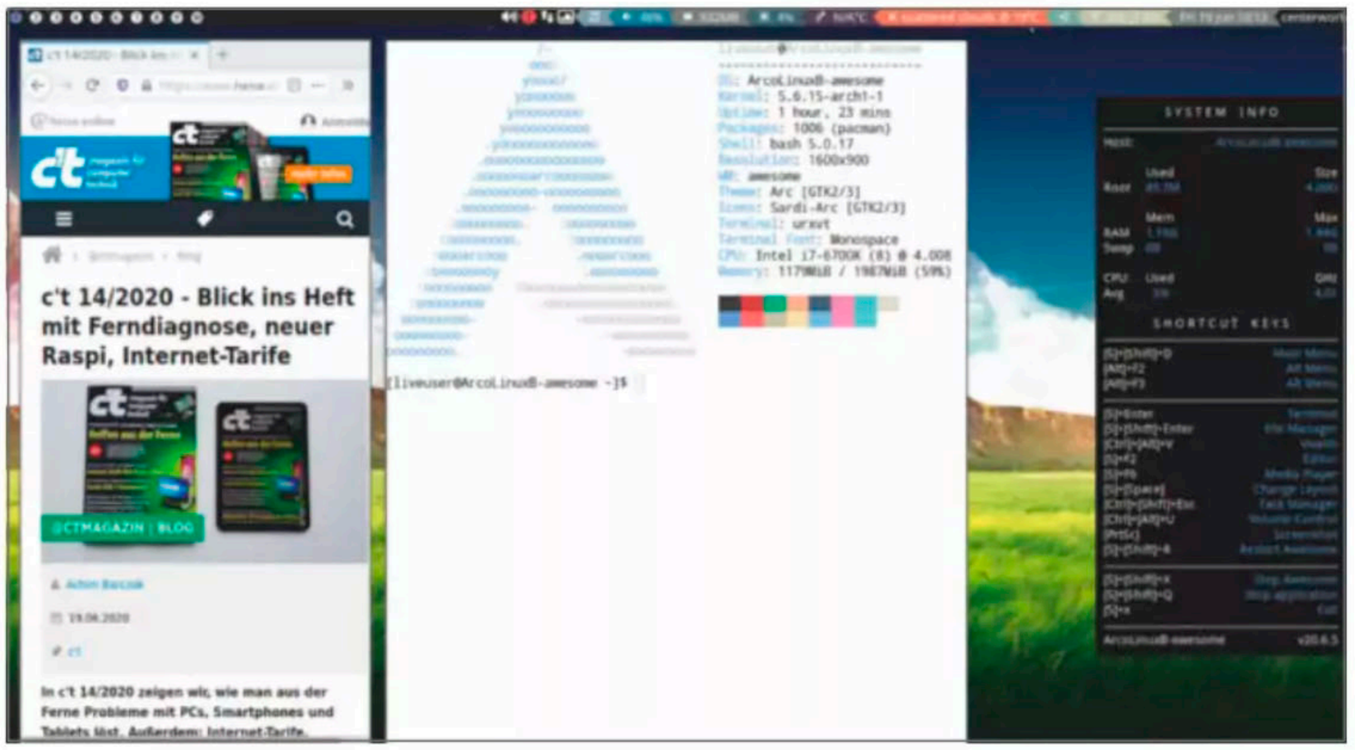


Awesome ordnet die Programme nebeneinander an, wobei ein Fenster – wie hier links Firefox – als Hauptfenster definiert ist. Die weiteren Fenster teilen sich den Bereich in der rechten Hälfte.



Awesome kennt von einem gleichmäßigen Gitter bis hin zu einer Spirale diverse Layouts, nach denen es Fenster anordnet. Welches Layout Sinn macht, hängt auch von der Monitor-Auflösung ab.

Das Livesystem Arco-LinuxB-awesome zeigt anschaulich, wie sehr sich Verhalten und Aussehen von Awesome anpassen lassen.



Awesome verwendet und in welcher Reihenfolge sie aktiviert werden. Die Liste beginnt mit

```
awful.layout.layouts = {
```

Um das Floating-Layout zu deaktivieren und den Fenstermanager nur im Tiling-Modus zu betreiben, setzen Sie zwei Bindestriche vor `awful.layout.suit.floating`, um die Zeile auszukommentieren.Mit `awful.layout.suit.tile`, nimmt das neueste Fenster immer die ganze linke Bildschirmhälfte ein, während die anderen Fenster in der rechten Bildschirmhälfte zusammengedrängt werden; mit `awful.layout.suit.tile.left` befindet sich das große Fenster rechts. Andere Layouts ordnen die Fenster in Reihen beziehungsweise Spalten an oder etwa in Form einer Spirale. Schieben Sie die Zeile mit Ihrem Lieblings-Layout an die erste Stelle, damit Awesome die Fenster standardmäßig nach diesem Schema anordnet.

Das Erscheinungsbild von Awesome wie Schriften, Hintergrundbild oder Farben passen Sie in der Theme-Datei `theme.lua` an. Kopieren Sie dazu das Vorgabetheme `theme.lua` aus `/usr/share/awesome/themes/default/` nach `~/.config/awesome/themes/default/theme.lua`. Öffnen Sie danach theme.lua aus ihrer persönlichen Konfiguration mit einem Editor. Um die Schriftgröße zu ändern, suchen Sie folgende Zeile:

```
theme.font = "sans 8"
```

Um stattdessen die Schriftart „DejaVu Sans Mono“ in 10 Punkt zu verwenden, ändern Sie den Wert zu `"DejaVu Sans Mono 10"`. Anschließend müssen Sie noch in der Datei rc.lua den Pfad zum neuen, benutzerdefinierten Theme ändern, indem Sie dort die Zeile suchen, in der das Theme geladen wird:

```
beautiful.init(
    gears.filesystem.get_themes_dir()
  .. "default/theme.lua")
```

Die Funktion `beautiful.init` lädt die Theme-Einstellungen aus der Datei, die in der Klammer angegeben ist. Der Aufruf `gears.filesystem.get_themes_dir()` gibt den Pfad zum Theme-Verzeichnis als Zeichenkette aus. Mit den zwei Punkten (`..`) wird die Angabe des Theme-Unterverzeichnisses (`"/default/theme.lua"`) zu einem vollständigen, gültigen Pfad verknüpft. Ersetzen Sie die Angaben durch `gears.filesystem.get_configuration_dir()`, was auf Ihr Konfigurationsverzeichnis verweist und geben Sie den Pfad zur neuen Datei an:

```
beautiful.init(
    gears.filesystem ↵
↳.get_configuration_dir()
  .. "/themes/default/theme.lua")
```

Weitere Hilfe

Dank der detaillierten Dokumentation und einer aktiven Community ist Awesome trotz des komplexen Ansatzes verhältnismäßig einfach zu konfigurieren.

Einen guten Überblick über die Konfigurationsoptionen geben die Befehlsreferenz, die FAQ sowie das Arch-Linux-Wiki. Hilfreich sind außerdem die fertigen Konfigurationsdateien, die Sie auch auf GitHub finden (siehect.de/wx7v). (ktn) c't

Literatur

[1] Thomas Rossow, **Besser kacheln**, Der Tiling Window Manager i3 für Linux, c't 16/2014, S. 154

Downloads, Hilfen und Konfigurationsdateien

ct.de/wx7v



Bild: Sven Hauth

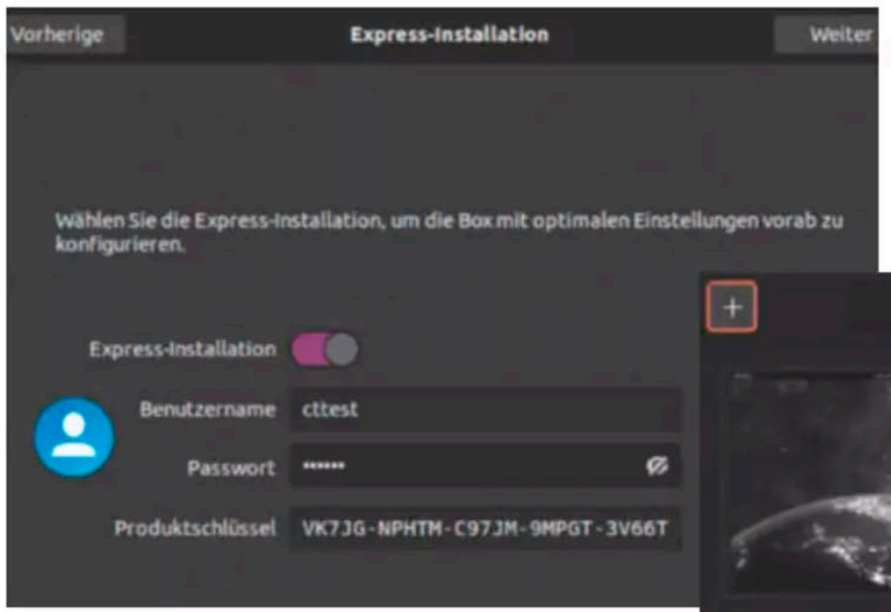
Virtualisierung ganz einfach

Auf einem Linux-PC hin und wieder ein Windows nutzen ohne nervige Dual-Boot-Installation? Schnell mal die neueste Distribution ausprobieren, ohne das Hauptsystem zu zerschießen? Kein Problem – die passenden Werkzeuge sind schon in Linux enthalten.

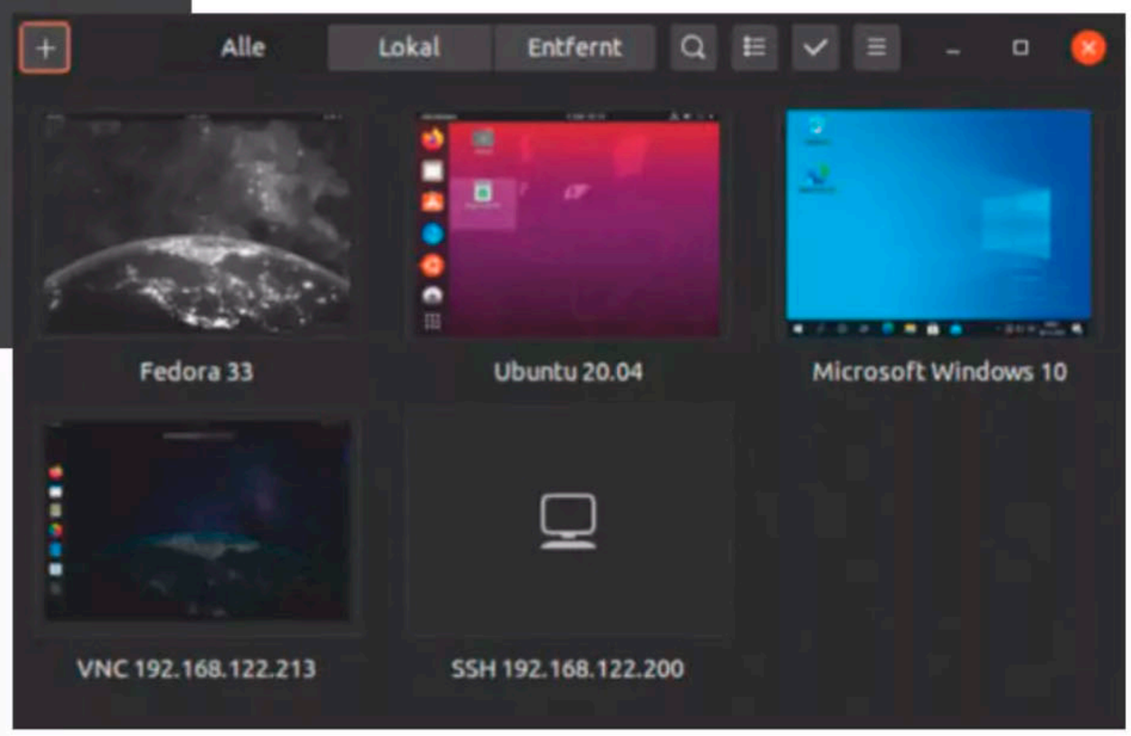
Von **Keywan Tonekaboni**

Virtualisierung ist auf Servern gang und gäbe, um eine flexible, portable und ausfallsichere Infrastruktur einzurichten: Ein trickreiches Stück Software erzeugt eine oder mehrere sogenannte virtuelle Maschinen (VMs), indem es alle Ressourcen, aus denen ein Rechner besteht, teils emuliert und teils vom Host-System abzwackt. In so eine VM lässt sich dann ein weiteres Betriebssystem installieren, das völlig autark und abgeschottet vom Host läuft. Dasselbe lässt sich auch gut auf einem Desktoprechner nutzen. Durch passende Prozessorerweiterungen und pfiffige Lösungen in der Virtualisierungssoftware läuft eine virtuelle Maschine fast so schnell wie echte Hardware. Angeschlossene Geräte lassen sich vom Host-System in die Gastsysteme hineinreichen. Und für all das braucht man nicht einmal mehr Root-Rechte oder besondere Berechtigungen.

Es gibt diverse Gründe dafür, auf einem Desktopsystem oder einem Notebook virtuelle Maschinen zu nutzen. Auf die Linux-Titelstory in c't 21/2020 meldeten sich etliche Leser, die gerne ganz auf Linux



Bei der Express-Installation richtet Gnome Boxen das System vollautomatisch ein und legt auch den gewünschten Benutzer samt Passwort an.



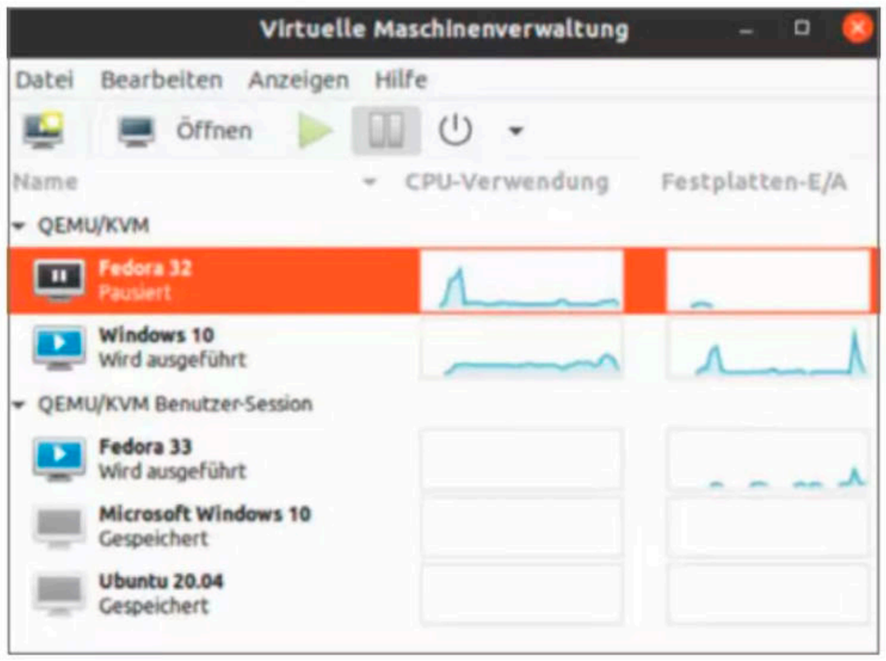
Mit Gnome Boxen verwaltet man virtuelle Maschinen und öffnet Verbindungen zu anderen Rechnern per SSH und VNC.

umsteigen wollen, aber es gebe da noch die eine zwingend benötigte Windows-Software. Allzu oft hilft da auch die Laufzeitumgebung Wine nicht weiter. Dual-Boot ist wiederum umständlich und lästig, da der Neustart Zeit und Nerven raubt und im anderen System nicht alle Daten zur Hand sind. Stattdessen einfach Windows in einem Programmfenster zu starten oder gar nur kurz aus dem Tiefschlaf zu wecken, ist deutlich bequemer. Sogar Copy & Paste zwischen Host- und Gastsystem klappt meist problemlos. Mithilfe von Snapshots lässt sich der Stand eines Systems sichern und bei Fehlschlägen und verkorksten Installationen zurücksetzen.

Sinnvoll ist eine virtuelle Maschine auch, wenn eine Software nur unter Windows 7 oder älter läuft. Da Microsoft dort keine Lücken mehr schließt, ist die Nutzung sicherheitstechnisch höchst problematisch. Um die Oldie-Software dennoch beruhigt zu verwenden, kappt man der VM einfach den Netzwerk- oder Internetzugriff. Ist Internetzugriff für die Software notwendig, sollte man sich dringend um eine Alternative oder ein Update bemühen.

Doch auch wer keine Sehnsucht nach der Software aus Redmond hat, findet in virtuellen Maschinen ein nützliches Werkzeug. In der Redaktion verwenden wir VMs, um die Bedienoberflächen neuer Linux-Systeme auszuprobieren oder neue Versionen mit alten zu vergleichen. Soweit es nicht die Hardware-Unterstützung betrifft, bekommen wir einen guten ersten Eindruck, fertigen einen Screenshot an oder prüfen schnell etwas nach. Entwickler und Administratoren nutzen VMs, um Testsysteme aufzusetzen, zu experimentieren oder die eigene Software auf Herz und Nieren zu prüfen.

Diese Praxisanleitung ist nicht auf den Einsatz in großen Installationen angelegt, sondern konzentriert sich auf virtuelle Maschinen für den persönlichen Gebrauch, die sich mit einer grafischen Bedienoberfläche einrichten und verwalten lassen. Einfach handhabbare Werkzeuge stehen im Vordergrund. Hilfreich ist hier Libvirt, eine Abstraktionsschicht für unterschiedliche Virtualisierungstechniken wie KVM (Kernel-based Virtual Machine) und Xen. In unserem Beispiel nutzen wir Libvirt aber ausschließlich für mit QEMU und KVM realisierte virtuelle Maschinen. Grafische Programme wie Gnome Boxen und der von Red Hat entwickelte Virtual Machine Manager, besser bekannt als Virt-Manager, erleichtern die Einrichtung und Verwaltung immens. Mit Gnome Boxen werden VMs unkompliziert erstellt und mit Virt-Manager flexibel nach den eigenen Wünschen konfiguriert.



Virt-Manager zeigt die VMs unterschiedlicher Virtualisierer mit detaillierten Informationen wie der CPU-Last an.

Voraussetzungen

QEMU ist, anders als der Name „Quick Emulator“ suggeriert, nicht nur ein Emulator, sondern auch eine Virtualisierungslösung. Mit ihr kann man sowohl diverse Architekturen emulieren, etwa um Software für ARM-Chips auf einem x86-System laufen zu lassen, als auch virtualisierte Hardware erzeugen. Im Zusammenspiel mit dem im Linux-Kernel eingebauten Hypervisor KVM läuft auf x86-Systemen ein x86-Gastsystem mit sehr geringen Geschwindigkeitseinbußen. Eine Latenz ist unter Umständen wahrnehmbar, aber flüssiges Arbeiten ist ohne Weiteres möglich. KVM benötigt dafür Prozessoren mit Befehlssatzerweiterungen für Virtualisierung. AMD nennt die Technik schlicht AMD-V, Intel vermarktet sie unter den Namen VT-x. Alle gängigen Prozessoren enthalten diese Erweiterungen, aber unter Umständen müssen Sie sie im BIOS-Setup einschalten. Um zu prüfen, ob Ihr System die Virtualisierungserweiterung unterstützt, öffnen Sie ein Terminal und geben Folgendes ein:

```
lscpu | grep Virt
```

Der Befehl `lscpu` listet Bezeichnung und Eigenschaften Ihrer CPU auf und mit `grep` filtern Sie gezielt den gewünschten Eintrag heraus. Eine Antwort wie „Virtualisierung: VT-x“ zeigt eine einsatzbereite Virtualisierungserweiterung an. Gibt der Befehl keine Rückmeldung, so unterstützt der Prozessor dies nicht oder es ist noch nicht aktiviert. Konsultieren Sie im Zweifel die Datenbanken der Prozessorhersteller (siehe ct.de/w7x5).

Sollte Ihre CPU über VT-Erweiterung verfügen, aber diese werden von `lscpu` nicht angezeigt, dann starten Sie den Computer neu und öffnen das BIOS-Setup. Suchen Sie nach Begriffen wie „Virtualization“, „Intel VT“ oder „SVM“ (bei AMD-Systemen) und aktivieren Sie die entsprechenden Einträge. Diese finden sich meist versteckt in Rubriken wie „CPU Configuration“, „Chipset“ oder „Advanced“, aber auch schon einmal unter „Security“. Aktivieren Sie auch Erweiterungen wie „VT-d“ (Intel) oder „IOMMU“/„AMD-Vi“ (AMD), die Hardwarezugriff, Dateioperationen und Netzwerkverkehr in einer VM beschleunigen. Darüber hinaus ermöglichen sie es, dass man physische Hardware-Erweiterungen, etwa Steckkarten, direkt in der VM nutzen kann. Die einzelnen Optionen sind teilweise auch verteilt in verschiedenen (Unter-)Kategorien wie „Northbridge“ oder „System Agent“.

Neben der passenden CPU benötigt man noch Speicherplatz für die virtuellen Festplatten und ausreichend Arbeitsspeicher. Die Entwickler von Gnome Boxen empfehlen mindestens 8 GByte RAM und 20 GByte freien Platz auf dem Datenträger. Wer nur 8 GByte RAM zur Verfügung hat, sollte aber andere Anwendungen beenden und muss sich gerade bei Windows auf ein gemächliches Tempo einstellen. Den Festplattenplatz sollte man pro virtuelle Festplatte einplanen, je nach Gastsystem sogar deutlich mehr. Wir empfehlen für ein grafisches Linux-System 20 GByte und für Windows 10 sogar 75 GByte oder mehr. Die virtuellen Platten werden im QEMU-Format „Qcow2“ angelegt und belegen nur den tatsächlich benötigten Speicherplatz. Wenn also 50 GByte eingeplant sind, aber aktuell nur 20 GByte vom Gastsystem genutzt werden, belegt das qcow2-Image auf dem Datenträger des Host-Systems in der Regel auch kaum mehr als die 20 GByte. Daher können Sie im Zweifel die Image-Dateien ruhig großzügiger anlegen, aber denken Sie daran, dass Ihr Host-System und andere VMs auch wachsen und Schnappschüsse zusätzlichen Platz belegen.

Schnellstart mit Gnome Boxen

Am schnellsten richten Sie eine virtuelle Maschine mit Gnome Boxen ein, was vorwiegend als ein grafisches Frontend für Libvirt fungiert. Wie für eine Gnome-Anwendung typisch sind die Einstellungen auf das Wesentliche begrenzt. Der von Gnome Boxen

genutzte Libvirt-Daemon erfordert keine zusätzlichen Berechtigungen, denn er läuft komplett im Kontext des Benutzers (`qemu:///session`). Die Images der virtuellen Datenträger liegen dann im eigenen Home-Verzeichnis in `~/.local/share/gnome-boxes/images/`. Lediglich die Netzwerkkonfiguration ist eingeschränkt, aber für die meisten Einsatzzwecke ausreichend. Details und Alternativen dazu erklärt der Artikel auf Seite 94.

Installieren Sie Gnome Boxen über das Paket `gnome-boxes` aus der Paketverwaltung, beispielsweise `apt install gnome-boxes` in Debian, Linux Mint oder Ubuntu. In Fedora Workstation ist Gnome Boxen schon vorinstalliert. Alternativ installieren Sie sich die neueste Version als Flatpak von Flathub.org. Diese Variante legt die Images in `~/.var/app/org.gnome.Boxes/data/gnome-boxes/` ab.

Öffnen Sie Gnome Boxen und klicken Sie auf das Plus-Symbol in der oberen linken Ecke, dann auf den Eintrag „Eine virtuelle Maschine erstellen“. Daraufhin erscheint ein Dialog, über den Sie ein Betriebssystem-Image herunterladen oder ein lokal vorhandenes auswählen können. Einige Distributionen schlägt Gnome Boxen direkt vor. Weitere finden Sie in der Download-Liste, wenn Sie auf die drei Pünktchen klicken; neben gängigen Linux-Distributionen auch BSD-Systeme und sogar FreeDOS. Entscheiden Sie sich für ein Download, lädt Gnome Boxen das Installations-Image im Hintergrund herunter und benachrichtigt Sie im Anschluss.

Haben Sie schon eine ISO-Datei, initiieren Sie über den Eintrag „Betriebssystem-Abbilddatei“ den Dateiauswahldialog und öffnen das gewünschte Image. Erkennt Gnome Boxen das zur Installation geplante Betriebssystem, schlägt es Werte für die Größe des Arbeitsspeichers und des Datenträgers vor. Ändern Sie die zugewiesenen Ressourcen gegebenenfalls über den „Anpassen“-Knopf.

Bei manchen Images bietet Gnome Boxen eine „Express-Installation“ an, etwa bei Windows 10, openSUSE und Debian. Hier gibt man den zu erzeugenden Benutzer samt Passwort an und bei Windows zwingend noch einen Produktschlüssel. Den Rest der Installation übernimmt dann Gnome Boxen vollautomatisch. Bei Debian 10 wurden wir zwar vor weiteren Fragen verschont, aber wirklich schnell war die Prozedur nicht. Anders bei Windows 10, das Gnome Boxen auf unserem Testsystem in weniger als zehn Minuten fertig installierte. Falls Sie Windows nur temporär ausprobieren wollen oder den Produktschlüssel noch nicht haben, können Sie einen generischen Schlüssel verwenden [1]. Schließen Sie die Einrichtung ab, indem Sie auf „Anlegen“-klicken.

Virtuelle Maschine anpassen

Nach der Einrichtung startet die virtuelle Maschine in Gnome Boxen. Dessen Fenster wird zum virtuellen Monitor der VM. Klicken Sie in das Fenster hinein, werden Maus und Tastatur in der VM unter Umständen „eingefangen“. Drücken Sie zusammen kurz die linken Strg- und Alt-Tasten, um die Eingabegeräte wieder zu befreien.

Mit Schaltflächen in der Leiste über dem VM-Bildschirm wechseln Sie in den Vollbildmodus oder können Tastenkombinationen wie Strg+Alt+Entf an die VM senden. Über das Dreipunkt-Menü rechts öffnen Sie die Eigenschaften. Im Reiter „System“ passen Sie nachträglich die zugewiesenen Ressourcen an, darunter die Zahl der zugewiesenen CPU-Kerne, die Größe des Arbeitsspeichers oder des Datenträgers. Dort können Sie auch die Auslastung von Prozessor, Netzwerk und I/O ablesen.

Unter „Geräte und Freigaben“ weisen Sie dem virtuellen DVD-Laufwerk ein ISO-Image zu, von dem die VM auch bootet. Entfernen Sie hier nach der Installation gegebenenfalls das Image, damit das fertige System bootet und nicht erneut der Installer. Manchmal muss die VM heruntergefahren sein, damit Gnome Boxen die Änderungen übernimmt. Haben Sie USB-Geräte angeschlossen, die in die VM hineingereicht werden sollen, erscheinen diese ebenfalls hier. Aktivieren Sie den Schiebeschalter, sollte das Gerät unmittelbar im Gastsystem verfügbar sein. Gleichzeitig ist das Gerät im Host-System dann nicht mehr nutzbar. Ein in ein Windows-Gastsystem hineingereichter USB-Stick verschwindet aus dem Linux-Dateimanager und erscheint im Windows Explorer.

Im letzten Reiter können Sie Schnappschüsse vom aktuellen Zustand der VM anlegen, etwa vor einem Test oder einer komplexen Installation, oder zu einem vorherigen Zustand zurückkehren. Diese Schnappschüsse speichert QEMU ebenfalls in der Qcow2-Imagedatei, wo sie soviel Platz verbrauchen, wie es Änderungen zur aktuellen Version gibt. Aber Obacht: Ändern Sie nachträglich die Größe des Images, werden alle Schnappschüsse verworfen und es bleibt nur der aktuelle Stand übrig.

Vom Anzeigebildschirm der VM kommen Sie über den Pfeil-Button in der oberen linken Ecke wieder zur Übersicht, wo die vorhandenen VMs, aber auch hinterlegte Remote-Verbindungen, zum Beispiel

SSH oder VNC, aufgelistet sind. Ein farbiges Vorschaubild steht für eine laufende Maschine und Graustufen für eine pausierte virtuelle Maschine.

Schließen Sie Gnome Boxen, friert es den Zustand der laufenden VMs ein und schaltet sie dann ab. Das ist vergleichbar mit dem Standby eines richtigen Computers und überdauert auch den Neustart des Host-Computers. Soll stattdessen die virtuelle Maschine im Hintergrund weiterlaufen, aktivieren Sie die entsprechende Option in den Eigenschaften der VM im Reiter „System“.

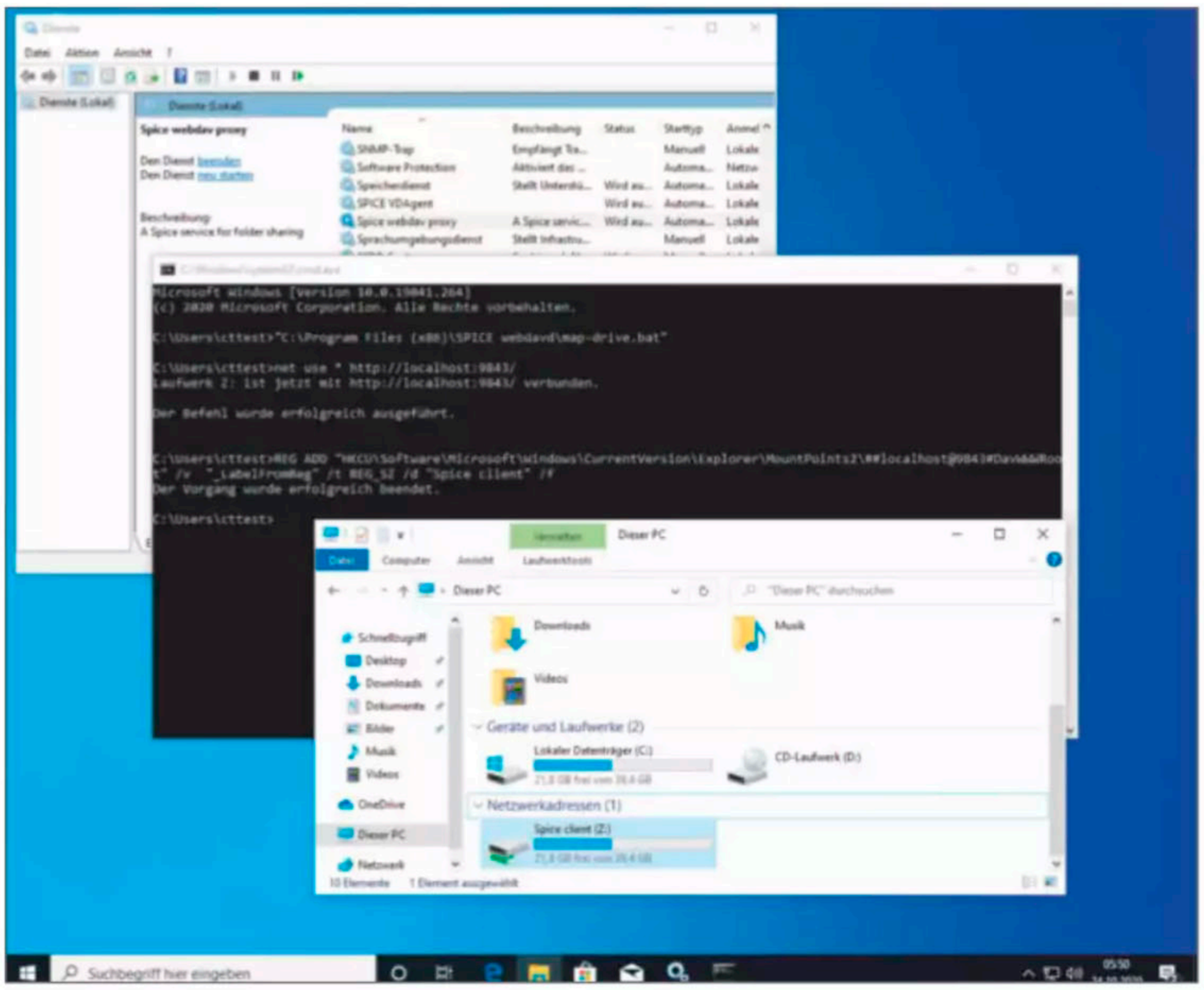
Gasterweiterungen für komfortable Nutzung

Damit die Bedienoberfläche des Gastsystems sich möglichst komfortabel in der virtuellen Umgebung nutzen lässt, gibt es besondere Treiber: die Gasterweiterungen. Mit ihnen fällt nicht nur das nervige Einfangen des Mauszeigers weg, sondern sie erlauben, die Zwischenablage zwischen Gast und Host zu teilen: So lassen sich per Copy & Paste nicht nur Texte, sondern sogar Bilddaten hin und her kopieren. Außerdem wird die Auflösung der Anzeige des Gastsystems automatisch an die Größe des VM-Fensters angepasst.

Die Anbindung der Anzeige der VM läuft über das SPICE-Protokoll. In Linux-Gastsystemen muss man daher den „SPICE vdagent“ installieren. Einige Distributionen wie Fedora und Ubuntu liefern die Erweiterungen grundsätzlich mit und unterstützen die genannten Funktionen aus dem Stand. Installieren Sie ansonsten das Paket `spice-vdagent` im Gastsystem über die Paketverwaltung. Für Windows heißt das Treiberpaket „spice-guest-tools“ und enthält neben dem vdagent noch den QXL-Videotreiber. Sie erhalten das Paket über die Website spice-space.org (siehe ct.de/w7x5). Am einfachsten ist es, wenn Sie im Windows-Gastsystem die Datei „spice-guest-tools-latest.exe“ herunterladen und starten. Sie erkennen die erfolgreiche Installation daran, dass die Windows-Oberfläche sich sofort an Größenänderungen des Fensters des VM-Betrachters anpasst.

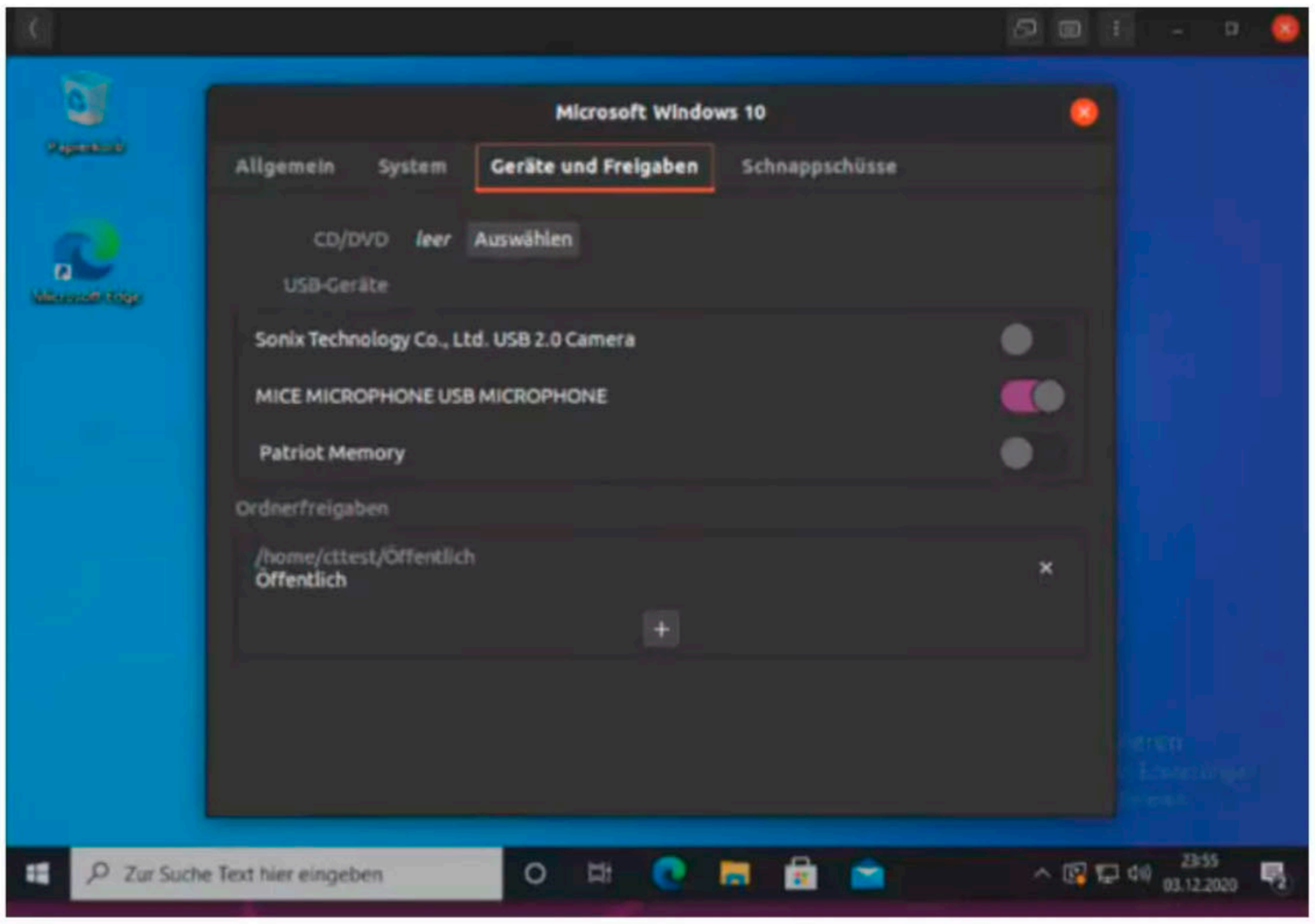
Dateien zwischen Host und Gast austauschen

Der Austausch von Dateien zwischen Gast und Host-System ist leider nicht ideal gelöst. Am einfachsten geht es über einen Netzwerkspeicher wie ein NAS, einen Cloud-Dienst wie Nextcloud oder



Um Dateien zwischen Host und VM auszutauschen, kann man den Spice-WebDAV-Dienst verwenden, den man in Windows separat installieren muss.

In den Eigenschaften legt man fest, welche Verzeichnisse und angeschlossenen USB-Geräte mit der VM geteilt werden.

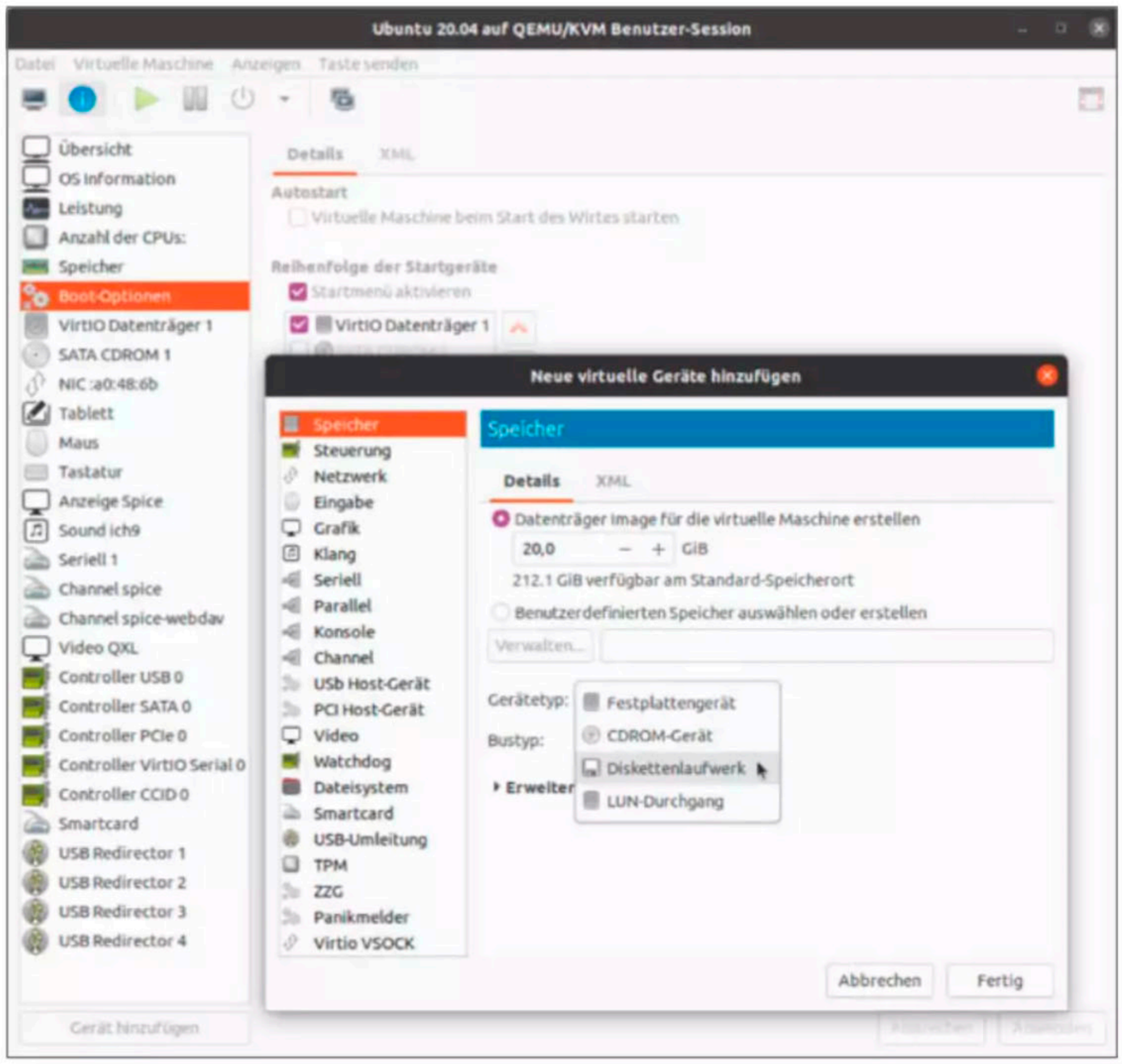


indem man aus dem Gast heraus mit WinSCP, SSH oder einem vergleichbaren Protokoll auf das Host-System zugreift. Es gibt aber auch eine eingebaute Lösung: SPICE-Webdavd. Damit werden Verzeichnisse des Host-Systems über einen WebDAV-Daemon im Gastsystem bereitgestellt. Installieren Sie dazu zunächst im Gastsystem den Dienst. Für die gängigen Linux-Distributionen heißt das Paket `spice-webdavd`. Der Dienst sollte sich automatisch starten, was Sie im Gastsystem mit `systemctl status spice-webdavd` kontrollieren können. Öffnen Sie anschließend im Host über das Menü in Gnome Boxen die Eigenschaften der VM. Unter „Geräte und Freigaben“ sollte es jetzt einen neuen Unterpunkt „Ordnerfreigaben“ geben. Sie können diese nur bei einer aktiven VM mit laufendem Daemon einrichten. Tragen Sie hier die zu teilenden Verzeichnisse ein. Schließen Sie das Fenster, öffnen Sie in der VM den Dateimanager Nautilus und klicken Sie in der Seitenleiste auf „Andere Orte“. Nach einigen Sekunden sollte unter „Netzwerke“ ein neuer Eintrag „Spice client folder“ erscheinen, der das Symbol eines Freigabeordners hat. Wenn Sie diesen öffnen, sollten die vorher ausgewählten Verzeichnisse aufgelistet werden.

Für Windows finden Sie den Installer für den „Spice WebDAV daemon“ wieder auf der Website spice-space.org. Kontrollieren Sie nach der Installation, ob der SPICE-WebDAV-Dienst läuft. Öffnen Sie dazu über das Startmenü die „Dienste“-App. Das geht am schnellsten über die Suche. Wählen Sie in der Liste den Eintrag „Spice webdav proxy“ aus und kontrollieren Sie, ob dieser läuft, ansonsten starten Sie ihn. Öffnen Sie nun den Windows Explorer und wechseln Sie ins Verzeichnis „C:\Program Files (x86)\SPICE webdavd“. Dort finden Sie ein Skript namens „map-drive“; starten Sie es per Doppelklick. Das Skript legt ein Netzlaufwerk für die WebDAV-Adresse an und weist ihm einen Laufwerksbuchstaben zu. Öffnen Sie anschließend im Windows Explorer „Dieser PC“. Dort sollte unter „Netzwerkadressen“ ein „Spice client (Z:)“ oder ähnlich aufgeführt sein, in dem sich die in Boxen freigegebenen Verzeichnisse wiederfinden.

Für kleinere Dateien, die man sporadisch austauschen möchte, ist das ausreichend. Leider ist die Konstruktion nicht sonderlich stabil. Kontrollieren Sie, wenn Sie eine VM aus dem Tiefschlaf geweckt oder neu gestartet haben, mit `systemctl` (Linux) beziehungsweise der Dienste-App (Windows), ob der WebDAV-Dienst läuft, und zwar innerhalb der VM.

Unter Windows sind über den WebDAV-Ordner auch nur Dateien bis 50 MByte übertragbar. Um das Limit zu erhöhen, müssen Sie die Windows-Registry bearbeiten. Starten Sie Regedit und öffnen Sie darin den Eintrag `HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\WebClient\Parameters`. Klicken Sie



Virt-Manager listet die einer VM zugewiesenen (virtuellen) Geräte auf und erlaubt es, sie zu bearbeiten und zusätzliche Geräte hinzufügen.

doppelt auf den Eintrag `FileSizeLimitInBytes` und tragen entweder den Maximalwert von 4 GByte als `ffffffff` in Hexidezimal ein oder wechseln Sie die Basis auf Dezimal und geben dann die gewünschte Kappungsgrenze in Bytes an.

Volle Kontrolle mit Virt-Manager

In Gnome Boxen ist zwar eine virtuelle Maschine schnell eingerichtet und die wichtigsten Einstellungen lassen sich ändern, aber viele Optionen bleiben außen vor. Hier ist der Virtual Machine Manager, kurz Virt-Manager, eine Alternative. Über dessen grafische Oberfläche können alle von Libvirt unterstützten Geräte zur Konfiguration der VM hinzugefügt und zahlreiche Details angepasst werden, etwa die Boot-Reihenfolge des virtuellen BIOS, zusätzlich verwendete Datenträger-Images und weitere (virtuelle) Hardware.

Installieren Sie in Ubuntu oder Fedora aus Software die „Virtuelle Maschinenverwaltung“ oder das Paket `virt-manager`. In openSUSE erledigt das „YaST Install VM“, wenn Sie dort „KVM-Server“ und „KVM-Werkzeuge“ auswählen.

Standardmäßig verbindet sich Virt-Manager mit der flexibleren QEMU-System-Instanz (`qemu:///system`), was aber entsprechende Berechtigungen voraussetzt. Fügen Sie dafür Ihren Benutzer der Gruppe `libvirt` hinzu und melden Sie sich erneut an, damit die Änderung Wirkung zeigt. Alternativ können Sie die Fehlermeldung oder Aufforderung zur Authentifizierung als Systemverwalter aber auch ignorieren, um sich mit der QEMU-Benutzer-Session zu verbinden.

Öffnen Sie dazu „Datei / Verbindung hinzufügen“, wählen dann als Hypervisor „QEMU / KVM Benutzer-Session“ und klicken auf „Verbinden“. Anschließend sollte Virt-Manager in der Maschinenverwaltung die mit Gnome Boxen angelegten virtuellen Maschinen anzeigen. Klicken Sie doppelt auf eine der virtuellen Maschinen, um diese in einem separaten Fenster zu öffnen. Ist sie bereits gestartet, zeigt Virt-Manager den Bildschirminhalt an. Um die Einstellungen einzusehen und zu bearbeiten, klicken

Sie in der Menüleiste auf das zweite Symbol von links. In Ubuntu ist es ein „I“ im blauen Kreis, bei Fedora eine Glühbirne. Diese Ansicht listet alle zugewiesenen Geräte auf. Mit einem Klick auf den jeweiligen Eintrag können Sie Details anpassen oder zumindest einsehen. Unter „Boot-Optionen“ können Sie beispielsweise die Reihenfolge der Startmedien festlegen und Booten über Netzwerk für die VM aktivieren. Mit der Option „Startmenü aktivieren“ werden Sie bei jedem Start der VM gefragt, von welchem (bereits eingebundenen) Medium diese starten soll.

Unterhalb der Liste ist eine Schaltfläche, mit der Sie weitere Geräte hinzufügen können. Diese sind meist erst nach einem Neustart der VM verfügbar. Um einen zusätzlichen Datenträger hinzuzufügen, klicken Sie auf „Gerät hinzufügen“ und wählen dann „Speicher“ aus. Erstellen Sie über den Dialog einen neuen virtuellen Datenträger oder ordnen Sie über „Verwalten“ ein bestehendes Image zu. Als Gerätetyp können Sie unter anderem auch ein optisches Laufwerk oder eine Diskette verwenden.

USB-Geräte brauchen Sie nicht einzeln hinzuzufügen, sondern reichen Sie über die Menüleiste „Virtuelle Maschine/USB-Einheit weiterleiten“ ähnlich wie mit Gnome Boxen durch. Dafür wird ein Spice-Channel verwendet, den Gnome Boxen automatisch einrichtet. Haben Sie mit Virt-Manager selber eine VM erstellt, fehlt dieser noch. Ergänzen Sie ihn mit „Gerät hinzufügen/Channel“ und wählen als Name `com.redhat.spice.0` aus. Nach einem Neustart können Sie wie gewohnt angeschlossene USB-Geräte weiterleiten.

Virtualisierung einfach, aber entfesselt

Die beschriebenen Schritte zeigen, wie einfach sich mit Libvirt, Gnome Boxen und Virt-Manager auch auf dem Desktop virtuelle Maschinen nutzen lassen. Mit der QEMU-Benutzersitzung braucht man weder besondere Rechte noch genauere Kenntnisse über Virtualisierung, sondern kann direkt loslegen. Wer tiefer in die Materie einsteigen will, kann mit Virt-Manager vieles per grafischer Bedienoberfläche einrichten und konfigurieren. Der nachfolgende Artikel auf Seite 94 erklärt, wie Sie das Netzwerk nach Ihren Wünschen konfigurieren. (ktn) c't

Literatur

[1] Axel Vahldiek, **FAQ Windows System Image Manager**, c't 25/2018, S. 156

Download-Links und weitere Infos

ct.de/w7x5

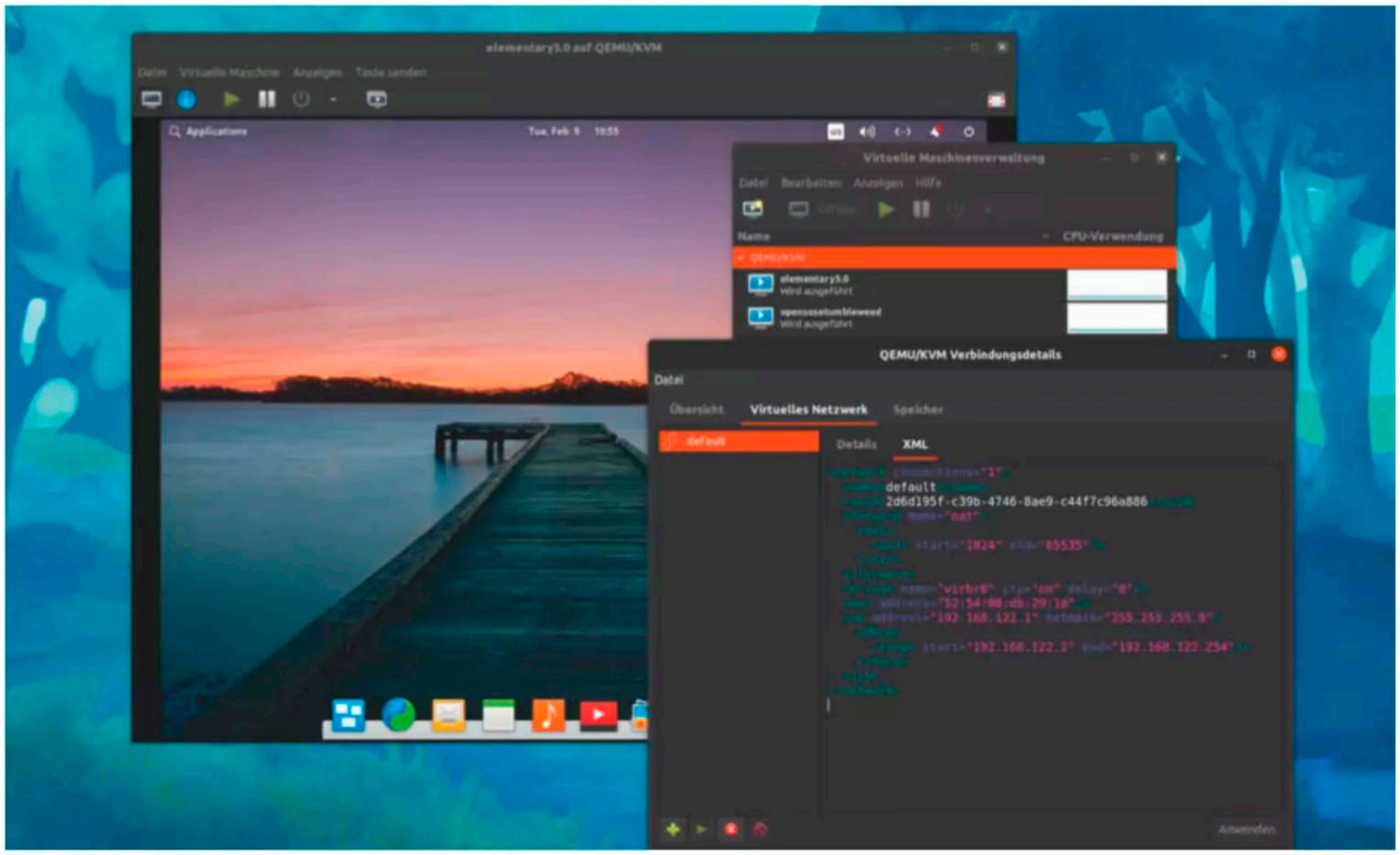
Bastelfreie virtuelle Maschinen

Von **Peter Siering**



Virtualisierung kann Linux schon lange: Mit User Mode Linux (UML) habe ich losgelegt. Dort liefen speziell gepatchte Gast-Kernel als gekapselte Prozesse auf einem gepatchten Host-Kernel. Später kam dann Xen in Mode. Wieder brauchte es auf beiden Seiten Patches, damit die Virtualisierung funktionierte – immerhin konnte Xen Paravirtualisierung, brachte also spezielle Treiber unter anderem fürs Netzwerk mit, mit der sich die lahme Emulation dafür erübrigte. So nahm man die Patch-Orgien in Kauf. Beides betraf eher die Server-Welt.

Auf dem Desktop boten sich VMware und VirtualBox an. Doch dafür musste man bei jedem Kernel-Update deren Module neu übersetzen lassen. Das klappte mal besser, mal schlechter. Nervig war es immer. Die Kernel-Entwickler schufen mit KVM deshalb einen eigenen Weg, der schon lange Bestandteil jedes gängigen Kernels ist. Das heißt, die Patch-Arien schienen vorbei. Wer KVM in einer frühen Zeit ausprobierte, fand – wenn überhaupt – eher lustlos hingepfuschte GUIs vor, die rund um eine weitere Schicht zur Abstraktion namens Libvirt herumgestrickt waren. Inzwischen aber sind Abstraktion und GUI so weit entwickelt, dass sich das KVM-Gesamtpaket nicht mehr hinter VMware und VirtualBox verstecken muss. Auch technisch ist KVM auf der Höhe der Zeit und unterstützt mit Virtio für Netzwerk und Platte lange schon Paravirtualisierung. Auch auf dem Server ist KVM längst der Weg – was es zu leisten vermag, kann man an Proxmox sehen, einer Virtualisierungslösung auf KVM-Basis, die dank der Speicherlösung Ceph verteilt auf mehreren Knoten arbeitet und geschickt die Fähigkeiten des Dateisystems ZFS verwendet.



Virtuelle Maschinen vernetzen

Mit Gnome Boxes oder Virt-Manager richtet man schnell und komfortabel virtuelle Maschinen (VMs) ein. Die Netzwerkkonfiguration erfordert aber etwas Tüftelei. Dieser Artikel liefert das nötige Rüstzeug, um Ihre VMs passend zu verbinden.

Von **Keywan Tonekaboni und Peter Siering**

Dank QEMU und KVM in heutigen Distributionen sind virtuelle Maschinen (VMs) mit Linux in Nullkommanichts am Start. Dabei helfen entweder Gnome Boxen oder Virt-Manager als Oberfläche auf dem Wirt beim Konfigurieren und Bedienen. Wie das geht, haben wir bereits ab Seite 86 erklärt. Beide bringen eine Minimalausstattung für die „Vernetzung“ der VMs mit. Die genügt zumindest, um das virtuelle Betriebssystem mit dem Internet zu verbinden, wenn denn der Wirt selbst angeschlossen ist.

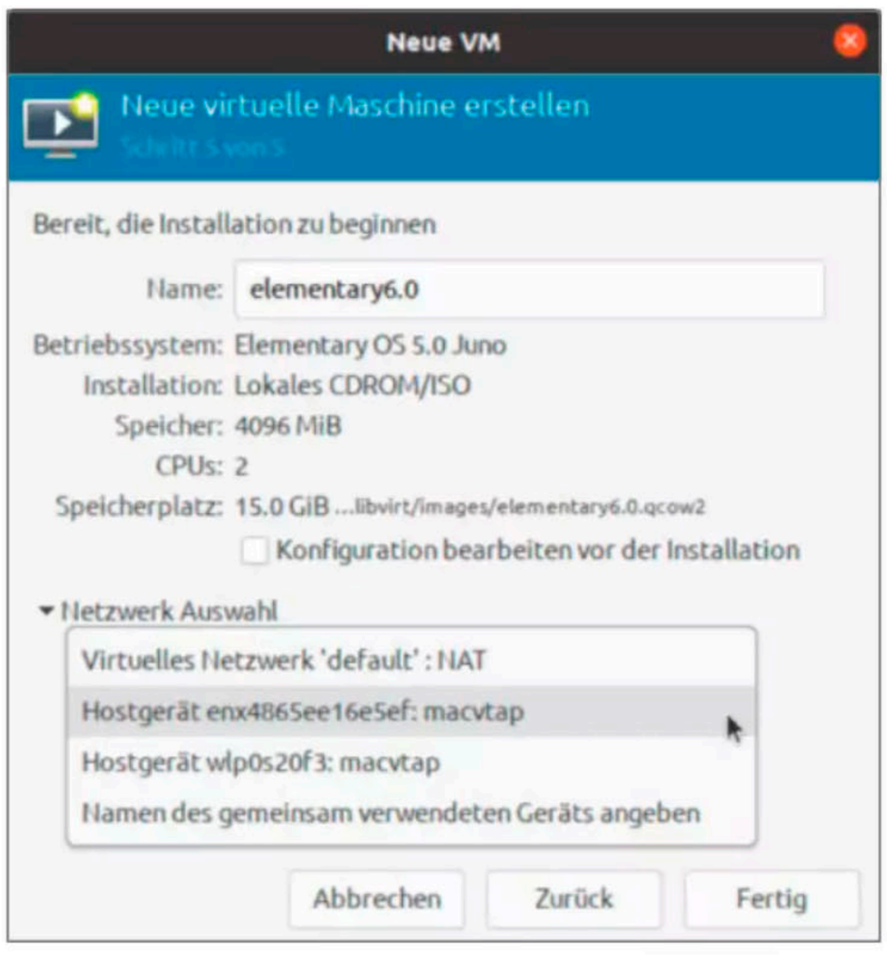
Sie bedienen sich dazu eines einfachen Tricks: Der Wirt dient quasi als Router. Er gibt den Netzwerkverkehr der VMs als seinen eigenen aus und verteilt eingehende Antworten wieder an die VMs – man spricht dann auch von Network Address Translation (NAT). Aus Sicht des Netzwerks verstecken sich die VMs hinter dem Wirt; sie nutzen IP-Adressen aus

einem anderen Bereich als der Wirt. Dadurch sind solche VMs für das übrige Netzwerk auch nicht erreichbar. Die Art der Konfiguration eignet sich also nicht, um Dienste aus einer VM heraus im lokalen Netzwerk anzubieten, etwa Nextcloud dort laufen zu lassen.

Alternativ kann ein Wirt auch die Netzwerkschnittstelle einer VM zusätzlich zu seiner eigenen in das lokale Netz verlegen. Die VM sieht aus Sicht des Netzwerks dann aus wie ein weiteres System, das eben neben dem Wirt dort angeschlossen ist. Der technische Begriff dafür ist Bridge – der Wirt bildet mit seiner Netzwerkschnittstelle eine Brücke, über die die VM ihren Netzwerkverkehr leiten kann. Solche VMs sind für das übrige Netzwerk erreichbar, ein in der VM laufender Dienst wie Nextcloud wäre für andere nutzbar. Die VM erhält IP-Adressen aus dem gleichen Bereich wie der Wirt. Die VMs stecken quasi im gleichen Netz.

Virtuelle Netze

Ein Blick auf die Technik dahinter: Etwas verwirrend ist, dass Virtualisierungssoftware unter Linux für die Implementierung dieser Funktionen auf eine Kernel-Komponente namens Bridge zurückgreifen kann.



Die Auswahl des Netzwerkes im Virt-Manager entscheidet, ob und wie VMs, Wirt und Außenwelt erreichbar sind.

Sie implementiert einen virtuellen Switch, mit dem man physische und logische Netzwerkkomponenten verbinden kann: Wie in einem realen Switch steckt man per Software die Geräte physischer Netzwerkkarten dort hinein und ebenso logische Geräte, die mit der Netzwerkkarte in einer VM verbunden sind. So entstehen virtuelle Netze, in der alle Beteiligten wie in einem realen Netz verschaltet sind.

Gnome Boxen verwendet die Linux-Bridge nicht. Virt-Manager und die als Rückgrat der Netzwerkkonfiguration verwendete Infrastruktur der Libvirt verwenden sie in spezieller Weise: Sie errichten damit virtuelle Netzwerke, die private IP-Adressen verwenden und vom Wirt per NAT mit der Welt verbunden werden. Ob der Host Teil des virtuellen Netzes ist, entscheidet, ob er mit den VMs via Netzwerk Kontakt aufnehmen kann oder nicht. Aus Sicht des Netzes vor dem Host sind die VMs nicht erreichbar.

Alternativ kann eine Linux-Bridge auch die (physische) Netzwerkkarte des Wirts aufnehmen. Dann wären alle dort „eingesteckten“ Geräte, also VMs und Host nebeneinander im Netz. Alle wären von außen erreichbar. Allerdings bietet Libvirt und somit weder Gnome Boxen noch Virt-Manager das Einrichten einer derart konfigurierten Linux-Bridge an. Wer eine solche Konfiguration einrichten will, muss deshalb die Netzwerkkonfiguration seiner Linux-Distribution so anpassen, dass diese beim Systemstart eine geeignete Linux-Bridge hochfährt.

Virt-Manager verwendet eine andere Technik, um die Netzschnittstelle einer VM mit der Netzwerkkarte des Hosts kurzzuschließen: Macvtap. Die Netzwerkkarte des Wirts erhält eine zweite MAC-Adresse, sodass sie sich aus Sicht des Netzwerkes wie eine zweite Netzwerkkarte verhält. Die dort landenden Pakete werden dann in die VM hineingereicht. Wie hinter einer Linux-Bridge können auf diese Weise „vernetzte“ VMs beliebig miteinander kommunizieren. Allerdings sind Wirt und VMs mit Macvtap untereinander nicht erreichbar.

Einfache Vernetzung

Die einfachste Möglichkeit, eine VM das Netzwerk des Wirts nutzen zu lassen, wählt Gnome Boxen. Ohne dass der Nutzer spezielle Rechte braucht, verpasst es der Netzwerkkarte jeder VM eine private IP-Adresse und sorgt per NAT dafür, dass Anwendungen in der VM von der Anbindung des Wirts profitieren. Der VM stehen damit alle Netzwerkverbindungen des Wirts offen – einschließlich etwaiger VPN-Verbindungen. Laufen mehrere VMs, können die

einander nicht erreichen. Der Host ist aber für alle VMs ansprechbar.

Hinter den Kulissen bemüht Gnome Boxen dazu Libvirt-Funktionen in einem speziellen Kontext namens „qemu:///session“. Sie stellen für jeden Benutzer eines Systems eine separate Umgebung zum Ausführen von VMs bereit. Der Nutzer benötigt keine erweiterten Rechte und sieht nur seine eigenen VMs. Entsprechend laufen die VMs auch nur, wenn der Nutzer angemeldet und Gnome Boxes gestartet ist.

Standardmäßig kommen VMs dann per „User Networking“ ins Netz. Die Technik gilt als lahm und erlaubt nur mit Tricks Anwendungen wie Ping – die Distributionen sind in der Regel passend voreingestellt, sodass man als Nutzer nicht aktiv werden muss. Kurzum: Gerade für Netzwerkdienste, die man dem Netz bereitstellen will, ist Gnome Boxes ungeeignet. Auch reparieren kann man da wenig, da die Netzwerkanbindung an allen regulären Techniken eines Linux-Systems vorbeiläuft, etwa der Firewall des Wirtes mit Funktionen für NAT und mehr.

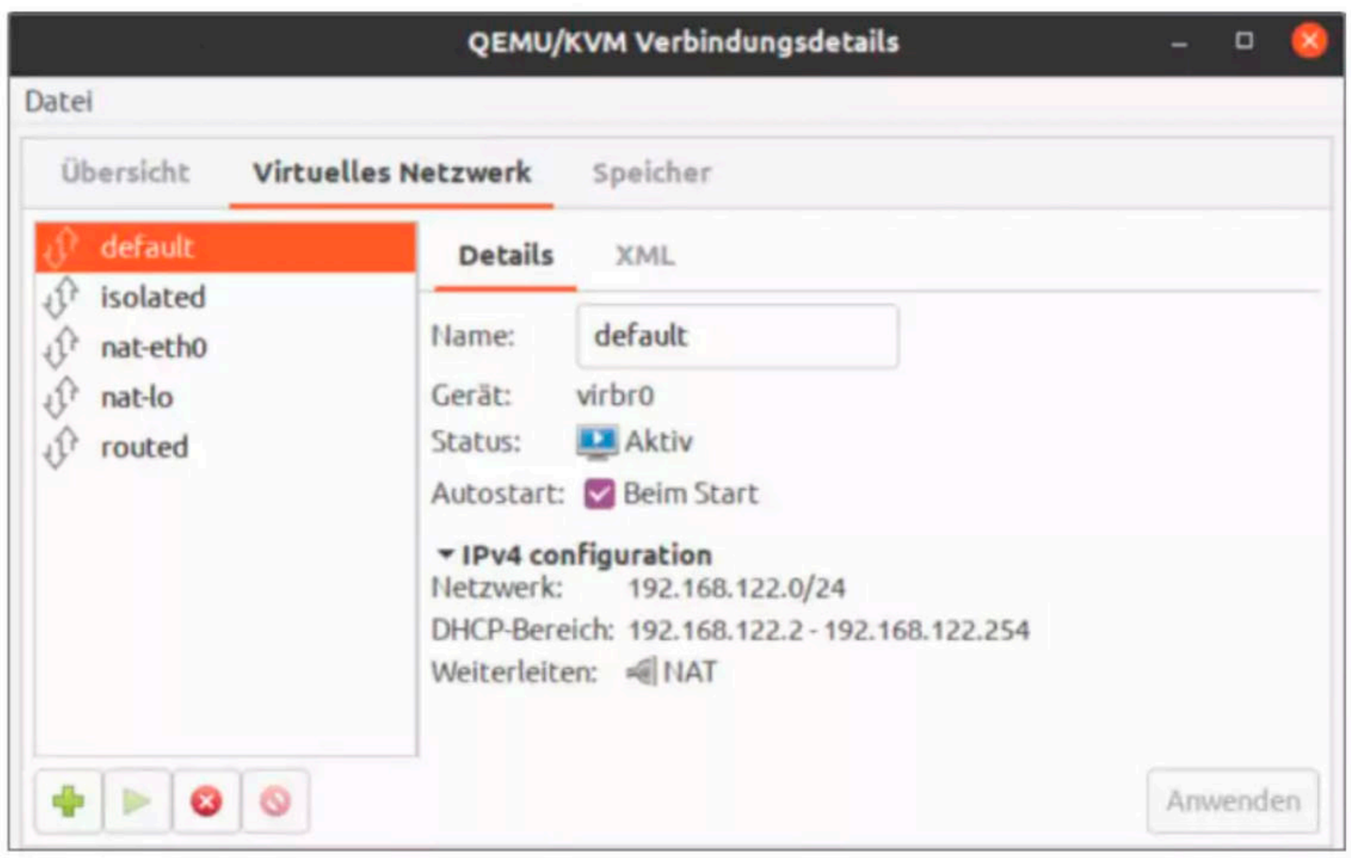
Theoretisch erlaubt das im Hintergrund arbeitende Libvirt auch, im Kontext von „qemu:///session“ ausgeführte VMs mit einer Linux-Bridge zu verbinden. Dazu muss man QEMU erlauben, Geräte in eine solche Bridge zu stecken, und ein Helferskript so konfigurieren, dass es mit Root-Rechten ausgeführt wird. Unterm Strich ist das aber viel Aufwand, den Gnome Boxen nicht würdigt – lediglich aktuelle Versionen erlauben via integriertem XML-Editor die Konfiguration entsprechend zu modifizieren; mit der grafischen Oberfläche geht das nicht.

Anspruchsvollere Netze

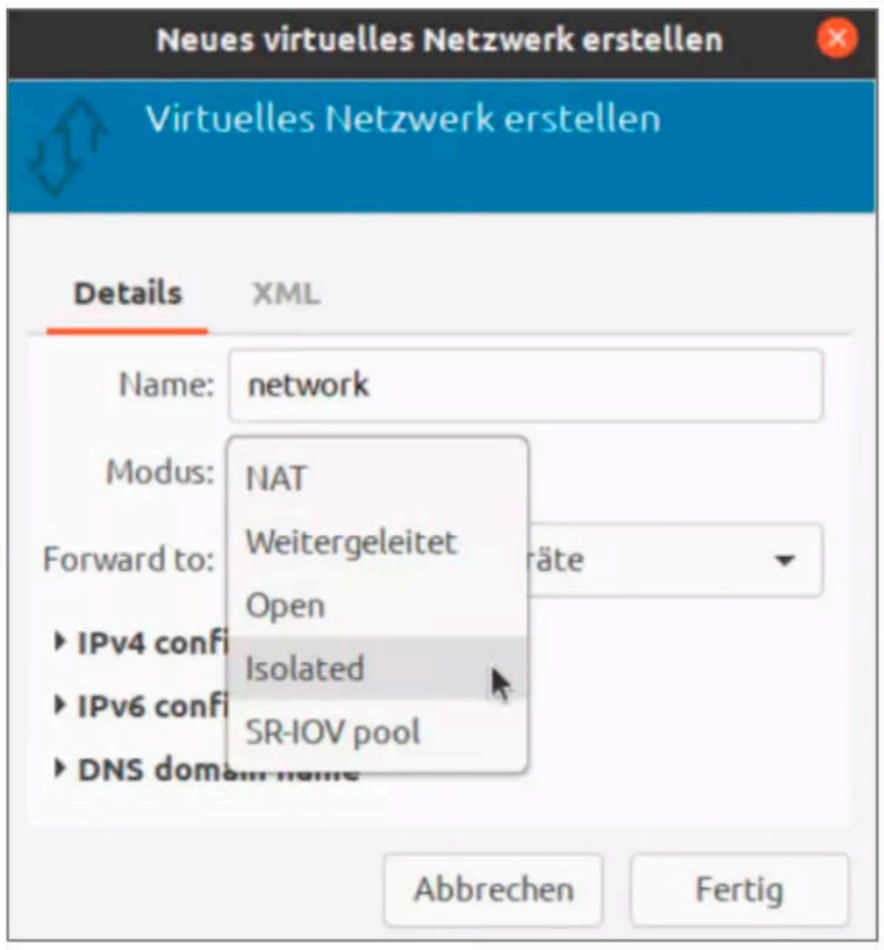
Der Virt-Manager wählt von sich aus einen anderen Libvirt-Kontext namens „qemu:///system“. Hierfür würde ein regulärer Nutzer Root-Rechte benötigen. Eine trickreiche Konfiguration über das PolicyKit reduziert die Anforderung darauf, dass der Nutzer Mitglied in der Gruppe libvirt sein muss, und erspart so die Passworteingabe beim Start des Virt-Managers und beim Ändern der Netzwerkkonfiguration. Ja: Mit Virt-Manager können Sie beliebig viele virtuelle Netzwerke einrichten und die VMs mit ihnen verbinden – ein weiterer Vorteil gegenüber Gnome Boxen bei der Vernetzung von VMs.

Die grafische Oberfläche des Virt-Managers richtet Linux-Bridges stets so ein, dass sich die VMs per NAT hinter dem Wirt verstecken. Sollen die VMs parallel zum Wirt im Netz erscheinen, bietet Virt-Manager in der Detailkonfiguration virtueller Netzwerkkarten für die VM die physischen Karten des Wirts als „Hostgerät <xyz> macvtap“ an. So gelangen die VMs neben dem Wirt ins lokale Netz.

Diese Brückenbildung via Macvtap hat mehrere Nachteile: Sie gelingt bei den allermeisten WLAN-Adaptern nicht. Virt-Manager bietet die Karten zwar an, aber die VM erhält dann keine Adressen. In solchen Fällen bleibt nur die Verbindung der VM-Netzwerkkarte mit einem virtuellen NAT-Netzwerk. Wie eingangs schon erwähnt und vom Virt-Manager auch bei der Auswahl eines Macvtap-Geräts angezeigt, können Wirt und VM darüber nicht kommunizieren. Hier kann man sich mit dem Einbau



Die in den Verbindungsdetails von Virt-Manager eingerichteten virtuellen Netzwerke weist man den VMs zu.



Virt-Manager hilft dabei, eine einfache Netzwerkbrücke anzulegen. Der Modus legt fest, welche Regeln Libvirt in der Firewall anlegt.

einer zweiten Netzwerkkarte helfen, die den NAT-Modus verwendet.

Zum Anlegen weiterer Netzwerke gelangen Sie aus dem Hauptfenster des Virt-Managers unter „Bearbeiten“ der „Verbindungsdetails“. Alle dort im Reiter „Virtuelles Netzwerk“ angelegten Netzwerke erzeugen eine Linux-Bridge, also letztlich einen virtuellen Switch. Diese Linux-Bridges richtet Libvirt beim Systemstart unabhängig von Benutzeranmeldungen ein. Jedem dieser virtuellen Netzwerke weist Virt-Manager ein eigenes IPv4-Netz zu; IPv6-Netze muss man von Hand aktivieren.

Sollen nur Wirt und VMs miteinander kommunizieren, kann man die NAT-Konfiguration auch auf das Loopback-Interface (lo) begrenzen. Neben der standardmäßig vorgegebenen NAT-Konfiguration kann man auch Netze einrichten, in denen der Wirt nicht mitspielen darf (Isolated). Bei den Spielarten „Open“ und „Weitergeleitet“ muss man selbst die Firewall und das Netzwerk außerhalb des Wirts nach eigenen Wünschen konfigurieren. Das ist tendenziell etwas für Netzwerkprofis. Das gilt auch für die letzte Option „SR-IOV-Pool“. Die setzt besondere Hardware voraus.

Weitere Infos

ct.de/wjpe

Netze für Experten

Wenn Sie unbedingt eine gleichberechtigte Kommunikation zwischen Wirt und VMs erreichen wollen, kommen Sie einfacher mit einer auf Ihrer Distribution passend eingerichteten Linux-Bridge zum Ziel. Die Dokumentation weist meist einen Weg. Anstatt die IP-Adresse auf dem physischen Netzwerkgerät, etwa eth0, zu beziehen, setzt man diese auf der Bridge. Der Virt-Manager findet solche von Hand an Libvirt vorbei konfigurierten Bridges und bietet sie in der VM-Konfiguration zur Auswahl an. (ktn) c't



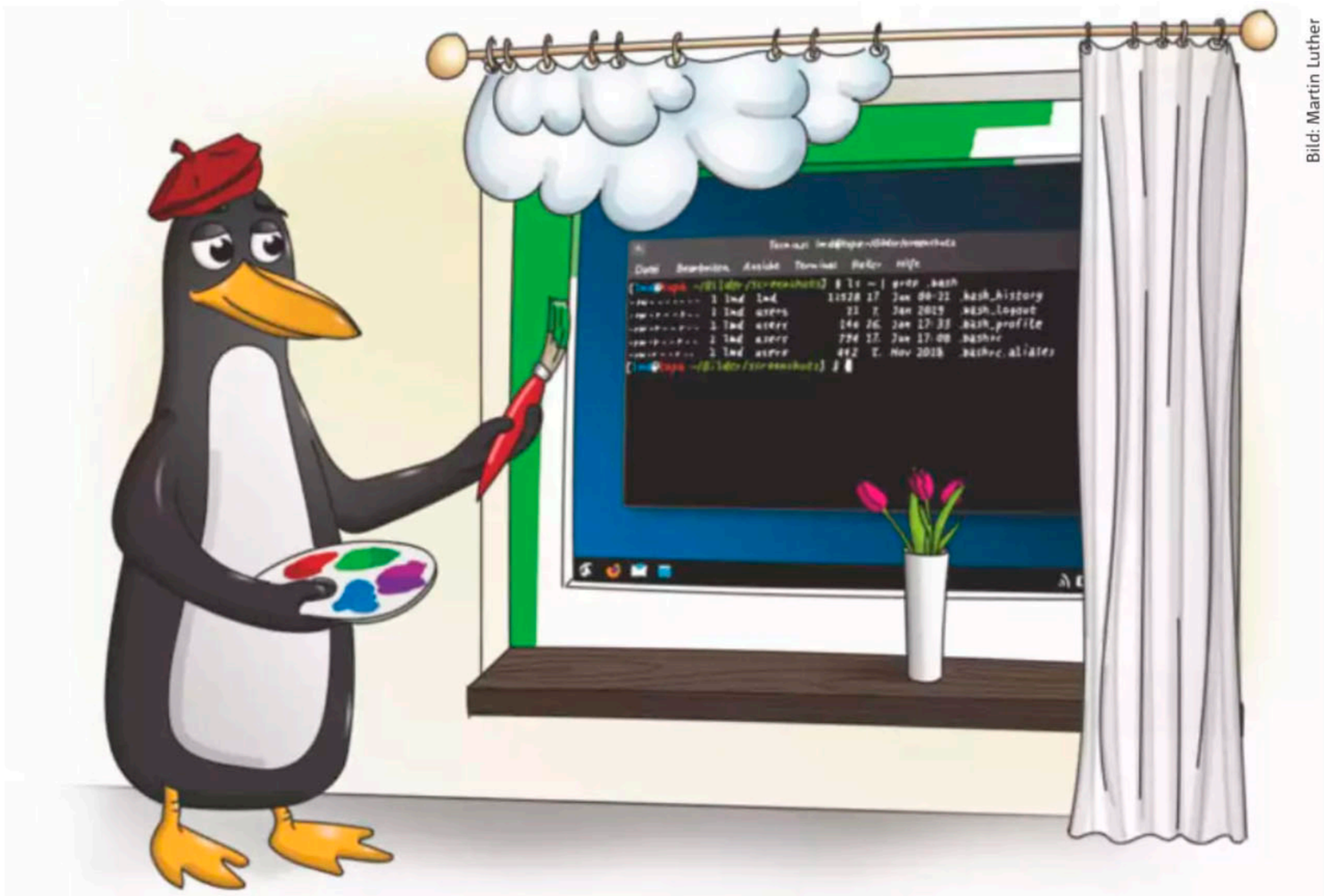


Bild: Martin Luther

Bash clever einrichten

Die Kommandozeile ist nicht bei allen beliebt, wer sich aber mit der Shell anfreundet, kommt schnell und effektiv ans Ziel und kann die ganze Power von Linux nutzen. Passen Sie die Bash gezielt an Ihre Bedürfnisse an, um weniger zu tippen und schneller zu arbeiten. Eigene Funktionen erleichtern massiv die Arbeit. Wir liefern nützliche Vorschläge aus der Praxis.

Von **Tim Schürmann**

Bash konfigurieren mit .bashrc	98
Die Bash-History im Griff	104
Shell-Zugriff einschränken	110
Broot: Kommandozeile auf Speed	115
Dateinamen bereinigen mit Detox	116
Besser suchen mit Regulären Ausdrücken	118
FAQ Netzwerke verwalten mit ip	122
LUKS-Verschlüsselung selbst gehackt	128

Wer auf einem Linux- oder Unix-System auf der Kommandozeile arbeitet, nutzt dabei meistens die Bash. Ihre Einstellungen ruft die Shell beim Start aus mehrere Konfigurationsdateien ab. Die Wichtigste ist die .bashrc (achten Sie auf den vorangestellten Punkt im Namen); sie liegt im Home-Verzeichnis und enthält alle persönlichen Einstellungen des Benutzers. Fehlt sie noch, legen Sie sie einfach mit einem Texteditor an.

Die Bash liest die Konfigurationsdatei .bashrc beispielsweise dann ein, wenn Sie auf dem Desktop ein Terminalfenster öffnen und sie so als interaktive Shell starten. In anderen Fällen ignoriert die Bash die Datei hingegen: zum Beispiel beim Start als Login-Shell, wenn Sie über die Klammernotation (…) eine Sub-Shell anwerfen oder wenn Sie die Kommando-Substitution einsetzen, also einen Befehl in Backticks (`) einrahmen.

Beim Starten eines Shell-Skripts entsteht eine nicht-interaktive Shell, die zusätzlich zur ~/.bashrc noch die in der Umgebungsvariablen `BASH_ENV` vorgegebene Datei auswertet. Auf den meisten Systemen ist `BASH_ENV` allerdings nicht gesetzt, dann bleibt es bei der ~/.bashrc. Ubuntu nutzt zudem die Datei /etc/bash.bashrc, die systemweite Einstellungen für eine interaktive Shell bereithält.

Kettenreaktion

Arbeitet die Bash als interaktive Login-Shell, wertet sie zunächst die Datei /etc/profiles mit systemweiten Vorgaben aus. Um die Konfiguration übersichtlich zu halten, verteilen viele Systeme die Einstellungen auf weitere Dateien in einem Unterverzeichnis von /etc, wie /etc/profiles.d. Unter Ubuntu passt dort beispielsweise die Datei apps-bin-path.sh die `PATH`-Variable an.

Anschließend knöpft sich die Bash die Dateien im Home-Verzeichnis vor: zunächst ~/.bash_profile, ~/.bash_login oder ~/.profile. Dabei bevorzugt sie die Datei ~/.bash_profile. Fehlt diese, ist ./bash_login dran. Gibt es auch die nicht, kommt die Datei ~/.profile zum Zuge. Beim Abmelden wertet die Bash schließlich noch die Datei ~/.bash_logout aus. Ubuntu legt dort beispielsweise fest, dass aus Sicherheitsgründen der Bildschirminhalt gelöscht wird. Auf einigen Systemen bindet die Datei /etc/profiles zudem direkt die~/.bashrc ein. Die dortigen Einstellungen gelten dann folglich auch für eine Login-Shell.

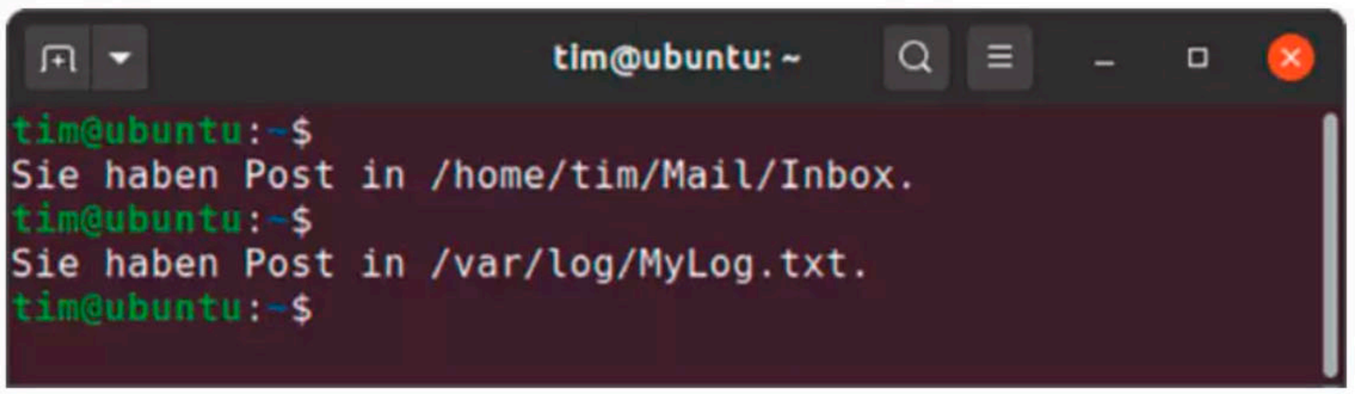
Die Vorgaben in schon vorhandenen Konfigurationsdateien können als Vorlage oder Anregungen für eigene Exemplare dienen. Ändern beziehungsweise anlegen sollten Sie ausschließlich die Konfigurationsdateien im Home-Verzeichnis. Damit können Sie bei Bedarf die globalen Voreinstellungen überschreiben oder erweitern. Dort bereits vorhandene Konfigurationsdateien sollten Sie zuvor sichern. Alternativ bietet es sich an, am Ende einer existierenden Konfigurationsdatei eine weitere Datei (im Beispiel .mybashrc) einzubinden, die dann die eigenen Einstellungen enthält, zum Beispiel folgendermaßen:

```
if [ -f ~/.mybashrc ]; then
    . ~/.mybashrc
fi
```

Sämtliche Konfigurationsdateien arbeiten nach dem gleichen Prinzip: Die Bash liest sie ein und führt dann alle darin enthaltenen Befehle aus. Auf diese Weise können Sie nicht nur automatisch Programme starten, sondern auch Umgebungsvariablen setzen. Aktionen, die nur einmal beim Login ausgeführt werden, sollten Sie in der Datei ~/.profile beziehungsweise ~/.bash_profile verstauen. Dazu zählt beispielsweise das Setzen der `PATH`-Variablen. Alle Aktionen, die beim Start einer neuen Shell laufen, gehören hingegen in ~/.bashrc.

Äußerst variabel

Ebenfalls in .bashrc gehören spezielle Shell- und Umgebungsvariablen, die man gern vergisst, die



Mit Hilfe der .bashrc lässt sich auch der Mailordner oder eine Logdatei auf Neuzugänge überwachen.

das Arbeiten aber ungemein erleichtern. So starten Git und andere Programme in bestimmten Situationen einen Texteditor – häufig ist das der Kommandozeileneditor Vi. Nutzen Sie lieber einen anderen Editor, hinterlegen Sie diesen als `EDITOR` in ~/.bashrc:

```
export EDITOR=/usr/bin/nano
```

Die Shell kann Sie automatisch über neu eingegangene E-Mails informieren. Dazu setzen Sie die Umgebungsvariable `MAILPATH` auf die Datei mit Ihrer Inbox. In `MAILCHECK` legen Sie fest, in welchen Sekundenintervallen die Bash den Posteingang auf Änderungen prüfen soll. Auf diese Weise lassen sich prinzipiell auch andere Dateien überwachen, zum Beispiel Log-Dateien:

```
MAILPATH=/home/tim/Mail/Inbox:/var/↵
↳log/MyLog.txt
MAILCHECK=5
```

Pseudonyme

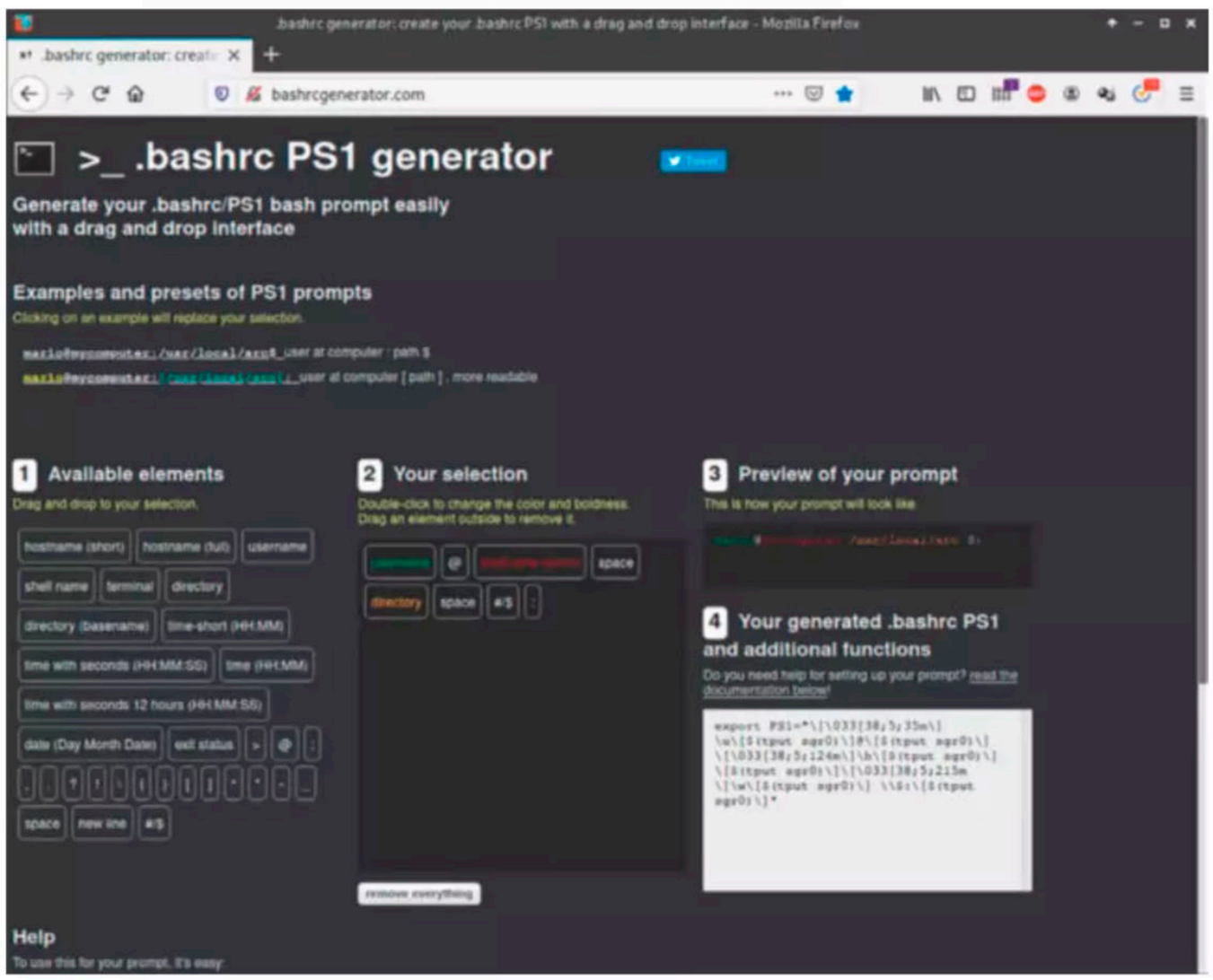
Wer häufig zwischen Windows und Linux wechselt, tippt schnell mal `dir` statt `ls`. Um die „command not found“-Fehlermeldung zu umgehen, definieren Sie in ~/.bashrc einfach einen Alias:

```
alias dir='ls'
```

Auch Vertipper wie `sl` lassen sich so akzeptieren: `alias sl='ls'`. Ebenso wandeln Sie `cd..` in ein gültiges Kommando um: `alias cd..='cd ..'`. Wenn Sie mit `...` zwei Verzeichnisebenen hochspringen möchten, genügt `alias ...='cd ../..'`. Analog könnten Sie weitere Punkte einführen, praktischer ist jedoch die Notation `alias .3='cd ../../..'`. Damit springt `.3` drei Ebenen nach oben. Mit `alias ll='ls | less'` blättern Sie seitenweise durch die Verzeichnisse. Über die Pipe lässt sich auch das Tool `ps` tunen. Im folgenden Beispiel kramt `psg` automatisch die zu einem Suchbegriff passenden Prozesse heraus:

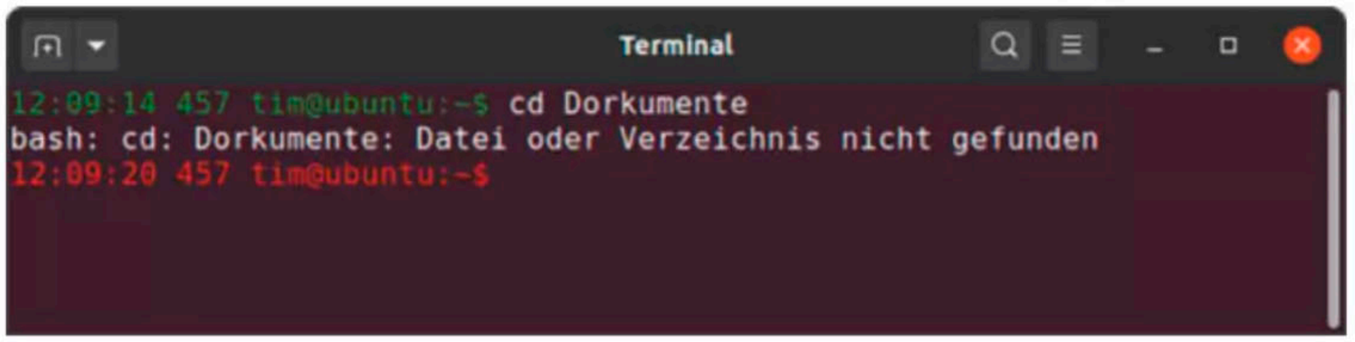
```
alias psg='ps -A | grep -i'
```

Über Aliase lassen sich häufig genutzte Parameter gleich mit vorgeben. Rufen Sie beispielsweise `ls` immer mit `ls -la` auf, definieren Sie einfach `alias ls='ls -la'`. Da die Bash nur die Texte ersetzt, verwandelt sich `ls *` in `ls -la *`. Allerdings überschrei-



Auf Websites wie http://bashrcgenerator.com und http://ezprompt.net lässt sich ein Kommandozeilen-Prompt nach Wunsch zusammenklicken.

Produziert der Befehl eine Fehlermeldung, kann die Bash den Prompt rot einfärben. Hier liefert „457“ außerdem die Position in der History.



ben Sie mit einem solchen Alias eine Vorgabe von Ubuntu, das in einem Alias die Ausgaben von `ls` einfärbt: `alias ls='ls --color=auto'`. In solchen Fällen können Sie die Systemvorgabe in Ihre Varianten einbauen oder auf andere Kürzel ausweichen. Eine Liste mit allen bereits existierenden Definitionen liefert `alias`.

Nützlich ist auch `alias wget='wget -c'`: Der Befehl setzt wget-Downloads grundsätzlich fort. Aliase für `df -h`, `du -h` und `free -h` liefern die jeweiligen Größen in menschenlesbarer Form. Per Alias können Sie zudem Sicherheitsnetze einziehen. Die Zeile `alias rm='rm -I'` sorgt dafür, dass `rm` vor dem Löschen von mehr als drei Dateien noch einmal nachfragt. Alternativ schieben Sie die Dateien in den Papierkorb:

```
alias trash='mv -t ~/.local/share/Trash'
```

Das Beispiel demonstriert gleichzeitig, wie sich lange Befehle abkürzen lassen. Ein Klassiker ist auf Debian-Systemen `alias sai='sudo apt install'`. Damit reicht dann zukünftig `sai paket`, um `paket` zu installieren. Die größten Verzeichnisse lassen sich mit `dirsize` finden:

```
alias dirsize="du -S | sort -n -r | less"
```

Der folgende Code-Schnipsel wiederum sorgt dafür, dass das `reboot`-Kommando automatisch zur `sudo`-Variante wechselt:

```
if [ $UID -ne 0 ]; then
  alias reboot='sudo reboot'
fi
```

Einige Distributionen lagern die Alias-Definitionen übrigens in eine eigene Datei aus. Bei openSUSE ist dafür ~/.alias vorgesehen, Ubuntu nutzt hingegen ~/.bash_aliases.

Bunte Welt

Es kann sich auch lohnen, den Kommandozeilenprompt anzupassen. So können Sie melden lassen, ob der letzte Befehl erfolgreich war. Das ist vor allem dann nützlich, wenn ein Programm keine Fehlermeldungen liefert:

```
PS1="\$(if [ \$? == 0 ]; then echo
OK; else echo Error ; fi) ${PS1}"
```

Der Aufbau des Prompts steckt in der Variablen `PS1`. In `$?` liegt der Beendigungsstatus des zuletzt ausgeführten Befehls. Bei `0` lief alles glatt, andernfalls trat ein Fehler auf. Im letzten Fall stellt die obige Zeile dem Prompt den Begriff `Error` voran, andern-

Codes zur Textformatierung des Prompts

Code	Farbe / Formatierung
0	normale Formatierung
1	fett
3	kursiv
4	Text unterstreichen an
5	blinken an
7	Text hervorheben an
23	kursiv aus
24	Text unterstreichen aus
25	blinken aus
27	Text hervorheben aus
30	schwarz
31	rot
32	grün
33	braun
34	blau
35	lila
36	cyan

falls `OK`. Den Inhalt von `$?` sollten Sie möglichst früh nutzen oder in einer Variable zwischenspeichern, da ihn jedes weitere Kommando sofort überschreibt.

Komplexere Prompts setzen Sie in einer Shell-Funktion zusammen und registrieren diese in der Variablen `PROMPT_COMMAND`. Die dort hinterlegte Funktion startet die Bash nach jedem ausgeführten Kommando. Das folgende Listing färbt auf diese Weise den Prompt nach einem Fehler rot:

```
myprompt() {
  local exit="$?"
  local color=""
  if [ $exit != 0 ]; then
    color='\e[0;31m';
  else
    color='\e[0;32m';
  fi
  PS1="${color}\t \! ↵
↳\u@\H:\w\a\$\e[0m ";
}
PROMPT_COMMAND=myprompt
```

Zunächst merkt sich `exit` den Inhalt von `$?`. Damit testet die vierte Zeile, ob zuvor ein Fehler aufgetreten ist. Ist das der Fall, landet in der Variablen `color` der Farbcode für Rot, andernfalls der Farbcode für Grün. Das Kürzel `\e` leitet dabei eine sogenannte ANSI-Escapesequenz ein. Sie teilt dem Terminal mit, dass es die zwischen `[` und `m` definierte Textformatierung verwenden soll. Die Zahl vor dem Semikolon gibt die Formatierung an, die Zahl hinter dem Semikolon die Farbe. `4;31` führt zu unterstrichener roter Schrift. Für die Farbe im Prompt sorgt `${color}`. Häufig genutzte Codes zur Textformatierung listet die Tabelle auf Seite 101 auf.

Die Tabelle unten schlüsselt Kürzel für die Gestaltung des Bash-Prompts auf, beispielsweise für die Position des Befehls in der History. Sie dürfen sogar den Inhalt von (Umgebungs-)Variablen und

Kürzel für den Bash-Prompt

Kürzel	Bedeutung
\ !	Position des Befehls in der History
\#	Nummer des Kommandos
\$	Ist der Nutzer root, liefert das Kürzel das Zeichen „#“, andernfalls „$“
\nnn	Zeichen, das für die Oktalzahl nnn steht
\\	Backslash
\a	Bestätigungston (ASCII Bell-Zeichen)
\e	ASCII Escape-Zeichen
\h	Hostname
\H	Fully Qualified Domain Name des Rechners
\j	Anzahl der Jobs
\l	Gerätename des Terminals
\n	Zeilenumbruch
\r	Wagenrücklauf (Carriage Return)
\s	Name der Shell, (etwa `bash`)
\u	Benutzername
\v	Version der Bash
\V	Version und Patchlevel der Bash
\w	Aktueller Verzeichnispfad
\W	Aktuelles Verzeichnis
\d	Datum im Format „Woche Monat Tag“
\D{format}	Datum in einem benutzerdefinierten Format, das `strftime` folgt
\A	Zeit im Format HH:MM mit 24 Stunden
\t	Zeit im Format HH:MM:SS mit 24 Stunden
\T	Zeit im Format HH:MM:SS mit 12 Stunden
\@	Zeit im Format 12 Stunden am/pm

die Ausgaben von Programmen einbauen. Damit kann der Prompt beispielsweise die aktuelle `uptime` eines Servers anzeigen:

```
PS1="${color}\t `uptime -p` \!
\u@\H:\w\a\$\e[0m ";
```

In der History merkt sich die Bash alle zurückliegenden Befehle. Damit Sie später über die Pfeiltasten nicht lange blättern müssen, schließen Sie häufig genutzte Befehle wie `ls`, `cd` und `pwd` kurzerhand aus:

```
HISTIGNORE="ls:cd:pwd"
```

Flotte Tippse

In den Konfigurationsdateien definieren Sie mit `bind` eigene Tastenkürzel. Wenn Sie sehr viele hinterlegen möchten, sollten Sie diese am besten in der Datei ~/.inputrc sammeln. Ihr Aufbau entspricht dem der globalen Konfigurationsdatei /etc/inputrc. Im Alltag recht praktisch ist zum Beispiel ein Tastenkürzel, das die komplette Zeile löscht. Der folgende Befehl registriert dazu die Tastenkombination Strg+L:

```
bind '"\C-l":kill-whole-line'
```

`\C` steht für die Strg-Taste, nach dem Doppelpunkt ist das gewünschte Editierkommando der C-Funktion `readline` angegebenen. In diesem Beispiel löscht die Funktion `kill-whole-line` eine ganze Zeile. Eine Liste mit allen Funktionen liefert `man readline`. Weitere nützliche Tastenkürzeldefinitionen sind

```
bind '"\e[15~":"xdg-open . \n"'
bind '"\e[16~":"cd - \n"'
```

Dank des ersten Befehls holt F5 den Dateimanager mit dem Inhalt des aktuellen Ordners auf den Schirm, durch den zweiten wechselt F6 in das zuvor besuchte Verzeichnis. Um die passende Zahl zur F-Taste zu ermitteln, tippen Sie `read`, drücken Enter und dann die F-Taste. Beachten Sie, dass die Desktop-Umgebung die F-Taste bereits abfangen könnte.

Funktional

Mit selbstdefinierten Shell-Funktionen in ~/.bashrc vereinfachen Sie wiederkehrende Aufgaben. Der Befehl `cdl` wechselt beispielsweise in ein Verzeichnis und listet direkt dessen Inhalte auf:

```
cdl() {
  cd "$@"
  if [ "$?" == 0 ]; then
   ls
  fi
}
```

Die folgende Shell-Funktion `backup` kopiert eine Datei und hängt ihrem Dateinamen automatisch `backup-` nebst aktuellem Datum an:

```
backup() {
  cp "$@" "$@".backup-`date +%Y%m%d`;
}
```

Wenn Sie häufig Archive entpacken, müssen Sie sich dank `extract` die verschiedenen Parameter von `tar` oder `unzip` nicht mehr merken:

```
extract () {
  case $1 in
    *.tar.bz2)   tar xvjf $1     ;;
    *.tar.gz)    tar xvzf $1     ;;
    *.zip)       unzip $1        ;;
    *)           echo "Unbekanntes
  ↳Format" ;;
  esac
}
```

Diese Definition können Sie sich sparen, wenn universelle Packprogramme wie `unp` oder `atools` installiert sind. Ein eigenes `extract` können Sie jedoch auf (fast) alle Systeme mitnehmen.

Immer mehr

Was genau in Konfigurationsdateien wie ~/.bashrc sinnvoll ist, hängt stark von den eigenen Anforderungen ab. Die hier vorgeschlagenen Befehle können daher nur als Anregung dienen. Fest steht jedoch: Individuelle Kürzel und Funktionen können das Arbeiten auf der Kommandozeile enorm erleichtern.

Behalten Sie dabei allerdings im Hinterkopf, dass die Eigenkreationen auf anderen Systemen nicht zur Verfügung stehen. Ein schnell aus Gewohnheit getipptes `fai` führt dort dann zu einer Fehlermeldung. Glücklicherweise lässt sich die Datei ~/.bashrc ohne Weiteres auf andere Linux-Systeme mitnehmen, solange keine exotischen Kommandos enthalten sind, die besondere Voraussetzungen erfordern. (lmd) c't



Die Bash-History im Griff

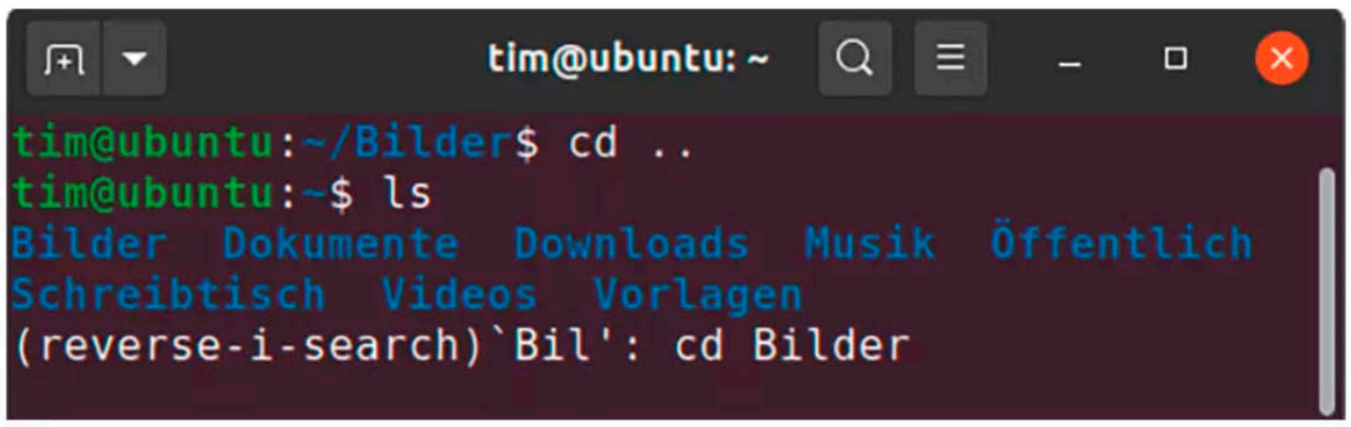
Mit ein paar Kniffen holen Sie Kommandozeilenbefehle schnell wieder aus dem Verlauf hervor und ändern nur das Nötigste. Scheitert etwa die SSH-Verbindung zum Server an einem kleinen Tippfehler im Hostnamen, ist das schnell korrigiert.

Von **Tim Schürmann**

Die weitverbreitete Linux- und Unix-Shell Bash merkt sich zuletzt abgesetzte Konsolenbefehle in einer History. Mit passenden Kommandos, Kürzeln und Tastenkombinationen kann diese sowohl Vieltippern als auch Gelegenheitsnutzern die Arbeit erleichtern. Mit den Pfeiltasten holt man im Terminal schnell die letzten Kommandozeilenbefehle wieder auf den Bildschirm und kann sie so ohne wiederholtes Tippen erneut absetzen. Das spart bei langen Kommandos ordentlich Zeit und auch Tippfehler sind schnell korrigiert.

Großfahndung

Liegt ein Befehl etwas länger zurück, hilft die Tastenkombination Strg+R: Tippen Sie anschließend irgendeinen Teil eines vorherigen Kommandos ein, sucht die Bash den passenden Befehl aus der History heraus. Wollen Sie alle passenden Einträge durchblättern, drücken Sie einfach erneut Strg+R, um die Liste rückwärts durchzugehen. Haben Sie das passende Kommando gefunden, schicken Sie es mit Enter erneut ab oder Sie passen das Kommando



Mit Strg+R in der History suchen: Rechts neben dem Suchbegriff (hier „Bil“) taucht das darauf passende Fundstück auf.

zuvor nach Bedarf an. Ist das richtige nicht dabei, kehren Sie stattdessen mit Esc oder Strg+G zum Prompt zurück. Für einige Tastenkombinationen gibt es Alternativen, die die Tabelle „Tastenkürzel zur Steuerung der History“ auflistet.

Der Befehl zum Einrichten des Netzwerks beginnt mit `ip addr`. Doch wie ging er weiter? In solchen Fällen drücken Sie Strg+A und setzen damit den Cursor an den Anfang der Kommandozeile. Konsultieren Sie dann mit Strg+R die Suche und holen Sie via Strg+Y den Inhalt der Kommandozeile in die Suchfunktion. Per Strg+R blättern Sie durch die History und suchen den mit `ip addr` beginnenden Befehl heraus. Hat man diese drei Tastendrücke verinnerlicht, gelingt die Suche in der History gerade bei sehr alten Befehlen deutlich schneller als über die Cursortasten.

Strg+Y holt den Text ab dem Cursor in die Suche. Tippen Sie beispielsweise `cd Bilder`, platzieren Sie den Cursor auf dem `B` und drücken dann Strg+R gefolgt von Strg+Y, dann sucht die Bash in der History das Wort `Bilder`.

Tastenkürzel für die History

Tastenkombination	Bedeutung
Cursor hoch / Strg+P	rückwärts durch die History blättern
Cursor runter / Strg+N	vorwärts durch die History blättern
Alt+Umschalt+>	auf die Kommandozeile und somit ans Ende der History springen
Alt+<	zum ersten Befehl in der History springen
Strg+R	rückwärts in der History suchen
Strg+Y	Inhalt der Kommandozeile ab dem Cursor in die Suche übernehmen
Strg+O	den gefundenen Befehl ausführen
Strg+Umschalt+J	den gefundenen Befehl in die Kommandozeile übernehmen
Strg+G	Suche abbrechen

Schnell wiederholt

Wenn Ihnen das zu viele Tastenkombinationen sind, verwenden Sie den Befehl `!?Bilder?`: Er sucht in der History den jüngsten Befehl, in dem das Wort `Bilder` vorkommt und führt das Kommando umgehend aus. Analog startet die Bash mit `!cd` den letzten Befehl, der in der History mit `cd` beginnt. Das letzte Kommando kennt die Bash zudem unter dem Kürzel `!!`. Damit kommen Sie schnell zum Ziel, wenn Sie einen Bandwurmbefehl eingetippt haben, der dann doch Systemverwaltungsrechte benötigt. In diesem Fall tippen Sie `sudo !!`.

Wenn Sie mit `touch ~/einganzlangerdateiname.txt` eine Textdatei angelegt haben und diese im Editor nano bearbeiten möchten, müssen Sie den langen Dateinamen nicht erneut eintippen. Stattdessen rufen Sie `nano !$` auf. Das Kürzel `!$` übernimmt den letzten Parameter des vorherigen Befehls. Im Fall von `ping ct.de -4` würde `!$` nur für `-4` stehen. Soll die Bash alle Parameter übernehmen, verwenden Sie das Kürzel `!*`. Benötigen Sie nur den ersten Parameter, verwenden Sie `!^`. Diese von einem Ausrufezeichen eingeleiteten Befehle bezeichnet die Bash als Event Designators. Wenn Sie den entsprechenden Befehl nicht direkt ausführen, sondern erst einmal nur anzeigen lassen möchten, hängen Sie an den Event Designator noch `:p` an, beispielsweise `!!:p`. Gefällt Ihnen der Befehl, holt ihn die Tastenkombination Strg+P anschließend in die Kommandozeile.

Tiefe Einblicke

Weitere Hilfe bei der Suche nach Befehlen im Verlauf bietet der eingebaute Befehl `history`. Ohne weitere Parameter listet er zunächst alle vorherigen Kommandos auf. Ist die Liste sehr lang, können Sie sie an `more` weiterreichen, indem Sie `| more` dahinter ergänzen. Mit `history 10` wirft das Kommando nur die letzten zehn Befehle aus. Alternativ filtern Sie mit `grep`: Der Befehl `history | grep apt` spürt alle Befehle mit dem Wort `apt` auf. Möchten Sie zusätzlich noch wissen, wann Sie die einzelnen Befehle aufgerufen haben, setzen Sie die Umgebungsvariable `HISTTIMEFORMAT`:

```
HISTTIMEFORMAT="%F %T: "
```

Die Kürzel bestimmen das Datums- und Zeitformat. `%F` steht für das Datum, `%T` für die Uhrzeit. Die Leerzeichen sorgen für eine besser lesbare Ausgabe. Die

```
tim@ubuntu: ~
tim@ubuntu:~$ history
    1  2020-05-27 11:49:59: cd Bilder
    2  2020-05-27 11:49:59: ls -la
    3  2020-05-27 11:49:59: cd ..
    4  2020-05-27 11:49:59: sudo apt search synaptic
    5  2020-05-27 11:49:59: man strftime
    6  2020-05-27 11:49:59: ip --help
    7  2020-05-27 11:49:59: ip a
    8  2020-05-27 11:49:59: cd Downloads
    9  2020-05-27 11:49:59: wget -c ftp://ftp.gnu.org/gnu/bash/bash-5.0.tar.gz
   10  2020-05-27 11:49:59: tar xvfz bash-5.0.tar.gz
   11  2020-05-27 11:49:59: ls
   12  2020-05-27 11:49:59: cd bash-5.0
   13  2020-05-27 11:49:59: ls
   14  2020-05-27 11:49:59: cd ~
   15  2020-05-27 11:50:02: clear
tim@ubuntu:~$
```

Steht an Stelle 12 in der History „cd bash-5.0“, führt ihn das Kommando „!12“ ein weiteres Mal aus. Ist ein Eintrag in der History mit einem Sternchen (*) markiert, hat die Bash das Kommando aus irgendeinem Grund verändert.

Kürzel folgen der `strftime`-Notation, zu der `man strftime` weitere Informationen liefert. Der Befehl `history` liefert nach dem Setzen der Variablen also nun auch die Zeitangaben mit.

Besonders schnell steht ein Kommando aus der History über die Zahl in der ersten Spalte bereit: Stellen Sie der jeweiligen Nummer dazu ein Ausrufezeichen voran. Den Befehl mit der Nummer 24 im Verlauf führt `!24` erneut aus.

Die Bash kann dabei auch rückwärts zählen: `!-1` startet den letzten Befehl, `!-2` den vorletzten und so weiter. Den Aufruf via Ausrufezeichen können Sie als Platzhalter auch in andere Befehle einbinden, beispielsweise `sudo !24`.

Die mit dem Doppelpunkt eingeleiteten Anhängsel bezeichnet die Bash als Word Designators. Dabei zerhackt die Bash den entsprechenden Befehl in einzelne Wörter, sodass Sie daraus ein Wort oder einen Parameter mit Kürzeln hinter dem Doppelpunkt auswählen können. Dabei dürfen Sie mehrere Parameter gleichzeitig übernehmen. So entspricht `!ssh:1-2` dem zweiten und dritten Parameter, im Beispiel also dem Port und dem Domainnamen. `!ssh:1-$` steht für sämtliche Parameter, wobei `$` den letzten Parameter repräsentiert. Außerdem gibt es noch `^` für den ersten Parameter. `!ssh^-$` liefert folglich alle Parameter aus

Herausgepickt

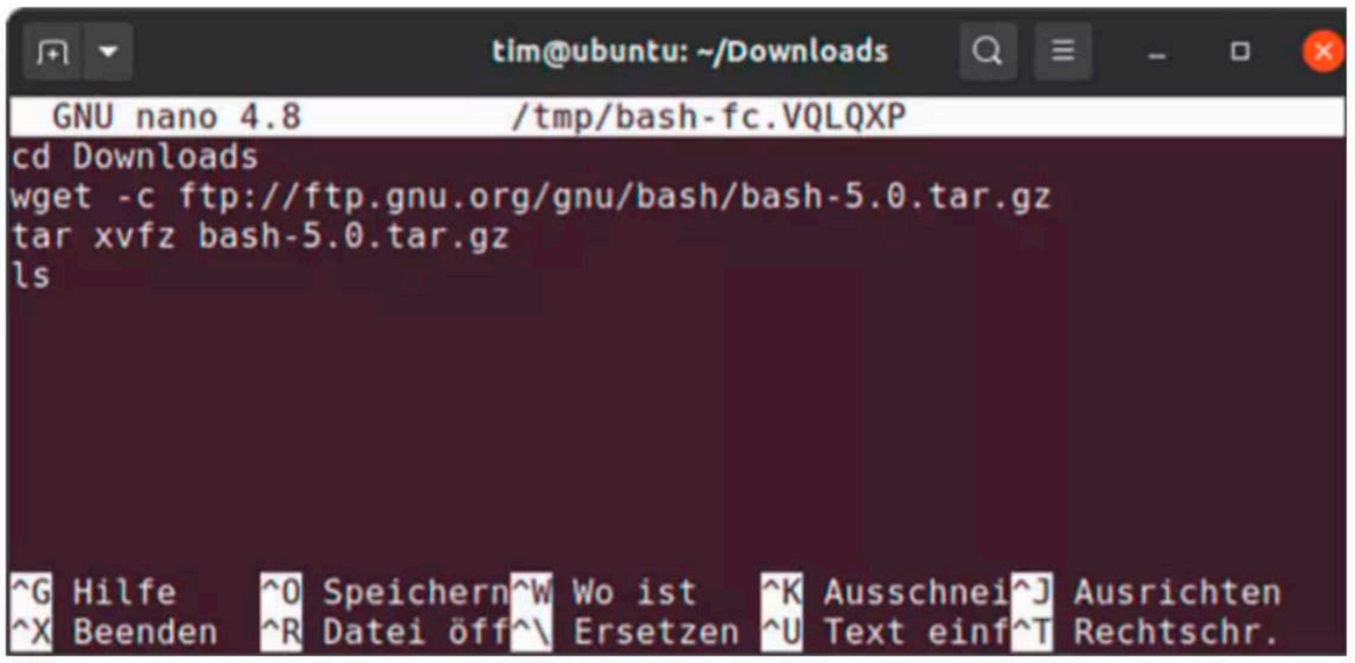
Gerade Datenbankserver sind häufig über kryptische Domainnamen zu erreichen. Früh morgens hat die Anmeldung via `ssh -p22 langerdomainname.example.com` noch geklappt. Wenn Sie am Nachmittag wissen möchten, ob der Server noch antwortet, müssten Sie entweder hinter `ping` den langen Domainnamen erneut eintippen oder ihn mit `history` nachschlagen. Doch es geht einfacher:

```
ping !ssh:2
```

Mit `!ssh:2` läuft die Bash rückwärts durch die History, schnappt sich das erste mit `ssh` startende Kommando und liefert dann seinen zweiten Parameter zurück. Im Beispiel steht `!ssh:2` somit für den gesuchten Domainnamen.

```
tim@ubuntu: ~/Downloads
tim@ubuntu:~/Downloads$ history 6
    9  wget -c ftp://ftp.gnu.org/gnu/bash/bash-5.0.tar.gz
   10  tar xvfz bash-5.0.tar.gz
   11  ls
   12  cd bash-5.0
   13  ls
   14  cd ~
tim@ubuntu:~/Downloads$ echo `basename !9:2`
echo `basename ftp://ftp.gnu.org/gnu/bash/bash-5.0.tar.gz`
bash-5.0.tar.gz
tim@ubuntu:~/Downloads$ echo !9:2:t
echo bash-5.0.tar.gz
bash-5.0.tar.gz
tim@ubuntu:~/Downloads$
```

Mit Word Designators und Modifiers lösen Sie aus einem alten Kommando schnell einen Dateinamen heraus. „!9:2“ liefert den Dateinamen bash-5.0.tar.gz, der Modifier „:t“ ersetzt den Befehl „basename“.



Mit dem Kommando fc bearbeiten Sie mehrere Befehle aus der History auf einmal. Nach dem Speichern und Beenden führt die Bash diese nacheinander aus. So automatisieren Sie wiederkehrende Aufgaben, ohne gleich ein Skript schreiben zu müssen.

dem letzten Befehl, der mit `ssh` beginnt. `!ssh:0` gibt das Programm selbst zurück, im Beispiel also `ssh`.

Schnellkorrektur

War im zuletzt abgesetzten Kommando ein Tippfehler, können Sie diesen mit dem Zirkumflex-Zeichen korrigieren. Um zum Beispiel den fehlerhaften Befehl `cd Blider` erneut mit dem richtigen Verzeichnisnamen „Bilder“ abzusetzen, tippen Sie:

```
^Blider^Bilder^
```

In diesem Beispiel ersetzt die Bash das Wort `Blider` gegen `Bilder` und ruft das Kommando direkt erneut auf. Das klappt so aber nur mit dem zuletzt eingegebenen Befehl.

Weiter zurückliegende Befehle verändern Sie nachträglich mit dem Kommando `fc`. Via `fc -e nano 23` passen Sie im Texteditor `nano` den Befehl an, der in der History auf Position 23 steht. Hinter `-e` geben Sie den gewünschten Editor an. Ohne den Parameter verwendet die Bash den Standardeditor und daher meist Vi. Die veränderte Zeile speichern Sie im Editor. Sobald Sie diesen beenden, führt die Bash das Kommando automatisch aus. Die History können Sie mit diesem Befehl nicht verändern, dazu müssen Sie stattdessen die Datei .bash_history in einem Editor bearbeiten.

`fc` kann auch mehrere Befehle gleichzeitig in den Editor laden und ausführen, wenn Sie die erste und die letzte Position in der History angeben. Mit `fc 25 27` wandern beispielsweise die Befehle an den Positionen 25, 26 und 27 in den Editor. Wenn Sie noch den Parameter `-r` ergänzen, dreht `fc` die Reihenfolge der Befehle um.

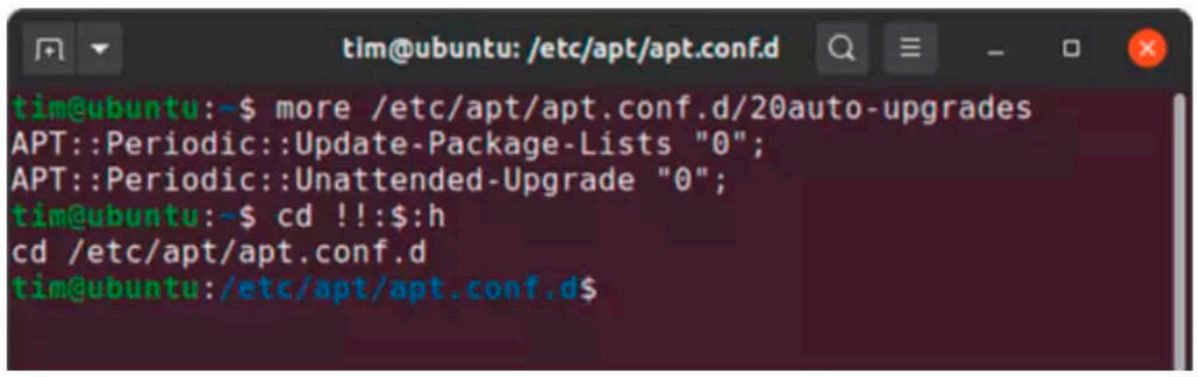
Event Designators, Word Designators und Modifier

Eingabe	Funktion
!?abc	das erste Kommando in der History suchen, das abc enthält
!abc	das erste Kommando in der History suchen, das mit abc beginnt
!!	zuletzt aufgerufener Befehl
!^	erster Parameter im vorherigen Befehl
!*	alle Parameter im vorherigen Befehl
!$	letzter Parameter im vorherigen Befehl
!n	Befehl an Position n in der History
!-n	Befehl, der an der n-ten Stelle von hinten in der History steht ⊕
⊕	Nur der zweite Parameter des Befehls
:2-5	der zweite bis fünfte Parameter des Befehls
:2-$	der zweite und alle weiteren Parameter des Befehls
:*	Sämtliche Parameter des Befehls
:p	den Befehl nur ausgeben
:h	in einer Pfadangabe das Ende abschneiden
:t	das Ende einer Pfadangabe (zum Beispiel der Dateiname)
:r	alles hinter dem letzten Punkt abschneiden (zum Beispiel die Dateiendung)
:e	alles hinter dem letzten Punkt (zum Beispiel die Dateiendung)
:q	den Text in Anführungsstriche setzen

Zerlegt

Mit `more /etc/apt/apt.conf.d/20auto-upgrades` werfen Sie unter Ubuntu und Mint einen Blick in die Konfigurationsdatei für automatische Updates. Möchten Sie anschließend in das Verzeichnis /etc/apt/apt.conf.d wechseln, führt folgender Befehl am schnellsten zum Ziel:

```
cd !!:$:h
```



Das angehängte „:h“ entfernt alles nach dem letzten Schrägstrich. Übrig bleibt nur das Verzeichnis.

Dabei steht `!!:$` für den letzten Parameter des vorherigen Befehls. Das angehängte `:h` sorgt dafür, dass die Bash alles ab dem letzten Schrägstrich entfernt. Im Beispiel bleibt dann nur das Verzeichnis übrig:

```
cd /etc/apt/apt.conf.d
```

Die Angabe `:h` ist ein sogenannter Modifier, von denen es noch weitere gibt. So liefert `:t` den hintersten Bestandteil einer Pfadangabe. Im Beispiel würde `!!:$:t` für den Dateinamen `20auto-upgrades` stehen. Während sich `:h` und `:t` an den Schrägstrichen orientieren, suchen `:r` und `:e` Punkte. Der Modifier `:r` entfernt daher die Dateinamenserweiterung:

```
tar xvfz meinarchiv.tar.gz
cd !!:$:r
```

In diesem Beispiel bleibt `meinarchiv.tar` übrig – und die Bash versucht, in dieses Verzeichnis zu wechseln. Um auch `.tar` zu eliminieren, ist ein weiterer Modifier nötig: `cd !!:$:r:r`. Möchten Sie stattdessen alles bis auf die Endung entfernen, verwenden Sie den Modifier `e`. Die Modifier können Sie nicht nur auf den letzten Befehl (`!!`) anwenden, sondern stattdessen auch einen anderen Event Designator einsetzen.

Befehlsverlauf sichern

Haben Sie an den eingegebenen Befehlen lange gefeilt, wollen Sie diese vielleicht speichern oder

History-Chaos vermeiden

Wenn Sie mehrere Terminal-Fenster öffnen, führt jedes seine eigene History. Um allen Terminals das gleiche Gedächtnis zu verpassen, fügen Sie am Ende der ~/.bashrc folgende Zeile hinzu:

```
PROMPT_COMMAND="history -a; history ↵
↳-c; history -r; $PROMPT_COMMAND"
```

Die als `PROMPT_COMMAND` hinterlegten Befehle führt die Bash aus, noch bevor sie den Prompt anzeigt. Mit dieser Zeile hängt die Bash zunächst mit `history -a` den aktuellen Verlauf an die gemeinsame History-Datei an, danach wird der Verlauf des Terminalfensters im Hauptspeicher gelöscht (`history -c`) und dafür die komplette, gemeinsame History wieder eingelesen (`history -r`). Das Löschen ist notwendig, da `history -r` die geladenen Befehle sonst an die vorhandene History anhängt.

Mit diesem Trick tauschen die Shells zwar ihre Kommandos aus, ein Terminal synchronisiert sich allerdings immer erst dann, wenn darin ein Befehl abgesetzt wurde. Nach einem Wechsel in eine andere Shell müssen Sie daher die Synchronisierung einmal mit einem Druck auf die Eingabetaste auslösen. Darüber hinaus können gelegentlich Duplikate in der History auftauchen.

Alternativ spendieren Sie jedem geöffneten Terminal eine eigene History. Dazu müssen Sie in der Variablen `HISTFILE` für jedes Terminal eine eigene Datei festlegen. Das erledigt beispielsweise folgender Zweizeiler in der ~/.bashrc:

```
CURTTY=`tty`
HISTFILE=~/.bash_history_`basename ↵
 ↳$CURTTY`
```

auch auf anderen Systemen verwenden. Mit `history -w myhistory` sichern Sie dazu den aktuellen Befehlsverlauf in der Datei `myhistory`. Die Datei enthält eine Liste mit Befehlen, die Sie mit jedem Texteditor nachbearbeiten können.

Wollen Sie die gesicherte History erneut laden, tippen Sie `history -r myhistory`. Die darin gespeicherten Befehle werden dann an ihre aktuelle History angehängt. Falls Sie nur zur alten Version zurückkehren möchten, löschen Sie zuvor mit `history -c` erst sämtliche bisherigen Einträge.

Wenn Sie den Dateinamen weglassen, benutzt die Bash automatisch die Datei ~/.bash_history. Die dort abgelegten Befehle lädt die Bash zudem automatisch beim Start und speichert darin die eingegebenen Befehle. Auf diese Weise stehen die zuletzt verwendeten Kommandos in jeder neuen Shell zur Verfügung. Einige Unix- und Linux-Systeme verwenden anstelle von ~/.bash_history eine andere Datei, deren Name die Umgebungsvariable `$HISTFILE` verrät.

Nur Wichtiges merken

Befehle wie `history` und `fc` landen ebenfalls in der History. Verhindern können Sie das mit der Umgebungsvariablen `$HISTIGNORE`. Die dort eingetragenen und durch einen Doppelpunkt getrennten Befehle ignoriert die Bash:

```
HISTIGNORE="history:fc*"
```

Das Sternchen sorgt dafür, dass die Bash nicht nur `fc` selbst, sondern alle damit beginnenden Befehle ignoriert. Wer zweimal hintereinander `ls` aufruft, findet in der History auch zweimal `ls`. Solche Dubletten verhindert `HISTCONTROL=ignoredups`. Mit `ignoreboth` anstelle von `ignoredups` ignoriert die History auch Befehle, die mit einem Leerzeichen starten. Auf diese Weise können Sie elegant verhindern, dass ein eingetippter Befehl in der History landet: Stellen Sie ihm einfach ein Leerzeichen voran. Alternativ können Sie die History mit `set +o history` auch komplett abschalten. Um sie wieder zu aktivieren, tippen Sie `set -o history`.

Das Gedächtnis der Bash ist begrenzt. Wie viele Einträge die History aufnehmen kann, gibt die Umgebungsvariable `$HISTSIZE` vor. Im Fall von `HISTSIZE=1000` würde sie sich 1000 Befehle merken. Dies ist auf den meisten Linux-Systemen die Vorgabe, die Bash merkt sich standardmäßig nur 500 Einträge.

Dauerhafte Konfiguration

Damit die gewählten Umgebungsvariablen dauerhaft gelten, sollten Sie sie in einer Konfigurationsdatei der Bash verstauen, prädestiniert ist die Datei ~/.bashrc, die wir auf Seite 98 vorstellen. Auf diese Weise müssen Sie sich auch die Variablennamen nicht merken. Von den Tastenkombinationen ist Strg+R die nützlichste, alle anderen brauchen nur Bash-Experten.

Wenn man sie nicht häufiger nutzt, geraten praktische Event Designators und Word Designators leicht wieder in Vergessenheit. Doch als Anwender braucht man oft ähnliche Befehle und erledigt wiederkehrende Aufgaben. Legen Sie sich für diese zwei oder drei nützliche Event Designators zurecht oder notieren Sie diese irgendwo in greifbarer Nähe. (lmd) c't



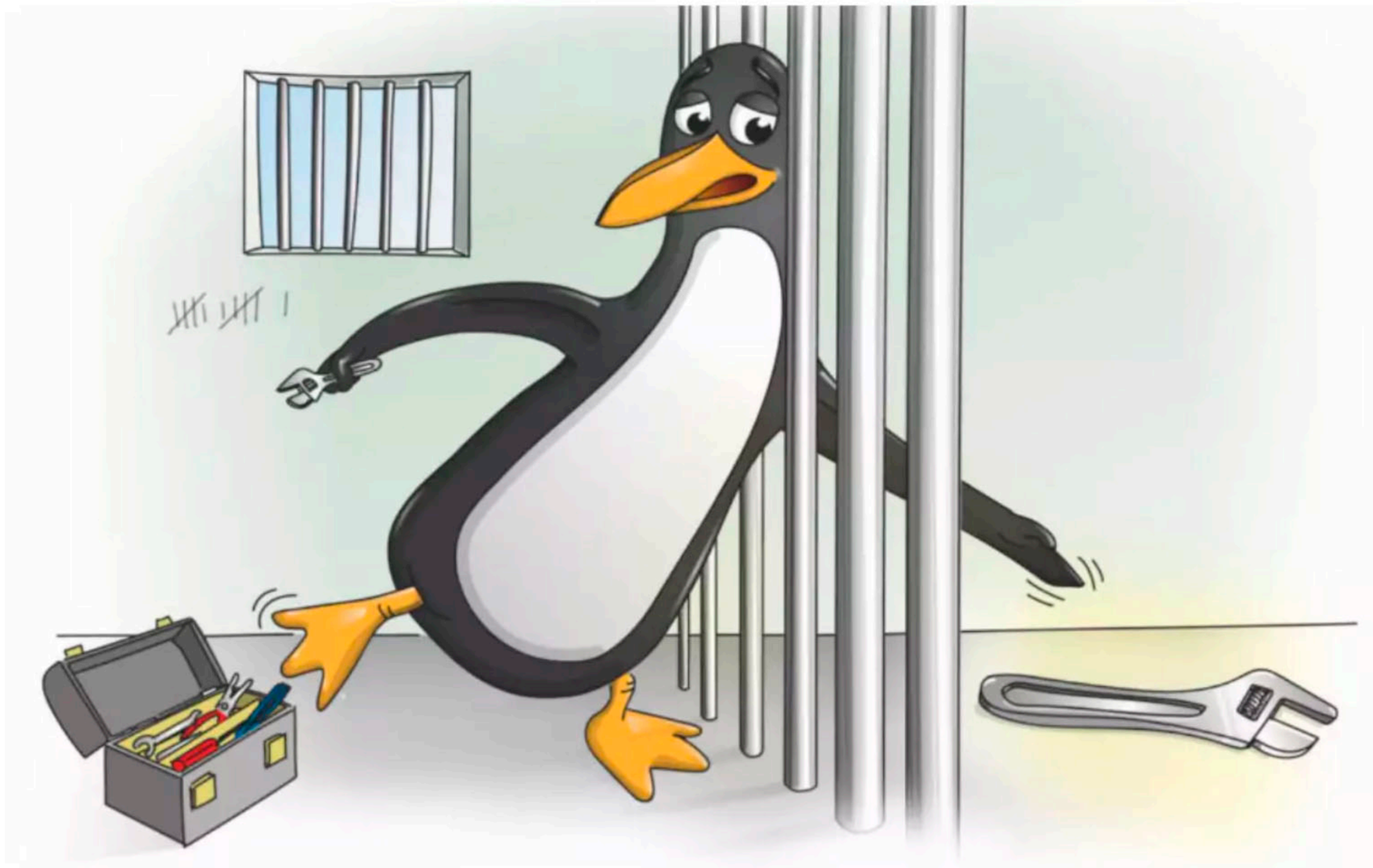


Bild: Michael Luther

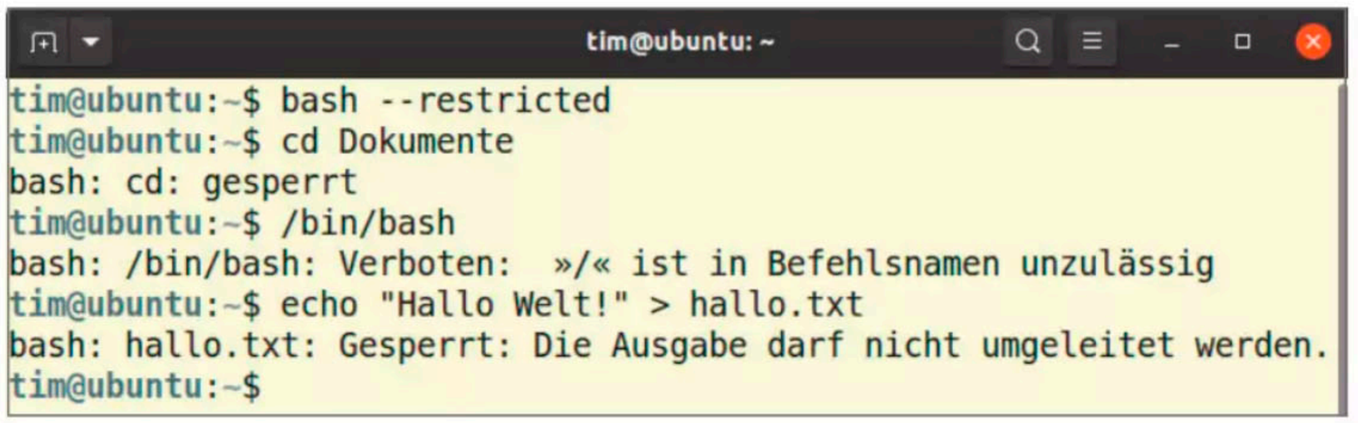
Eingeschränkter Zugriff auf die Shell

Mit rbash und GNU Rush schränken Sie auf Linux-Systemen den Zugriff auf die Shell ein. So können Sie verhindern, dass Anwender versehentlich Schaden anrichten oder Einbruchsversuche starten. Die beiden Werkzeuge gehen dabei recht unterschiedliche Wege.

Von **Tim Schürmann**

Meldet sich Alice per SSH auf einem entfernten Server an, landet sie dort in einer Shell, mit der sich erstaunlich viel anstellen lässt. Falsch gesetzte Zugriffsrechte können dann verheerende Folgen haben. Im schlimmsten Fall kann Alice die Konfigurationsdateien unter /etc einsehen oder per `scp` auf ihren Rechner holen. Obendrein öffnet der Server eine Shell in Situationen, in denen man es nicht vermuten würde. Dazu zählt beispielsweise das Tool `scp`: Um eine Datei zu kopieren, öffnet es via SSH eine Verbindung zum Server, der dann dort mit der Standard-Shell des Benutzers den Befehl

Um die Restricted Shell auszuprobieren, tippen Sie `rbash` oder `bash -r`. Ein Verzeichniswechsel mit cd ist dann nicht mehr möglich.



`scp -r` aufruft. Ähnlich problematisch sind `rsync` und Zugriffe auf ein Git-Repository. Doch der Zugriff lässt sich glücklicherweise einschränken.

Bash

Viele Linux-Systeme verwenden standardmäßig die Bash. Ruft man sie mit dem Parameter `-r` beziehungsweise `--restricted` oder als `rbash` auf, verwandelt sie sich in eine sogenannte Restricted Shell. Die einfache Benutzerin Alice darf dann unter anderem nicht mehr mit `cd` in ein anderes Verzeichnis wechseln und Daten umleiten (über die Operatoren `>`, `>|`, `<>`, `>&`, `&>` und `>>`). Des Weiteren sind die Umgebungsvariablen `SHELL`, `PATH`, `ENV` und `BASH_ENV` in Stein gemeißelt. Stark eingeschränkt ist auch, welche Programme man ausführen darf. Kommandos dürfen den Schrägstrich / nicht enthalten, die Shell lässt sich nicht via `exec`-Befehl gegen ein anderes Kommando austauschen und beim `command`-Befehl, der ein gegebenes Kommando schlicht ausführt, ohne es weiter nachzuschlagen, ist der Parameter `-p` blockiert, der einen Standardpfad für auszuführende Programme verwendet. Sämtliche Einschränkungen listet `man bash` ganz am Ende auf. Neben der Bash lassen sich auch die Bourne Shell und die Korn-Shell (Ksh) in eine Restricted Shell verwandeln.

Um Alice auf eine Restricted Shell zu beschränken, legen Sie `rbash` als ihre Standard-Shell fest. Dazu setzen Sie in der Datei `/etc/passwd` am Ende der Zeile für Alice die Shell auf `rbash`:

```
alice:x:1000:1000:Alice,,,:↴
↳/home/alice:/bin/rbash
```

Die Restricted Shell gestattet allerdings zahlreiche Ausbruchsversuche. So könnte Alice weiterhin das Kommando `more /etc/passwd` aufrufen. Liegt `bash` in einem Verzeichnis, das auch in der Umgebungsvariablen `PATH` steckt, darf Alice zudem via `bash` eine normale Shell aufrufen. Startet Alice ein Shell-Skript, so führt es die Bash normal aus. Im Zweifelsfall öffnet Alice eine Shell aus einem anderen Programm heraus. Im Texteditor `vi` genügen dafür folgende zwei Kommandos:

```
:set shell=/bin/sh
:shell
```

GNU Rush

In die Bresche springt die Restricted User Shell, kurz Rush. Dort bestimmen flexible Regeln, welche Benutzer welche Befehle unter welchen Bedingungen aufrufen dürfen. Rush liegt in den Repositorys vieler Distributionen – häufig jedoch in einer veralteten Version. Ubuntu/Linux Mint bietet beispielsweise Version 1.8, aktuell ist 2.1. Der Quellcode ist allerdings schnell selbst übersetzt. Tippen Sie dazu `./configure; make; sudo make install` im Verzeichnis des entpackten Quellcodearchivs (Download via ct.de/w9yc).

Nach der Installation weisen Sie `rush` den betroffenen Benutzern analog zu `rbash` als Standard-Shell zu. Wurde sie aus der Paketverwaltung installiert, liegt sie unter `/usr/bin/rush`, wurde das Programm selbst übersetzt, finden Sie es unter `/usr/local/sbin/rush`. Öffnen Sie anschließend die Konfigurationsdatei `/usr/local/etc/rush.rc`, die manche Distributionen unter `/etc/rush.rc` verstauen. Die Datei muss dem Benutzer `root` gehören und für alle anderen User schreibgeschützt sein. Andernfalls verweigert Rush die Arbeit. Die mitgelieferte Konfigurationsdatei bringt bereits ein paar vorgefertigte Regeln mit, die aber nur in wenigen Fällen passen dürften.

Am Anfang der Datei `rush.rc` steht mit `rush 2.0` immer die Versionsnummer des Dateiformats. Alles hinter einem Hash-Zeichen ignoriert Rush, Einrückungen dienen nur der Übersicht. Unter dem

```
tim@ubuntu: ~
tim@ubuntu:~$ scp mimi@192.168.1.102:~/hallo.txt .
mimi@192.168.1.102's password:
Das Kopieren vom Server ist nicht gestattet.
tim@ubuntu:~$ ssh mimi@192.168.1.102
mimi@192.168.1.102's password:
Welcome to Ubuntu 19.10 (GNU/Linux 5.3.0-26-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:     https://landscape.canonical.com
 * Support:        https://ubuntu.com/advantage


0 updates can be installed immediately.
0 of these updates are security updates.

Sie haben nicht das Recht, sich interaktiv an diesem Rechner
anzumelden. Kontaktieren Sie den Systemadministrator für
weitere Informationen.
Connection to 192.168.1.102 closed.
tim@ubuntu:~$
```

Hier sorgen zwei getrennte Regeln für die Befehle `scp -t` und `scp -r`, dass Mimi zwar Dateien auf den Server kopieren, aber nicht von dort herunterladen kann. Das Anmelden an einer interaktiven Shell unterbindet Rush zudem standardmäßig.

Schlüsselwort `global` stehen Einstellungen, die alle nachfolgenden Regeln beeinflussen. Mit `debug 1` protokolliert Rush im Systemlog nur das Notwendigste, bei einer 3 erklärt die Shell dort auch, wie es die Regeln eingelesen hat. Eine Regel ist nach folgendem Schema aufgebaut:

```
rule scp
   match $program == "scp"
   umask 022
   chdir "~/Dokumente"
   set [0] = "/usr/bin/scp"
```

Regulator

Das Schlüsselwort `rule` leitet den Beginn einer Regel ein und gibt ihr einen eindeutigen Namen. Im Beispiel heißt die Regel einfach `scp`. Alle übrigen Anweisungen übernehmen Konzepte aus der Bash. Wann eine Regel greift, verrät die Bedingung hinter `match`. Unsere Beispielregel greift, wenn Alice ein Kommando absetzt, das den Programmnamen `scp` enthält. Die Variable `$program` stellt Rush bereit, sie enthält den Programmnamen. Weitere nützliche Variablen verrät die nebenstehende Tabelle. Genauso lassen sich Umgebungsvariablen auswerten, beispielsweise enthält `$PATH` den Suchpfad. Der Operator == prüft, ob `$program` die Zeichenkette `scp` enthält. Wenn Sie == gegen ~ tauschen, betrachtet Rush den nachfolgenden Text als regulären Ausdruck.

Wenn Alice `scp` aufruft und damit die Bedingung (`match`) der Regel zutrifft, führt Rush die darunter aufgeführten Aktionen aus. Im Beispiel passt Rush zunächst mit `umask` die Dateirechte an, die standardmäßig für neu angelegte Dateien gelten. Die Oktalzahl ist so zu wählen, wie man sie auch dem Programm `umask` übergeben würde. Wenn Sie beispielsweise den Wert 022 angeben, sind per `scp` auf den Server geschobene Dateien für andere Nutzer zunächst nur lesbar. Weitere Informationen hierzu liefert die Manpage von `umask` (via `man umask`).

Im nächsten Schritt der Regel wechselt Rush in das Verzeichnis `~/Dokumente`, in dem dann alle per `scp` hochgeladenen Dateien landen. Mit einer Aktion wie `chroot "/var/jail"` kann Rush zusätzlich eine Chroot-Umgebung einrichten, aus der Alice später nicht mehr ausbrechen kann. Der Verzeichniswechsel mit `chdir` findet grundsätzlich erst nach dem Aufbau der Chroot-Umgebung statt.

Von Rush bereitgestellte Variablen

Variable	Beschreibung
$command	enthält das komplette, vom Benutzer aufgerufene Kommando
$gid	die Group ID des Benutzers (GID)
$group	Name der Benutzergruppe
$home	Home-Verzeichnis des Benutzers
$program	Name des auszuführenden Programms
$uid	die User ID des Benutzers (UID)
$user	Benutzername
$#	Anzahl der Argumente in $command
$0, $1, $2, ...	die einzelnen Bestandteile des Kommandos. Der erste Parameter findet sich beispielsweise in $1

Eingriffe

Das von Alice eingetippte Kommando kann Rush vor dem Aufruf manipulieren. So lässt sich sicherstellen, dass garantiert das Programm `/usr/bin/scp` und nicht ein beliebiges anderes `scp` startet. Rush führt zudem nur Programme mit kompletter Pfadangabe aus, sodass Sie um eine Anpassung des Befehls in der Regel nicht herumkommen. Dazu müssen Sie lediglich die Variable `$command` verändern. Sie könnten zum Beispiel per `set` das vom Benutzer eingegebene Kommando gegen ein anderes austauschen:

```
set command = "/bin/echo $command"
```

Setzen Sie wie hier eine Variable in einen Text ein, tauscht Rush automatisch die Variable durch ihren Inhalt. Sie können aber auch das Kommando modifizieren und etwa einen Parameter mithilfe eines regulären Ausdrucks und dem Operator `=~` entfernen lassen:

```
set command =~ "s/-r *[^ ]*//"
```

Der reguläre Ausdruck nutzt dabei die gleiche Notation wie das Kommandozeilenwerkzeug `sed`. Einen zusätzlichen Parameter schmuggelt `insert` an die in eckigen Klammern hinterlegte Position. Die folgende Aktion verwandelt den Befehl `scp Dokumente` in `scp -r Dokumente`:

```
insert [1] = "-r"
```

Umgekehrt würde `delete 1` den ersten Parameter löschen, wobei hier die eckigen Klammern fehlen. Die Positionsangaben kennt jedoch auch `set`, sodass man damit recht einfach nur den Programmnamen austauschen kann, der immer an der Position 0 steht:

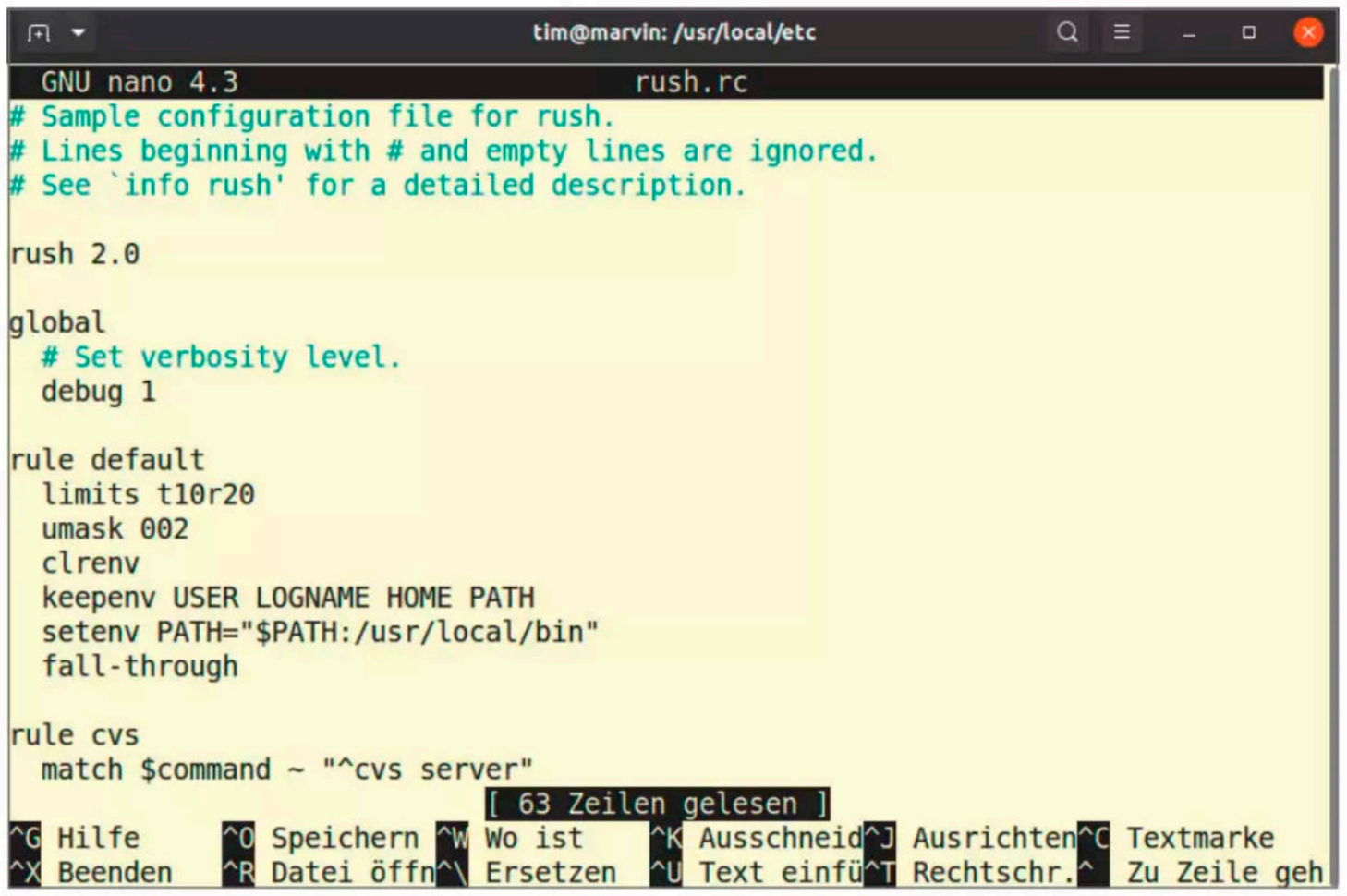
```
set [0] = /usr/bin/scp
```

Beschränkt

Auf Wunsch reglementiert Rush auch den Zugriff auf den Prozessor und andere Ressourcen. Das erreichen Sie mit `limit`:

```
limits T10 U3 N20
```

Jeder Buchstabe steht für eine Ressource, die Zahl für die jeweilige Limitierung. Im Beispiel bekommt der Befehl zehn Minuten Rechenzeit, in der er maximal drei Prozesse erzeugen und 20 Dateien gleichzeitig öffnen darf.



Die default-Regel der Konfigurationsdatei wertet Rush stets aus. Sie setzt in erster Linie die Umgebungsvariablen neu: `clrenv` setzt die Umgebung zurück, `keepenv` übernimmt die entsprechenden Umgebungsvariablen und `set` erweitert anschließend die `PATH`-Variable.

```
tim@marvin: ~
tim@marvin:~$ sudo rush --test
rush: Fehler: /usr/local/etc/rush.rc:71.12: syntax error, unexpected $undefined,
 expecting string or identifier or number
rush: Fehler: errors in configuration file
tim@marvin:~$
```

Ob die Rush-Konfiguration Tippfehler enthält, verrät `rush --test`. In diesem Fall hat der Administrator in Zeile 71 ein Anführungszeichen vergessen.

Der Nächste, bitte!

Erst nachdem Rush alle Aktionen der Regel abgearbeitet hat, führt es den modifizierten Befehl aus. Möchten Sie den Aufruf eines Befehls unterbinden, brechen Sie mit `exit` die Verarbeitung ab:

```
rule scp-from
  match $command ~ "^scp -f*"
  exit "Das Kopieren vom Server ist ↵
↳nicht erlaubt."
```

Diese Regel prüft zunächst mit einem regulären Ausdruck, ob Alice per `scp -f` eine Datei vom Server kopieren möchte; `exit` gibt dann einfach die angegebene Meldung aus und beendet Rush. Mit `fall through` am Ende einer Regel führt Rush den Befehl ebenfalls nicht aus, sondern schaut zunächst, ob noch eine der nachfolgenden Regeln ebenfalls zutrifft. Auf diesem Weg kann man Regeln hintereinanderschalten.

Rush bietet noch viele weitere Möglichkeiten, mit denen sich die Kommandos manipulieren und in ihre Schranken verweisen lassen. Zu Rush gehören auch die beiden Programme `rushwho` und `rushlast`. Während Letzteres alle bislang ausgeführten Befehle auflistet, verrät `rushwho`, welche Nutzer derzeit Rush verwenden.

Sicherheit mit Haken

Welche Shell Sie verwenden sollten, hängt vom Einsatzgebiet ab. `rbash` ist zwar auf fast jedem System greifbar, lässt sich aber leicht umgehen und schützt allenfalls vor Flüchtigkeitsfehlern. Unter Arch Linux funktioniert nur der Aufruf `bash -r`. Immerhin erschwert sie Einbruchsversuche. Deutlich flexibler ist GNU Rush. Die dafür nötigen Regeln können jedoch schnell komplex und damit fehleranfällig werden. Neben `rbash` und Rush gibt es noch Rssh, das aufgrund seines hohen Alters allerdings nicht mehr zum Einsatz kommen sollte. Vollständige Sicherheit bietet keine der Lösungen. Ergreifen Sie daher unbedingt weitere Sicherheitsmaßnahmen und sperren Sie die Nutzer beispielsweise in eine Chroot-Umgebung. (lmd) c't

Kurz vor der Rente: Rssh

Neben `rbash` und GNU Rush existiert noch Rssh. Hat man diese als Standard-Shell für einen Benutzer festgelegt, kann dieser die Werkzeuge `scp`, `sftp`, `cvs`, `rdist`, `rsync` und `svnserve` verwenden. Welche Befehle sich aufrufen lassen, bestimmt eine Konfigurationsdatei. Rssh liegt zwar noch in den Repositories einiger Distributionen, die aktuelle Version 2.3.4 stammt jedoch aus dem Jahr 2012.

Standardmäßig lässt Rssh nur die in der Konfigurationsdatei `/etc/rssh.conf` hinterlegten Dienste zu. Steht dort in einer Zeile das Schlüsselwort `allowscp`, dürfen alle Nutzer per `scp` Dateien kopieren. Analog erlauben `allowsftp`, `allowcvs`, `allowrdist`, `allowrsync` und `allowsvnserve` die Nutzung dieser Dienste. Via `chrootpath=/var/jail` lassen sich die Nutzer in eine Chroot-Umgebung sperren. Abweichende Einstellungen für die Nutzerin `alice` schafft die folgende Zeile:

user = "alice:022:000010:/var/jail"In Anführungszeichen folgt nach dem Benutzernamen die Angabe der `umask` als Oktalzahl. Jede der folgenden fünf Ziffern erlaubt mit einer 1 oder verbietet mit einer 0 von links nach rechts die Nutzung von `rsync`, `rdist`, `cvs`, `sftp`, `scp` und `svnserve`. Zum Schluss folgt das Verzeichnis für eine Chroot-Umgebung.

Download & Dokumentation

ct.de/w9yc

Kommandozeile auf Speed

Mit dem Dateimanager broot verschafft man sich blitzschnell eine Übersicht über Ordnerinhalte und fischt Dateien im Handumdrehen aus den tiefsten Verzeichnisebenen.

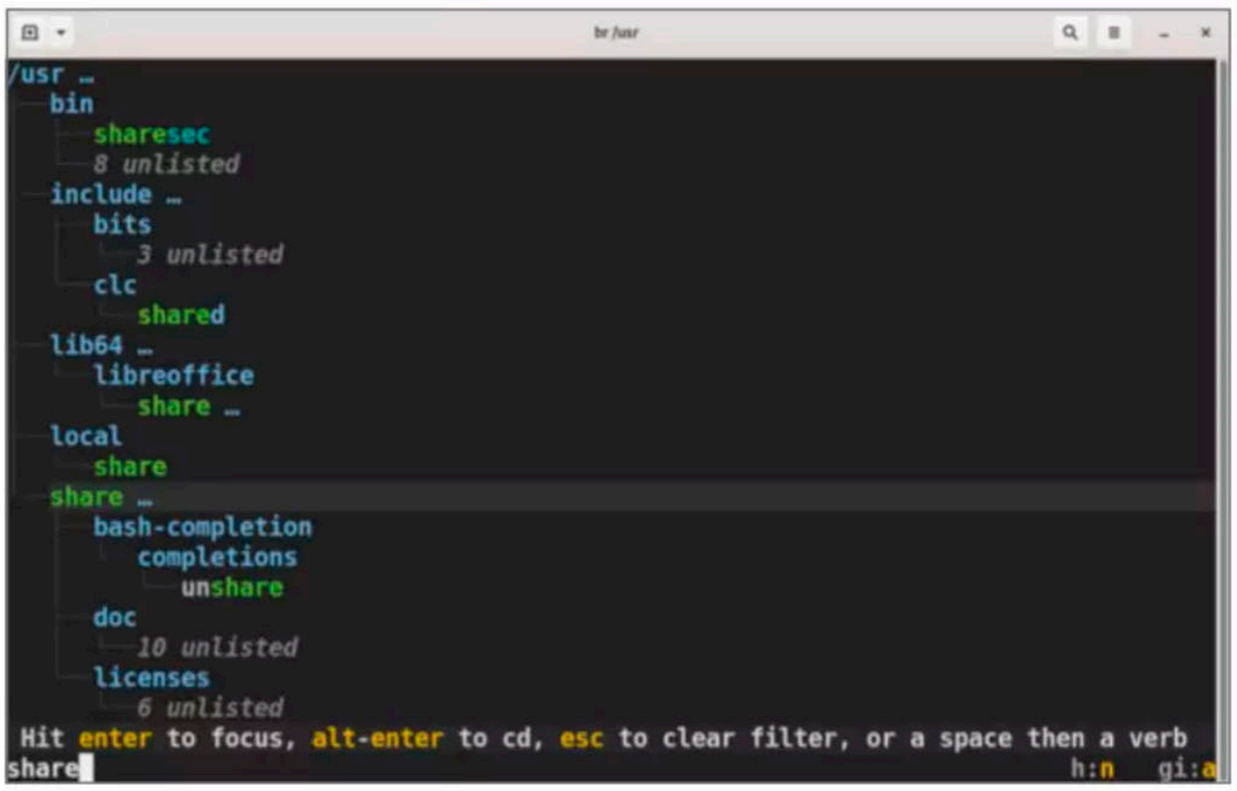
Von **Keywan Tonekaboni**

Das Arbeiten im Terminal ist schnell und effizient, aber nicht immer übersichtlich. Gerade in tief verzweigten Ordnerstrukturen fehlt manchmal der Überblick. Das interaktive Kommandozeilentool `broot` vereint Befehle wie tree, cd und mehr in einem. Zunächst listet es den Inhalt eines Verzeichnisses in einer interaktiven Anzeige auf, durch die man mit dem Cursor navigieren kann. Wie tree zeigt broot auch die Inhalte aus den Unterordnern an; aber es verkürzt die Liste zur Übersichtlichkeit. Bei Bedarf blendet man den gesamten Inhalt eines Unterordners ein.

Die Stärke von broot ist eine unscharfe Suche, mit der es angezeigte Dateien hervorhebt, sobald man einen Begriff tippt. Mit der Tab-Taste springt man von Treffer zu Treffer. Die Suchtechnik findet Dateien auch, wenn man sich an den Dateinamen nicht mehr genau erinnert. Der Suchbegriff „rechnunglaptop“ findet sowohl „Rechnung Laptop.pdf“, „rechnung_laptop.odt“ als auch „Rechnungsadresse neuer Laptop.txt“. Selbst der Suchterm „rglp“ würde diese Treffer hervorbringen, da die Suche lediglich die Reihenfolge der Buchstaben berücksichtigt. Die Suche lässt sich mit einem vorangestellten „/“ auf einen exakten Modus umschalten, in dem sie auch reguläre Ausdrücke auswertet. Mit der Escape-Taste setzt man den Suchfilter zurück oder geht in das vorherige Verzeichnis.

Das Ziel von broot ist eine Navigation durch komplexe Verzeichnisstrukturen mit so wenigen Tastendrücken wie möglich. Dateien öffnet man mit Enter oder im grafischen Terminal sogar per Doppelklick. Daraufhin startet die im System zugeordnete Anwendung, beispielsweise unter Gnome der Dokumentenbetrachter Evince bei PDF-Dokumenten oder für Textdateien Gedit. Mit Alt+Enter weist man broot an, in der Shell in das ausgewählte Verzeichnis zu wechseln und sich selbst zu beenden.

Es gibt diverse Shortcuts, die Zusatzinformationen wie Änderungszeit („:d“), Rechte („:perm“) oder Dateigröße („:s“) einblenden. Letzteres sortiert die Verzeichnisinhalte gleich auch nach Größe und visualisiert diese in einem ASCII-Balkendiagramm. Wer möchte, kann auch eigene Shortcuts definieren. Die Eingabe von „:?“ blendet die Hilfe mit einer Liste der Kurzbefehle ein und „:q“ beendet broot. (ktn) c't



Broot 1.2.7

Dateimanager für die Kommandozeile	
Hersteller	Denys Séguret, https://dystroy.org/broot/
Systemanf.	Linux, macOS, Windows 10
Preis	kostenlos, Open-Source-Lizenz (MIT)

Detox säubert Dateinamen

Dateinamen mit Sonderzeichen können insbesondere beim Dateiaustausch zwischen verschiedenen Betriebssystemen für unliebsame Überraschungen sorgen. Das Tool Detox verwandelt Dateinamen automatisch in ungefährliche Exemplare.

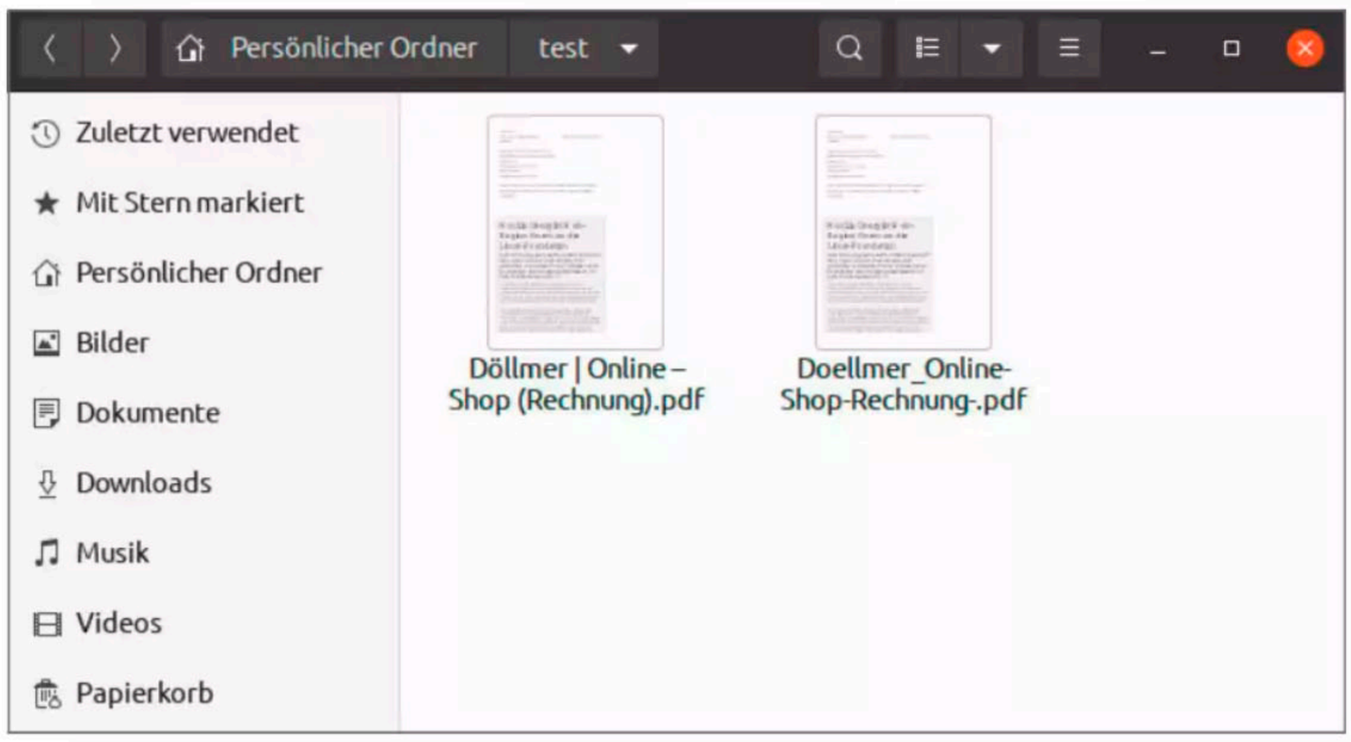
Von **Tim Schürmann**

Die Datei `Döllmer | Online - Shop (Rechnung).pdf` lässt sich problemlos unter Linux speichern. Windows stolpert hingegen über das Sonderzeichen | und verweigert den Zugriff. Steht ein Programm mit der Zeichenkodierung auf Kriegsfuß, gehen zudem gerne einmal Umlaute und Sonderzeichen verloren. Ein `ö` mutiert dann hoffentlich nur auf dem Bildschirm zu einem `?`. Wer auf der Kommandozeile arbeitet, kämpft schließlich noch mit den Leerzeichen und den Klammern. Insbesondere unter Linux interpretieren die Bash und viele andere Shells die einzelnen Wörter als Parameter. Man muss folglich immer daran denken, den kompletten Dateinamen in Anführungszeichen zu setzen. Ignoriert dies ein schnell heruntergeschriebenes Shell-Skript, schickt es die Datei im schlimmsten Fall ins Nirwana.

Lösungsmittel

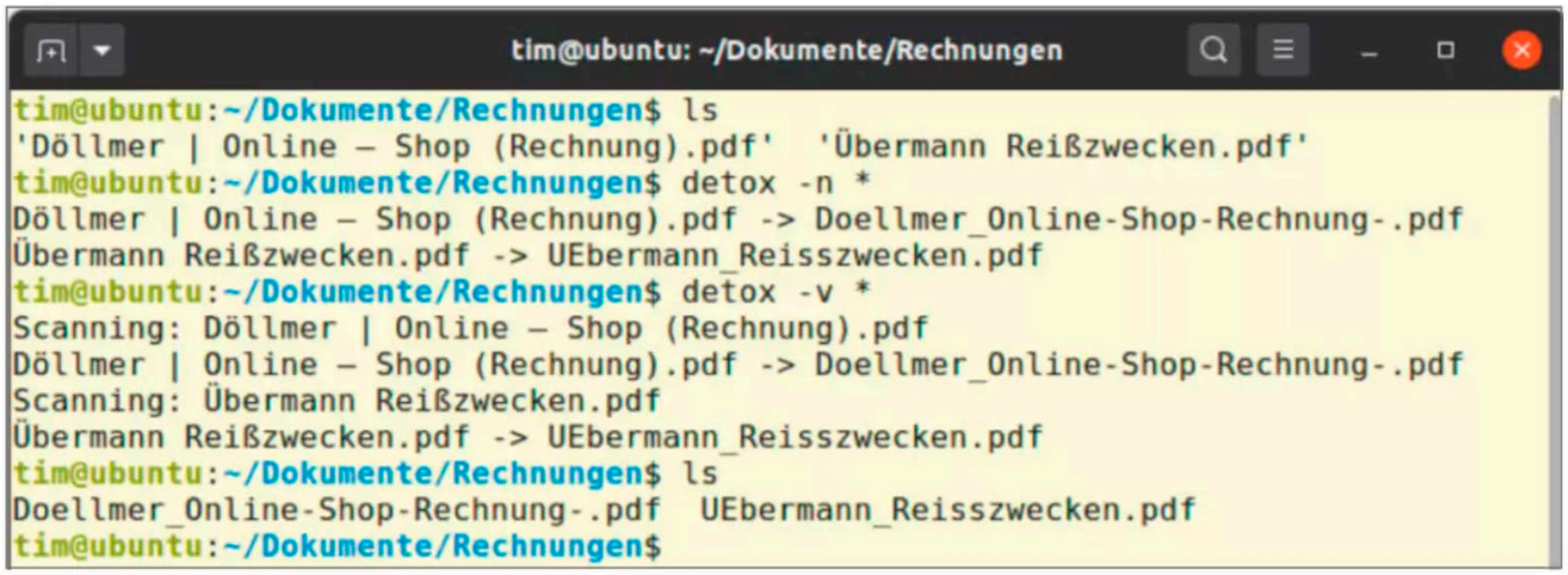
Möchten Sie alle genannten Probleme von Anfang an vermeiden, müssen Sie konsequent sämtliche Dateinamen von Sonder- und Leerzeichen befreien. Dabei hilft unter Linux das Programm Detox. Zuerst ersetzt es Umlaute, das ß und weitere Sonderzeichen durch passende Alternativen, etwa ein `ö` in ein `oe`. Detox entfernt oder ersetzt dabei alle Zeichen außerhalb des 7-Bit-ASCII-Zeichensatzes. Sofern sich Sonderzeichen nicht sinnvoll ersetzen lassen, entfernt sie Detox aus dem Dateinamen.

Anschließend tauscht Detox sämtliche Leerzeichen und potenziell gefährliche beziehungsweise missverständliche Zeichen. Dazu gehören unter anderem Klammern, `$` und `@`. Ebenfalls Geschichte ist nach der Behandlung ein Minuszeichen am An-



Linux-Dateimanager zeigen Sonderzeichen wie das Pipe-Zeichen oder Klammern im Dateinamen meist klaglos an (linke Datei). Für Windows und andere Fälle vereinfacht Detox den Dateinamen, wie rechts zu sehen.

Nicht immer liefert Detox ein perfektes Ergebnis: Hier hat es den Großbuchstaben Ü in UE verwandelt. Um eine Kontrolle der Ergebnisse kommt man folglich nicht herum.



fang eines Dateinamens. Die gerne in Internetadressen auftauchenden Kürzel wie `%20` tauscht Detox gegen das entsprechende Zeichen – im Beispiel wird daraus ein Leerzeichen. Das letztgenannte verwandelt es wiederum in einen Unterstrich („_“). Durch diese Ersetzungen können Folgen aus mehreren Minuszeichen oder Unterstrichen entstehen, die Detox abschließend auf jeweils ein Exemplar reduziert. Entstehen dadurch Namensdubletten, wandelt Detox den Namen nicht um und meldet, dass eine gleichnamige Datei bereits existiert.

Kickstart

Zwar hat der Detox-Entwickler Anfang August 2020 offiziell die Arbeit an seinem Werkzeug eingestellt, dennoch leistet es weiterhin klaglos seine Arbeit. Ubuntu und einige andere Distributionen offerieren es sogar in ihren Repositories. Wenn Sie es nicht über Ihre Softwareverwaltung installieren können, finden Sie den Quellcode der letzten Version 1.3.0 auf GitHub (siehe ct.de/wuv1).

Um die Dateinamen anzupassen, wechseln Sie im Terminal in das Verzeichnis mit den entsprechenden Dateien und rufen `detox -n *` auf. Bei dem mit `-n` angestoßenen Testlauf zeigt Detox die Dateinamen an, die es generieren würde. Sofern Sie keine Einwände haben, lassen Sie das Werkzeug mit `detox -v *` die Dateien umbenennen. Wenn Sie dabei noch den Parameter `-r` ergänzen, passt Detox alle Dateien in Unterverzeichnissen an. Möchten Sie nur einen einzigen Dateinamen ändern, verfüttern Sie ihn direkt an Detox: `detox "Döllmer | Online – Shop (Rechnung).pdf"`. Weitere Informationen zur Bedienung liefert `man detox`. Wer die Weiterentwicklung des Tools übernehmen möchte, kann sich übrigens beim Detox-Entwickler melden. (wid) c't

Detox auf SourceForge und GitHub

ct.de/wuv1

Datenschutzrecht leicht gemacht!

c't DSGVO 2021 – Neuauflage!

Auch als einzelnes Heft erhältlich.

shop.heise.de/ct-dsgvo21

Heft + PDF für nur 29,90 € ›

Heft + PDF mit über 20 % Rabatt

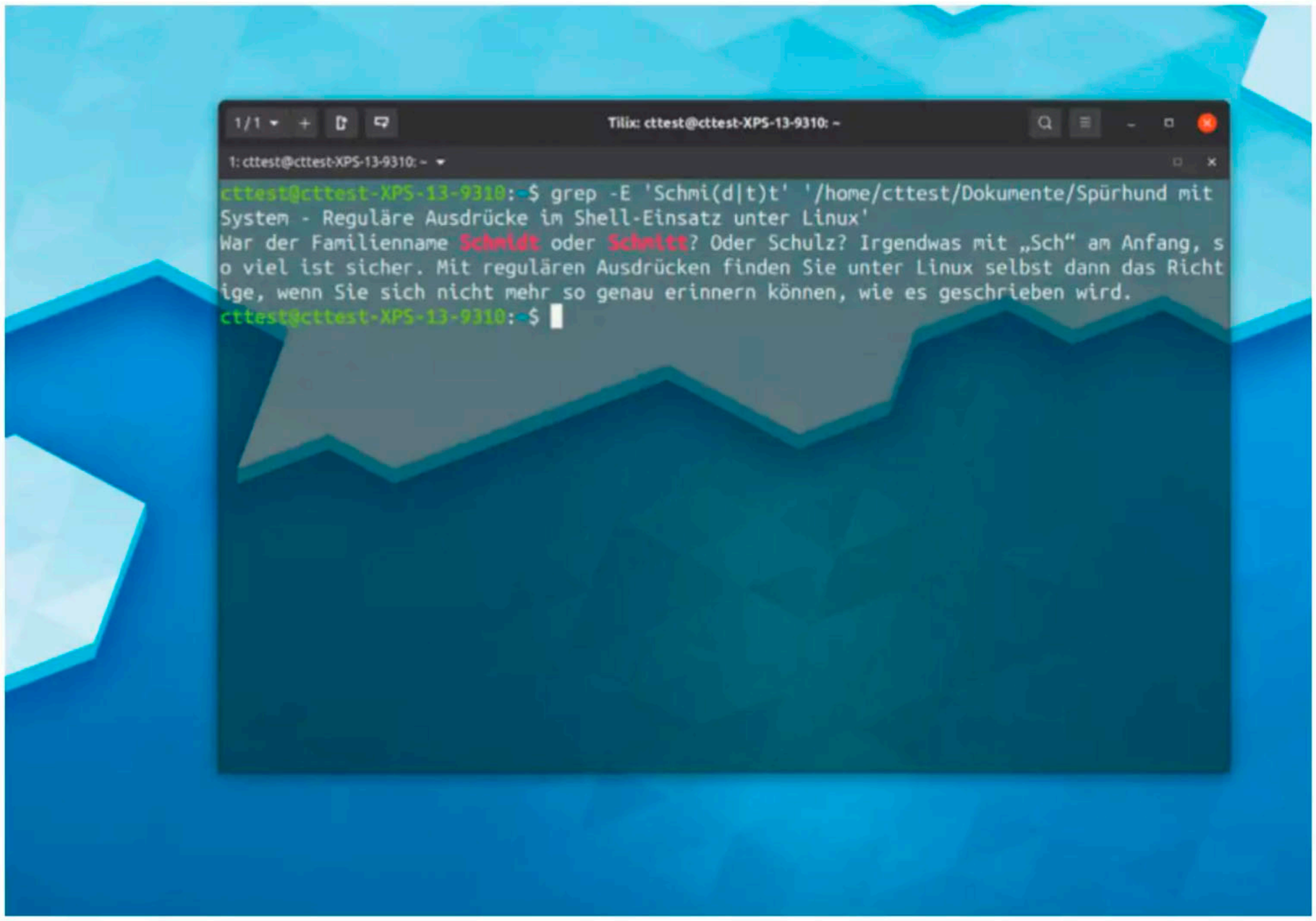


NEUE 3. Auflage

heise shop

shop.heise.de/ct-dsgvo21 ›

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



Reguläre Ausdrücke im Shell-Einsatz

War der Familienname Schmidt oder Schmitt? Oder Schulz? Irgendwas mit „Sch“ am Anfang, so viel ist sicher. Mit regulären Ausdrücken finden Sie selbst dann das Richtige, wenn Sie sich nicht mehr so genau erinnern können, wie es geschrieben wird.

Von **Tim Schürmann**

Namen sind nicht nur Schall und Rauch, sie bilden oft die Basis für E-Mail-Adressen oder Benutzernamen. Wohl dem, der ein perfektes Namensgedächtnis hat und genau weiß, ob er zuletzt mit Herrn Schmidt oder Herrn Schmitt geschrieben hat. Alle anderen sind auf die mehr oder minder guten Suchfunktionen ihrer E-Mail-Programme oder Messenger angewiesen – oder müssen zu Linux-Bordmitteln greifen, um die Gedächtnislücke zu schließen.

Ein Vorteil der Bordmittel ist, dass Sie sie auf praktisch alle Anwendungen loslassen können. So gibt es zum Beispiel in Thunderbird keine leistungsfähige Suchfunktion, schon gar keine regulären Ausdrücke – dafür sind Add-ons erforderlich, die aber nicht immer für jede Thunderbird-Version zur Verfügung steht. Das Programm `grep` hingegen gibt es auf jedem Linux-System. Sie können damit leicht die Datei durchsuchen, in der Thunderbird die Adressen speichert, und so Herrn Schmidt oder Schmitt oder Schulz, oder wie auch immer er heißt, ausfindig machen.

Grep ist ein Kommandozeilenwerkzeug, das Sie im Terminal mit Angabe des Suchbegriffs und der zu durchsuchenden Dateien starten. Herrn Schmidt finden Sie zum Beispiel durch folgenden Aufruf in Ihrem Thunderbird-Adressbuch, sofern er dort eingetragen ist:

```
grep 'Schmidt' \
~/.thunderbird/*/abook.mab
```

Für dieses Trivial-Beispiel hätten Sie genauso gut die Suchfunktion in Thunderbird benutzen können. Doch schon die Suche nach „Schmidt“ oder „Schmitt“ überfordert die Thunderbird-Suche. Ihnen bleibt nur die Wahl, alle Möglichkeiten von Hand durchzuprobieren. Bei `grep` hingegen genügt eine einzelne Suche:

```
grep -E 'Schmi(d|t)t' \
~/.thunderbird/*/abook.mab
```

Der Parameter `-E` sagt `grep`, dass es sich bei dem Suchmuster `Schmi(d|t)t` um einen sogenannten regulären Ausdruck (Regular Expression, auch RegEx oder RegExp abgekürzt) handelt und deshalb zum Beispiel die runden Klammern und das Pipe-Symbol Sonderzeichen sind. Ohne den Parameter `-E` müssten Sie `Schmi\(d\|t\)t` als Suchmuster verwenden und die Klammern und den senkrechten Strich mit zusätzlichen Backslashes schützen. Mit dem zusätzlichen Parameter `-i` ignoriert Grep Groß- und Kleinschreibung.

Der senkrechte Strich (Pipe) im regulären Ausdruck steht für ein logisches „oder“: Im Suchbegriff folgt nach dem „i“ entweder ein „d“ oder ein „t“. Die Klammern gruppieren die beiden Zeichen und beschränken so den Gültigkeitsbereich auf „d“ und „t“. Ohne die Klammern würde `Schmid|tt` für die beiden Wörter „Schmid“ und „tt“ stehen. Ein solches unbeschränktes `oder` ist nützlich, wenn Sie nicht mehr wissen, ob Ihnen etwa unser Video-Producer vor seiner Hochzeit als „Johannes Maurer“ geschrieben hat, oder erst danach als „Johannes Börnsen“. Der reguläre Ausdruck wäre dann `Maurer|Börnsen`.

Doch Vorsicht mit Umlauten: Thunderbird verwendet in seiner Adressbuchdatei intern eine 7-Bit-Darstellung und wandelt Umlaute um. So wird aus `Börnsen` intern `B$C3$B6rnsen`. Solche hexadezimale Darstellungen findet man in vielen Programmen. Sie müssten dann also nach `Maurer|B$C3$B6rnsen` suchen und für jeden Umlaut die passende Kodierung heraussuchen. Einfacher geht das mit folgendem regulären Ausdruck:

```
grep -E 'Maurer|B[\$0-9A-F]+rnsen' \
~/.thunderbird/*/abook.mab
```

Neu sind die Zeichengruppe `[]` und der sogenannte Quantifier `+`, der die Anzahl vorgibt. Mit `[]+` suchen Sie nach einem oder mehreren Vorkommen solcher Zeichen, die zwischen den eckigen Klammern angegeben sind. Die Angaben `0-9` und `A-F` decken die Zahlen 0 bis 9 und die Buchstaben A bis F ab – also alle hexadezimalen Zeichen. Soll auch ein Minus in der Gruppe vorkommen, so müssen Sie das am Ende der Gruppe unmittelbar vor der schließenden Klammer aufführen und ein Caret `^` darf nicht am Anfang stehen, denn sonst invertiert es die Zeichengruppe. Das Dollar-Zeichen ist ebenfalls ein Sonderzeichen und muss durch `\$` geschützt werden, damit es wie ein normales Zeichen behandelt wird. Damit decken Sie die von Thunderbird konvertierten Umlaute und andere Sonderzeichen ab.

Neben Schmidt und Schmitt gibt es noch die Schreibweise Schmit. Genau die berücksichtigt der reguläre Ausdruck „Schmi(d|t)?t“. Das vor dem ungeschützten Fragezeichen stehende Zeichen, beziehungsweise in diesem Fall die Gruppe, kann einmal im Suchbegriff auftauchen oder auch nicht. Der Ausdruck steht somit für die drei Varianten „Schmidt“, „Schmitt“ und „Schmit“.

Mit `Schmi.{0,2}t` finden Sie zusätzlich auch noch „Schmiedt“. Der Punkt steht ohne vorangestellten Backslash für ein beliebiges Zeichen, die Zahlen in den geschweiften Klammern bestimmen, wie oft der links daneben stehende Ausdruck mindestens und höchstens vorkommen darf. Sind Mindest- und Höchstanzahl gleich, genügt die Angabe nur einer Zahl. Hinter „Schmi“ dürfen somit kein, ein oder zwei beliebige weitere Zeichen folgen. Grep würde neben „Schmit“ aber auch „Schmiat“ und „Schmia2t“ finden.

Mit diesem Wissen können Sie den Regulären Ausdruck für Herrn Börnsen präzisieren: Die konvertierten Sonderzeichen bestehen aus hexadezimalen Zahlen, also `[0-9A-Z]{2}` mit Dollarzeichen vorweg – und davon stets zwei hintereinander, also `B(\$[0-9A-F]{2}){2}rnsen`.

Alles hat ein Ende

Ohne den schützenden Backslash symbolisiert das Dollarzeichen in regulären Ausdrücken das Ende einer Zeile. Den Zeilenanfang kennzeichnet das Caret `^`. Mit dem regulären Ausdruck `^Schmi(d|t)t$` finden Sie alle Stellen in einer Datei, an denen „Schmidt“ oder „Schmitt“ allein in einer Zeile steht. Weitere Sonderzeichen in regulären Ausdrücken finden Sie in der Tabelle „Die wichtigsten RegExp-Sonderzeichen“.

Mit dem regulären Ausdruck `\w+@\w+` bekommen Sie eine Liste der E-Mail-Adressen Ihres Adressbuchs, allerdings fehlen einige: Die Zeichengruppe `\w` ist eine alternative Schreibweise zu `[a-zA-Z0-9_]`, steht also für alle Buchstaben und Zahlen nebst Unterstrich. Es fehlen aber Minus und Punkt, die ebenfalls häufig in E-Mail-Adressen verwendet werden – Sie müssen deshalb den regulären Ausdruck um diese beiden Zeichen zu `(\w|[.-])+@(\w|[.-])+` erweitern. Da `\w` bereits eine Zeichengruppe ist, müssen Sie beide Zeichengruppen per „oder“ miteinander verknüpfen.

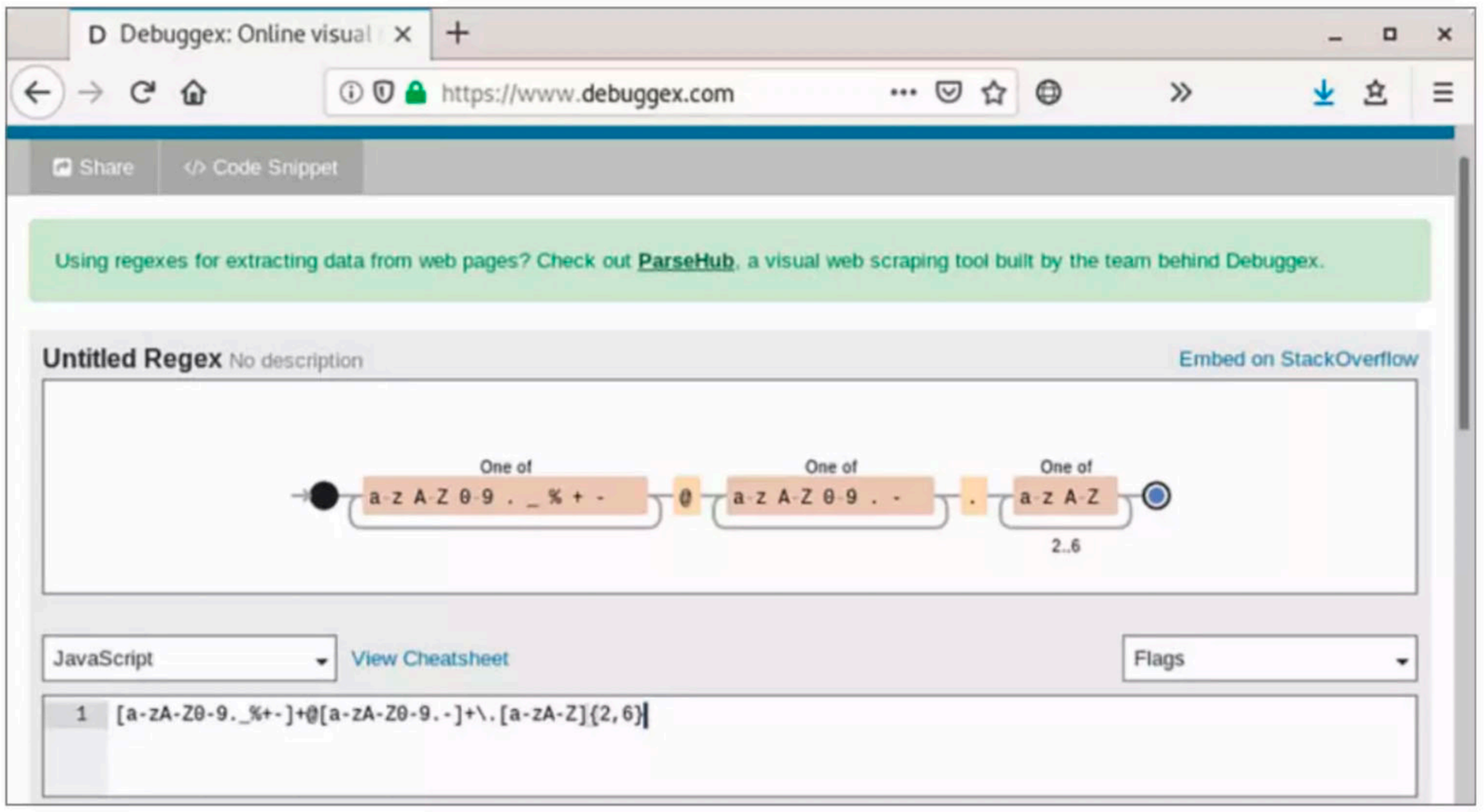
Das „+“ hinter den Zeichengruppen stellt sicher, dass es vor und hinter dem „@“ mindestens ein zusätzliches Zeichen gibt, ansonsten kann es sich unmöglich um eine E-Mail-Adresse handeln. Damit Grep nur die E-Mail-Adresse anzeigt, also den mit dem regulären Ausdruck übereinstimmenden Teil, rufen Sie das Werkzeug zusätzlich mit dem Parameter `-o` auf:

```
grep -oE '(\w|[.-])+@(\w|[.-])+' \
~/.thunderbird/*/abook.mab
```

Der reguläre Ausdruck fördert aber auch Fundstellen zutage, die keine gültigen E-Mail-Adressen sind, wie etwa „Teamm@te“ oder Teile von Dateianhängen. Die folgende Variante erlaubt daher vor und

Die wichtigsten RegExp-Sonderzeichen

Zeichen	Bedeutung
`.`	ein einzelnes Zeichen
`(..)`	Gruppe von Elementen
`..|..`	Oder-Verknüpfung
Zeichengruppen	
`[0-9A-F]`	benutzerdefiniert, 0 bis 9, A bis F, ^ am Anfang invertiert die Gruppe
`\d`	Ziffer, entspricht `[0-9]`
`\D`	keine Ziffer, entspricht `[^0-9]`
`\w`	alphanumerisches Zeichen, entspricht `[a-zA-Z0-9_]`
`\W`	kein alphanumerisches Zeichen, entspricht `[^a-zA-Z0-9_]`
`\s`	Whitespace, z.B. Leerzeichen, Tabulator, Return
`\S`	kein Whitespace
Quantifier	
`?`	kein Mal oder einmal
`*`	kein Mal oder beliebig oft
`+`	mindestens einmal
`{n,m}`	mindestens n-mal, höchstens m-mal
Position	
`^`	Zeilenanfang
`$`	Zeilenende



Die Seite debuggex.com hilft, reguläre Ausdrücke zu verstehen und etwaige Fehler zu finden.

nach dem „@“ nur die vom E-Mail-Standard vorgegebenen Zeichen und prüft gleichzeitig, ob die First Level Domain zwei bis maximal sechs Buchstaben lang ist:

```
[a-zA-Z0-9._%+-]+@
↳[a-zA-Z0-9.-]+\.[a-zA-Z]{2,6}
```

Suchen Sie nach Mail-Adressen wie „ct@ct.de“ oder „heise@heise.de“, die vor und nach dem „@“ gleich sind, so liefern Ihnen die bisherigen Beispiele zu viel Beifang. Mit einem Kniff finden Sie aber auch solche Mail-Adressen ganz gezielt: Grep merkt sich Fundstellen, auf die ein Ausdruck in runden Klammern passt. Beim regulären Ausdruck `(\w+)@\w+` zum Beispiel merkt sich Grep den Teil vor dem „@“. Man sagt auch, dass Grep den Text „fängt“, die Zeichengruppe bildet eine sogenannte Capture Group. Den gemerkten Textschnipsel wiederum können Sie im regulären Ausdruck referenzieren – `\1` steht für den Inhalt der ersten Capture Group, also der ersten Klammer:

```
([a-zA-Z0-9.-]+)@\1\.[a-zA-Z]{2,6}
```

Er passt nur, wenn sich an der Stelle `\1` der gemerkte Text wiederholt. Man spricht daher auch von einer Backreference. Grep kann sich bis zu neun Fundstellen merken, die Sie entsprechend mit `\1` bis `\9` im regulären Ausdruck referenzieren können.

Universaltalent

Reguläre Ausdrücke sind auch abseits der Linux-Shell äußerst nützlich, mit grepWin und `Select-String` in der PowerShell können Sie auch unter Windows mit regulären Ausdrücken suchen, zusätzlich können auch Windows-Nutzer grep im Windows-Subsystem für Linux (WSL) nutzen. Außerdem können Sie reguläre Ausdrücke in praktisch allen Programmiersprachen zur Mustererkennung benutzen – manche wie Perl oder PHP unterstützen sie von Haus aus, bei anderen gibt es entsprechende Bibliotheken, etwa `re` für Python.

Wenn die regulären Ausdrücke komplexer werden, fehlt einem oft der Durchblick, vor allem bei der Fehlersuche. Hier helfen die Internetseiten regexe.de oder debuggex.com weiter. Letztere ist auch ein gutes Werkzeug, um reguläre Ausdrücke, die man irgendwo online gefunden hat, zu untersuchen und zu verstehen. Auf regexcrossword.com gibt es außerdem „reguläre Kreuzworträtsel“, mit denen Sie den Umgang mit regulären Ausdrücken üben können. (mid) c't

Netzwerke verwalten mit ip



Bei neueren Linux-Distributionen fehlen häufig bekannte Befehle wie netstat oder ifconfig. Diese sind schon seit Jahren obsolet dank des vielseitigen Kommandozeilenprogramms ip.

Von **Holger Zuleger**

ip versus ifconfig

Ich habe mich an das Kommando `ifconfig` zur Anzeige der IP-Adressen auf einem Netzwerkinterface gewöhnt. Warum soll ich stattdessen das Kommando `ip` verwenden? Ich bin mit `ifconfig` immer gut zurecht gekommen.

Das moderne `ip` Kommando liefert viele Informationen, die über das Kommando `ifconfig` schlichtweg nicht angezeigt werden. Wer sich beispielsweise intensiv mit IPv6 beschäftigt, wird um `ip` nicht herum kommen. Darüber hinaus bündelt `ip` eine Vielzahl von einzelnen Subkommandos zur Netzwerkkonfiguration hinter einer einheitlichen und strukturierten Benutzerschnittstelle. Damit stellt es einen Ersatz für eine ganze Reihe von Kommandos wie `arp` oder `route` dar.

Vielnutzer profitieren zudem von der Möglichkeit, Optionen und Parametereinstellungen fast beliebig abzukürzen. Statt `ip route show` reicht ein `ip rou sh` oder `ip r s`, um die konfigurierten Routen anzuzeigen. Auch Optionen akzeptiert es beispielsweise als `-h`, `-help`, oder auch `--help`. Außerdem kann man die Ausgabe in verschiedenen Formaten anzeigen, beispielsweise strukturiert als JSON. So lässt sich die Ausgabe von `ip` teilweise in eigenen Skripten weiterverarbeiten.

Doch vor allem ist die Zukunft des Pakets Net-Tools – zu dem auch `ifconfig`, `arp` und `route` gehören – fraglich, da dessen Entwicklung praktisch eingestellt wurde. Bereits jetzt ist in gängigen Linux-Distributionen wie Debian, Red Hat und Ubuntu das Kommando `ifconfig` nicht mehr vorinstalliert. Hier muss man entweder die `net-tools` nachinstallieren oder sich mit dem `ip` Kommando anfreunden.

IP-Adressen anzeigen

Wie zeigt mir `ip` die IP-Adresse eines Netzwerkgerätes an?

Um von jeder aktiven Netzwerkschnittstelle alle IP-Adressen anzuzeigen, geben Sie folgenden Befehl ein:

```
ip address show
```

Sie können den Befehl auch abkürzen und zum Beispiel nur `ip a s` eingeben. Die IPv4-Adresse zu der Schnittstelle finden Sie in der Zeile, die mit `inet` anfängt, beispielsweise `inet 192.168.101.4/24`. IPv6-Adressen leitet das Schlüsselwort `inet6` ein. Welche Zeile der Ausgabe von `ip address` was bedeutet, erläutert die Grafik auf Seite 123.

Bei IPv6 ist die Ausgabe weitaus umfangreicher, da auf einer Netzwerkschnittstelle üblicherweise mehrere IPv6-Adressen verwendet werden, die mit `inet6` gekennzeichnet sind. Deren Unterschiede sind mit `ifconfig` nicht sichtbar.

Ausgabe filtern

Die Ausgabe der IP-Adressen mit `ip address show` ist sehr umfangreich und verwirrend. Wie kann ich die Ausgabe auf die aktuell genutzten Adressen reduzieren und übersichtlicher gestalten?

Die Ausgabe wird übersichtlicher, wenn man sie auf eine Netzwerkschnittstelle und ein Netzwerkprotokoll eingrenzt. Damit `ip` nur die IPv4-Adressen anzeigt, geben Sie folgenden Befehl ein:

```
ip -4 address show
```

Um nach IPv6-Adressen zu filtern, verwenden Sie stattdessen `-6`. Beide Optionen sind Abkürzungen für die längere Option `-family inet` beziehungsweise `-family inet6`. Die Reduzierung auf eine Adressfamilie unterdrückt darüber hinaus die Ausgabe der MAC-Adresse. Sind Sie lediglich an der MAC-Adresse interessiert, erhalten Sie die entsprechende Daten mit `-family link`. Das können Sie mit `-0` abkürzen:

```
ip -0 address show
```

Der Parameter `dev <interface>` reduziert die Ausgabe auf eine bestimmte Schnittstelle, beispielsweise „eth0“. Die nur lokal gültigen Link-Local-Adressen filtern Sie durch die Angabe von `scope global` heraus.

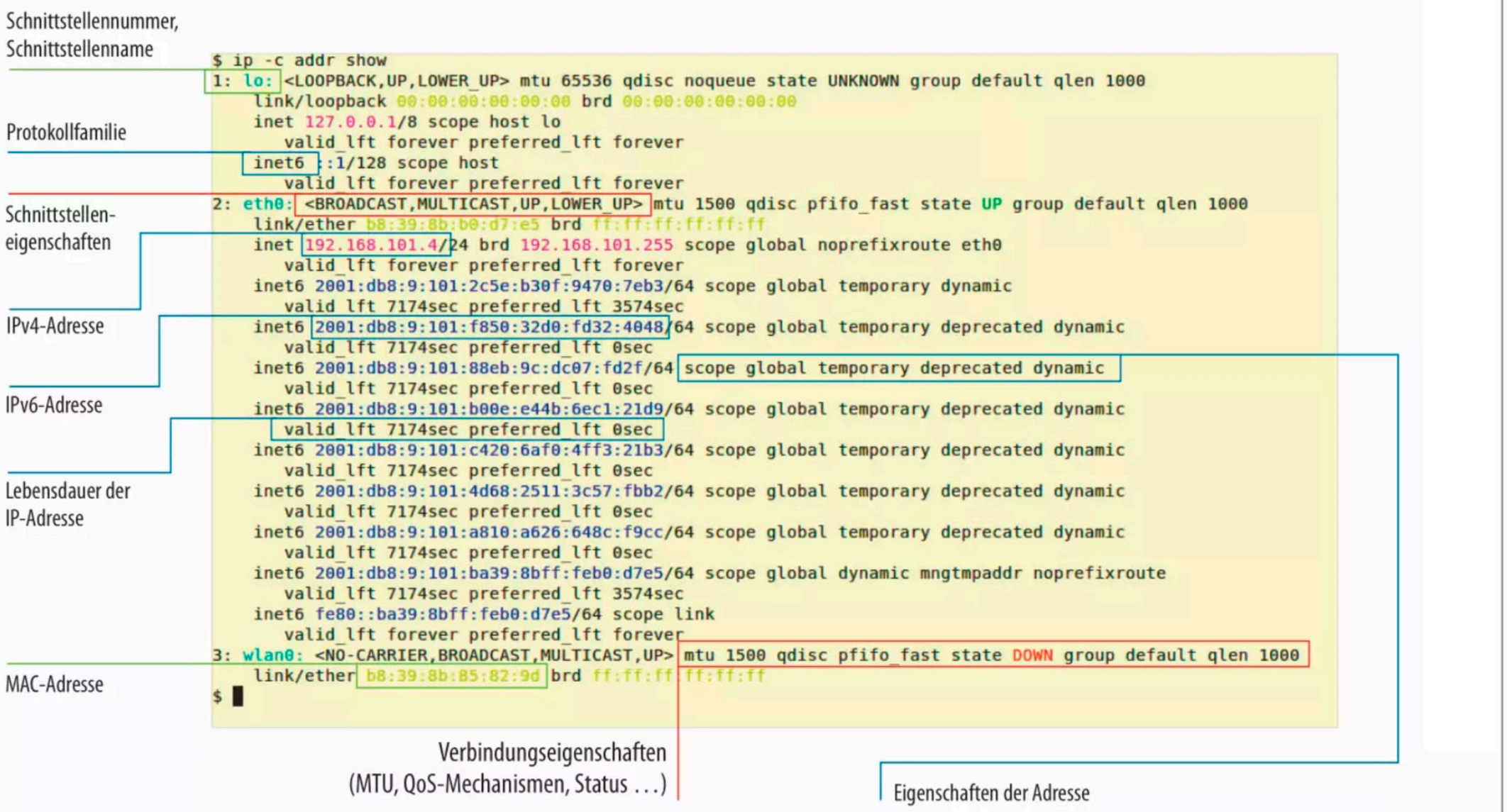
```
ip addr show dev eth0 scope global
```

Ist Ihnen die Ausgabe zu ausführlich und unübersichtlich, dann verwenden Sie den Schalter `-brief` oder kurz `-br` für eine kompakte Darstellung. In der Ausgabe sind nur noch die Bezeichnung der Netzwerkschnittstellen, ihr Verbindungsstatus, die Liste der IP-Adressen und die Angabe des Subnetzes enthalten. Kombinieren Sie die Kurzausgabe `-br` mit `-family link` (kurz `-0`), um schnell die MAC-Adressen ihrer Netzwerkgeräte zu ermitteln:

```
ip -br -0 address show
```

Was ip anzeigt

Die Angaben von ip folgen oft einem ähnlichen Schema, hier als Beispiel die Ausgabe von ip address:



Farbige Ausgabe

Kann ich die unterschiedlichen Einträge farblich hervorheben?

Diese Funktion ist in `ip` bereits eingebaut. Verwenden Sie dafür den Schalter `-color` oder kurz `-c`, den Sie vor dem eigentlichen Subkommando schreiben.

```
ip -color address show
```

Damit `ip` grundsätzlich die Ausgabe einfärbt, setzen Sie einen Shell-Alias. Bei der Bash tragen Sie `alias ip='ip -color=auto'` in die `.bashrc` ein.

Besonderheiten von IPv6

Mir werden für manche Netzwerkschnittstellen mehrere IPv6-Adressen angezeigt. Wie kann ich diese mit `ip` unterscheiden?

Bei den meisten IPv6-Adressen handelt es sich um sogenannte temporäre oder „Privacy"-Adressen. Sie werden zusätzlich zu der stabilen Adresse täglich neu erzeugt und bleiben in der Regel für sieben Tage bestehen. Sie erkennen mit `ip` diese Adressen an der Angabe `temporary`. Bei einem permanent eingeschalteten Linux-Rechner sammeln sich daher bis zu 8 IPv6-Adressen pro Interface an. Um den Status und den Typ einer IPv6-Adresse anzuzeigen, verwenden sie das Kommando `ip -6 address show`. Hierbei wird sowohl der Adresstyp (zum Beispiel „temporary") als auch der Status (beispielsweise „deprecated") in der Ausgabe hinter der IPv6-Adresse angezeigt.

Lebensdauer von IP-Adressen

Wie kann ich die Lebensdauer einer IPv6-Adresse anzeigen?

Das Kommando `ip address show` zeigt auch die Lebensdauer einer IP-Adresse an. Sie finden die Angaben als Sekundenwert unter jeder IP hinter `valid_lft` („Valid Lifetime") und `preferred_lft` („Preferred Lifetime").

IPv6 erlaubt den dynamischen Wechsel der IPv6-Adresse eines Systems. Dabei werden jeder IPv6-Adresse die beiden Zeitwerte „Valid Lifetime" und „Preferred Lifetime" hinzugefügt. Beide Werte werden von `ifconfig` unter Linux nicht angezeigt, sind aber wesentlich in der Bewertung des Status einer IPv6-Adresse. Bei IPv4-Adressen gibt es keine Lebensdauer. Der Wert sagt hier, wie lange die Zuweisung der Adresse vom DHCP-Server an den Host gültig ist.

Ausgabe für Skripte

Ich möchte die Ausgabe von `ip` weiterverarbeiten. Verfügt `ip` außer der Kurzfassung mit `-brief` noch über weitere Ausgabeformate?

Sie unterdrücken die mehrzeilige Ausgabe durch `-oneline` oder `-o`. Im Unterschied zu `-brief` gibt der einzeilige Modus auch die MAC-Adresse und Lebensdauer aus. Die Ausgabe von `-o` können Sie dann ganz einfach durch `grep`, `sed` oder `awk` nachbearbeiten. Das erleichtert auch die Nutzung in Batchdateien. Die folgende Kommandozeile führt zu einer übersichtlichen Ausgabe aller wesentlichen Informationen der global gültigen IPv6-Adressen einer Netzwerkschnittstelle:

```
ip -6 -o a s dev eth0 scope global | ↵
↳awk '{ print $4, $(NF-2), $NF }'
```

Alternativ gibt `ip` strukturiertes JSON mit `-json` oder `-j` aus oder als „hübsche", besser lesbare Variante mit `-pretty` beziehungsweise `-p`:

```
ip -j -p address show
```

Sie können andere Schalter wie `-o` oder `-br` mit der JSON-Ausgabe kombinieren.

Hilfestellungen

Die Manualseite zu `ip` erklärt nicht alle Optionen. Wo finde ich Infos dazu?

Das Kommando `ip` ist so umfangreich, dass für jede Sparte eine eigene Manualseite eingerichtet wurde. Für Optionen des Subkommandos `ip address` geben Sie zum Beispiel `man ip-address` ein. Für die Unterbefehle wie `route` oder `link` gibt es entsprechende Manualseiten unter `ip-route`, `ip-link` und so weiter.

Eine Liste alle Manpages für ip erhalten Sie, wenn Sie `man ip-` eingeben und dann die Tabulator-Taste zweimal drücken. Alternativ lassen Sie sich mit `apropos "^ip-"` (Bindestrich nicht vergessen) eine Liste der Hilfeseiten anzeigen. Wollen Sie nur wis-

Mit der Option -statistics zeigt ip Informationen zu übertragenen Daten, Paketverlusten und mehr.

```
cttest@labor:~$ ip -c --human --stats link show dev eth0
5: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel
state UP mode DEFAULT group default qlen 1000
    link/ether 48:65:ee:16:e5:ef brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    RX: bytes  packets  errors  dropped overrun mcast
    363M       252k     0       1.12k   0       0
    TX: bytes  packets  errors  dropped carrier collsns
    30.1M      117k     0       0       0       0
cttest@labor:~$
```

sen, wie ein Parameter bei einem Subkommando lautet, dann rufen Sie dieses mit einem angehängtem `help` auf. Sie bekommen dann eine detaillierte Syntaxangabe angezeigt.

Netzwerküberwachung

? Bei der Fehlersuche im Netzwerk gebe ich immer wieder dieselben Kommandos ein, um Veränderungen zu beobachten. Geht das nicht einfacher?

! Das ip-Kommando verfügt über einen Monitor-Modus, mit dem Nachrichten des Netlink Bus des Kernels angezeigt werden. Geben Sie dazu den folgenden Befehl ein:

```
ip -ts monitor label
```




Die Option `-ts` stellt jeder Ausgabezeile einen kompakten Zeitstempel voran. Mit der Option `label` gibt `ip` den Typ der Nachricht mit aus, zum Beispiel „[ADDR]“ für Meldungen zu Änderungen der IP-Adresse.

Um nach Nachrichten aus einer bestimmten Kategorie zu filtern, geben Sie dazu den gewünschten Typ an. Für den Neighbor-Cache ist das:

```
ip -6 -ts monitor neigh
```

Verwenden Sie anstelle von `neigh` die Bezeichnungen `address` oder `route`, um nach Adress- (SLAAC) oder Routing-Nachrichten zu filtern.

Offene Netzwerkverbindungen anzeigen

Offene Netzwerkverbindungen samt Ports habe ich mir bisher mit `netstat` angesehen. Was verwende ich stattdessen, wenn die net-tools nicht installiert sind?

Verwenden Sie anstelle von `netstat` das Tool `ss`, was wie ip zum Paket iproute2 gehört. Dabei überschneiden sich einige wichtige Optionen mit `netstat`, wie `-n` für die numerische Anzeige der Ports sowie Kürzel für TCP (`-t`) oder IPv6 (`-6`). Daher klappt auch der Aufruf von `ss -tulpen`, aber dessen Ausgabe ist etwas unübersichtlich. Kompakter ist `ss -tulpn` ohne `-e` für detaillierte Informationen. Für Angaben zu Prozessen benötigen Sie Systemverwalter-Rechte. Ausgeschrieben lautet der Befehl:

```
sudo ss --tcp --udp --listening ↵
↳--processes --numeric
```

Eine Alternative zu `ss` ist der Befehl `lsof -i -n`, der alle aktiven Netzwerkverbindungen auflistet.

ARP und Neighbor Cache

Ich habe bisher `arp` verwendet, um mir den Cache des „Address Resolution Protocol“ (ARP) anzeigen zu lassen. Wie lautet der Befehl mit `ip`?

Das geht ganz knapp mit `ip n s`. Das `n` steht für „neighbor“. Die ausgeschriebene Fassung lautet:

```
ip neighbor show
```

Das Äquivalent zum ARP-Cache von IPv4 ist in IPv6 der sogenannte „Neighbor Cache“ und wird ebenfalls über das Subkommando `neighbor` angezeigt.

```
ip -6 neighbor show
```

Das „Address Resolution Protocol“ (ARP) beziehungsweise das „Neighbor Discovery Protocol“ (NDP) ermittelt die Layer-2-Adresse (MAC) eines lokalen, also im gleichen Subnetz erreichbaren Nachbarn. Das Mapping von IP- und MAC-Adresse wird im Kernel jeweils in einem Cache für IPv4 und IPv6 gespeichert. Das Kommando `ip neighbor` kann beide Caches anzeigen und auch manipulieren.

Routing

Wie sehe ich mit `ip`, wohin meine Routen zeigen, insbesondere die Default-Route?

Für IPv4 verwenden Sie `ip route show`, um die gesamte Routingtabelle des Endsystems anzuzeigen. Zur Anzeige der IPv6-Routen verwenden Sie zusätzlich die Option `-6`:

```
ip -6 route show
```

Sind Sie nur an der Default-Route interessiert, filtern Sie die Ausgabe danach mit `match`:

```
ip route show match default
```

Statistik

Das `ifconfig` Kommando hat immer die Anzahl der empfangenen und gesendeten Daten angezeigt. Wie mache ich das bei `ip`?

Die Ausgabe der statistischen Daten ist über die Option `-statistics` oder abgekürzt `-s` erreichbar. Geben sie zusätzlich die Option `-h` beziehungsweise `-human-readable` an, bekommen Sie die Byte-Angaben umgerechnet in verständlicheren Einheiten wie Megabyte angezeigt:

```
ip -stats -human link show
```

Mit Filtern wie `dev eth0` können Sie die statistischen Daten auf ein bestimmtes Gerät einschränken.

(ktn) c't



Bis zu 10 % Frühbucher-Rabatt!

heise Academy

NEU in der heise Academy:
Erleben Sie mit uns professionelle Fach-Konferenzen, vertiefende Workshops und informative Webinare in gewohnter Heise-Qualität: unabhängig, praxisnah, kompetent.

AKTUELLE TERMINE 2021

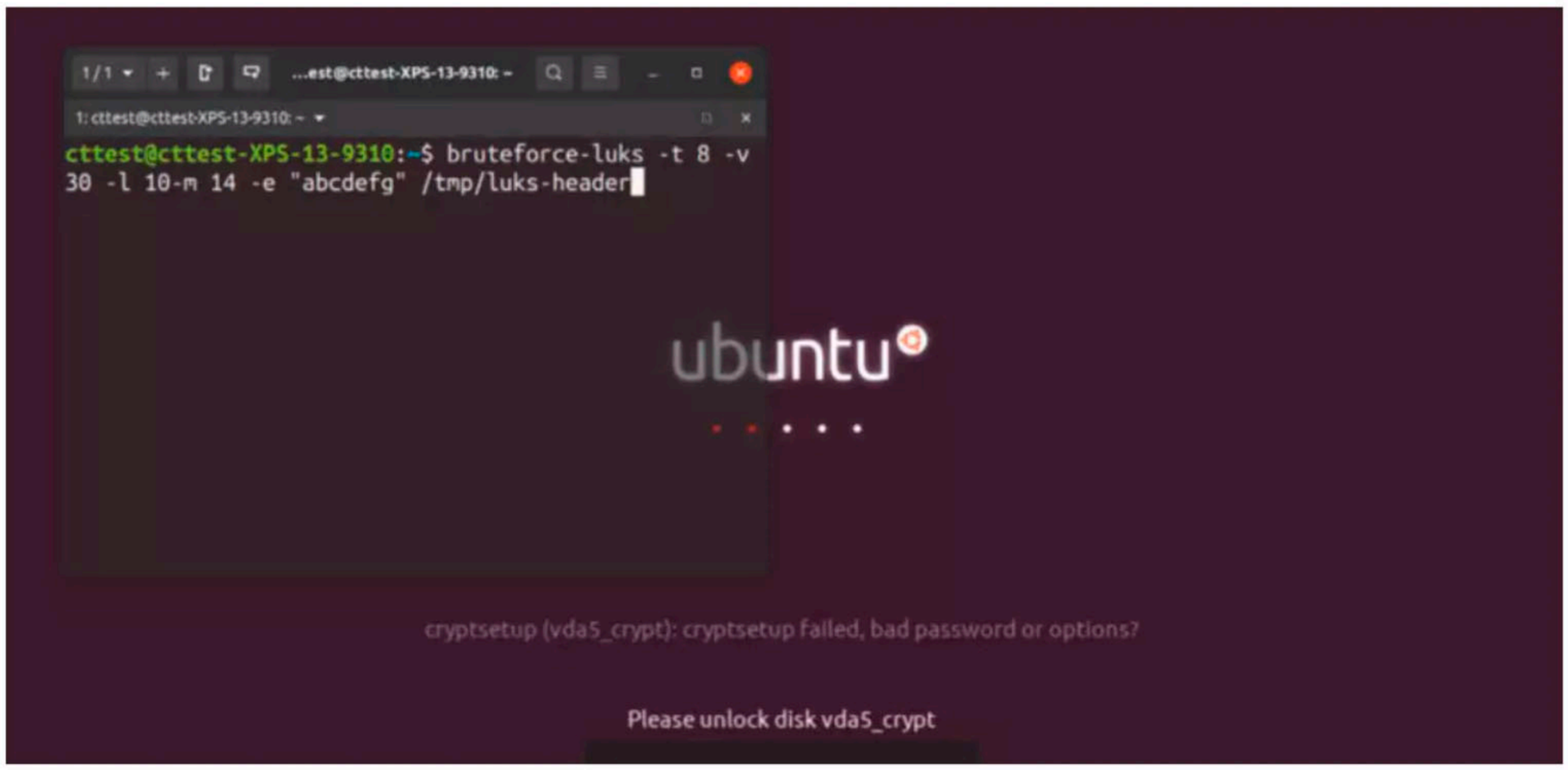
Online Workshops

12.-13. April	Sicherheit von Windows 10 in Unternehmen
26.-28. April	IT-Grundschutz Praktiker
18.-21. Mai	IT-Sicherheit – Linux Server härten
05.-06. Mai	OWASP TOP 10
20.-21. Mai	Cybersicherheit: Aktuelle Angriffstechniken und ihre Abwehr

Bleiben Sie auf dem neuesten Stand und werfen Sie einen Blick auf unsere aktuellen IT-Security-Events.

JETZT ANMELDEN:

heise.de/academy-security



Hacker-Angriff gegen mich selbst

Gerade zurück von einem längeren Auslandsaufenthalt musste ich feststellen: Ich habe mein Festplatten-Passwort vergessen! Was mache ich jetzt? Ich fahre eine Brute-Force-Attacke gegen mich selbst.

Von **Karola Marky**

Die letzten sechs Monate forschte ich als Gast-Wissenschaftlerin in Japan. Meinen schweren Desktop-Rechner habe ich für diese Reise nicht mitgenommen. Stattdessen begleitete mich ein leichtes Notebook – mit allen damit verbundenen Einschränkungen. Wieder zu Hause angekommen, konnte ich es kaum erwarten, mich an den starken Linux-PC mit mehreren Monitoren zu setzen. Ich drückte den Startknopf, der Rechner bootete und Ubuntu begrüßte mich Weiß auf Lila mit „Please unlock disk sda3_crypt“. Der Rechner wartete auf mein Passwort, denn bei der Installation hatte ich mit der Linux-Festplattenverschlüsselung LUKS eine verschlüsselte Partition erstellt. Den Rechner hatte ich vor sechs Monaten zuletzt benutzt und jeden Account und jedes meiner Geräte hatte ich mit einem individuellen Passwort abgesichert. Nun fiel mir das für die LUKS-Partition einfach nicht mehr ein!

Verzweifelt probierte ich händisch eine Reihe verschiedener Passwörter, aber keines gewährte mir Einlass ins Linux. Den Rechner deswegen neu aufzusetzen war keine Lösung, denn ich wusste von ein paar Dateien auf dem PC, die in meinem Backup fehlten. Trotzig dachte ich mir: „Ich bin doch Expertin für IT-Sicherheit, ich hacke jetzt meinen eigenen Rechner.“ Bei dem Gedanken musste ich schmunzeln. Denn Verschlüsselung gibt es ja nicht grundlos.

Sie soll mich genau vor jenen Leuten schützen, die ohne Passwort an meine Daten möchten. Trotzdem wollte ich es versuchen.

Zuerst baute ich die SSD aus und schloss sie über einen geliehenen SATA-USB-Adapter an einen anderen Linux-Rechner an. Prompt forderte mich das zweite Linux auf, mein vergessenes Passwort einzugeben – kein Fortschritt!

Mit der gesamten LUKS-Partition zu arbeiten dauerte entschieden zu lang. Daher exportierte ich den LUKS Header – wenige Daten, die genügen, um Passwörter auszuprobieren:

```
sudo cryptsetup luksHeaderBackup ↵
        ↳/dev/UUID ↵
        ↳--header-backup-file backup
```

Angriff mit roher Gewalt

Bei der Suche nach Open-Source-Programmen zum Knacken meines eigenen Passworts stieß ich zuerst auf `bruteforce-luks`, ein Konsolentool, welches für meine Attacke passend erschien. Zahlreiche Parameter erlauben den Passwortraum, also die Menge auszuprobierender Passwörter für die Brute-Force-Attacke einzuschränken, sofern man sich an Teile des Passworts oder dessen Länge erinnern kann. Ich startete mit 8 bis 14 Zeichen Länge (`-l 8 -m 14`):

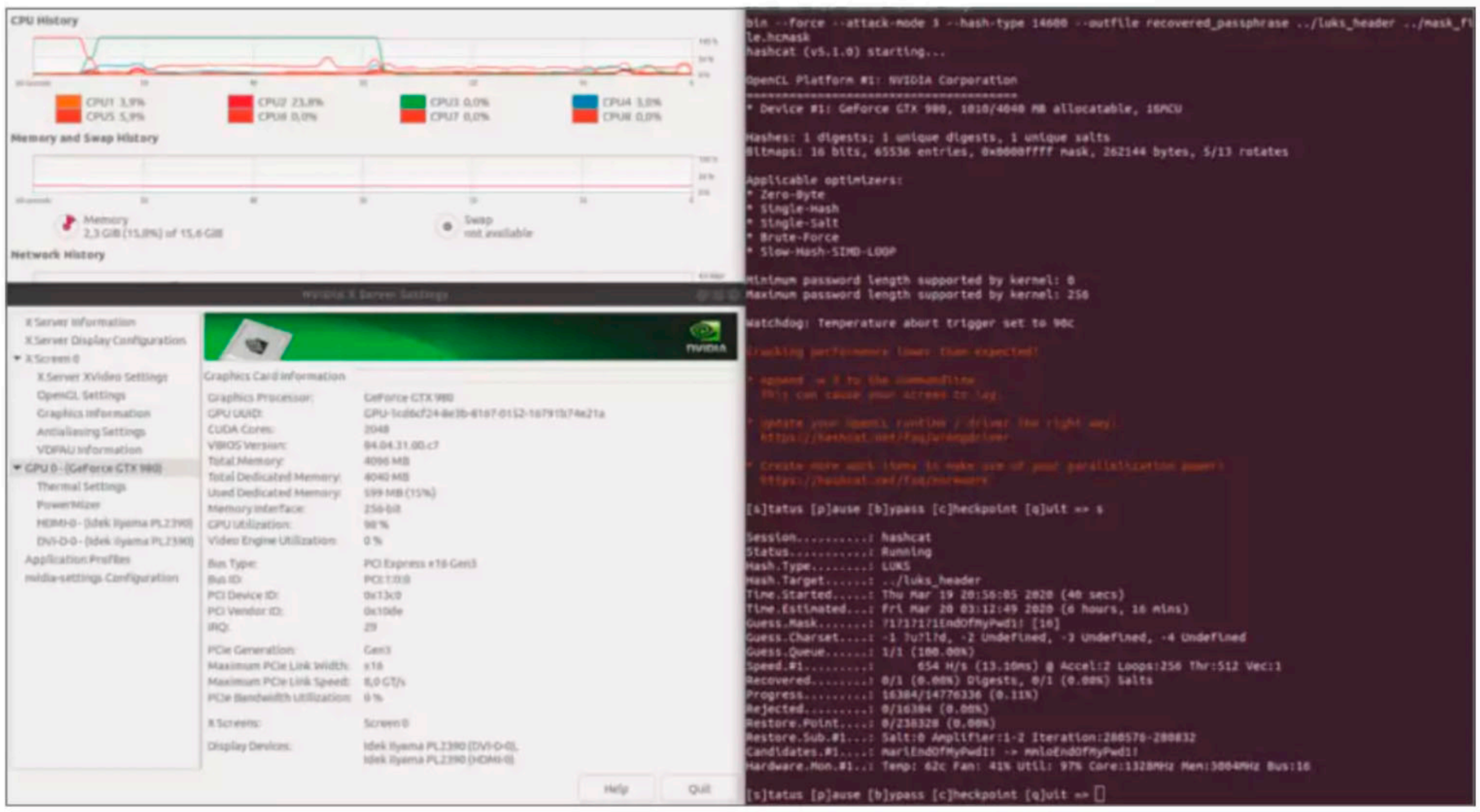
```
bruteforce-luks -t 8 -v 30 -l 8 -m 14 ↵
                    ↳ /tmp/luks-header
```

Dies startete einen Prozess mit acht Threads (`-t 8`), der mir alle 30 Sekunden (`-v 30`) ein Status-Update anzeigte. Das erste Statusupdate verkündete mir direkt schlechte Nachrichten: „ETA more than 200 years :(“

Genau für so etwas ist Verschlüsselung ja gemacht: Das Raten des richtigen Passworts soll so richtig viel Zeit in Anspruch nehmen.

Ich überlegte, wie ich das irgendwie beschleunigen könnte. Vielleicht fallen mir ja Teile des Passworts ein oder ich kann welche ausschließen? Oder finde ich eine Möglichkeit, den Prozess mit einer GPU zu parallelisieren? Ich setzte mich vor den Rechner und starrte den Bildschirm an, während ich nach Assoziationen zu meinem Passwort suchte. Und tatsächlich fielen mir nach längerem Überlegen die letzten sieben Zeichen meines Passworts ein! Mit dieser Information sollte ich die Attacke enorm verkürzen können.

Also stoppte ich den Brute-Force-Prozess und startete einen neuen mit:



Hashcat nutzt für die Brute-Force-Attacke die vielen gleichzeitig laufenden Rechenwerke der Grafikkarte.

```
bruteforce-luks -t 8 -v 30 -l 10 ↵
  ↳-m 14 -e "abcdefg" /tmp/luks-header
```

Das erste Status-Update erschütterte meine neu gewonnene Zuversicht, denn an den über 200 Jahren Rechenzeit änderte sich gar nichts. Das Passwort war schlicht zu lang.

Also machte ich mir weitere Gedanken, um die Länge und mögliche Zeichen, die ich (nicht) verwendet haben könnte (Parameter `-s`). So verkleinerte ich das mögliche Passwortalphabet und kam zum ersten Mal auf ein konkretes Datum: 24. Dezember 2057 – na toll, Weihnachten in nur 37 Jahren.

Erneut setzte ich mich an die Tastatur und dachte nach. Diesmal versuchte ich mich „sensorisch“ zu erinnern das Passwort einzugeben. So als würde ich hören, wie ich die Tasten anschlug. Ich kam mir esoterisch vor, war aber trotzdem sicher, dass mein Passwort exakt elf Zeichen haben muss. Der Konsolenbefehl sah nun wie folgt aus:

```
bruteforce-luks -t 8 -v 30 -l 11 ↵
  ↳-m 11 -e "abcdefg" /tmp/luks-header
```

Mit dieser Einschränkung hätte ich nur noch maximal vier Jahre rechnen müssen. Auch wenn das wie ein großer Fortschritt wirkt, waren vier Jahre Rechenzeit für mich inakzeptabel. Eine schnellere Alternative musste her!

Durch weitere Recherchen stieß ich dann auf `hashcat` – ein Tool, das auch die GPU für mehr parallele Berechnungen einspannt. `hashcat` brauchte einen anderen Header als `bruteforce-luks`, den der folgende Befehl extrahiert:

```
sudo dd if=/dev/UUID of=luks_header ↵
  ↳bs=1M count=5
```

Mit dem neuen Header konnte ich nun die zweite Brute-Force-Attacke in Gang setzen. Damit die möglichst wenig ausprobieren muss, legte ich ein sogenanntes „Maskfile“ an. Diese Datei legt die Struktur des Passworts sowie das Passwortalphabet fest. Der Inhalt meines Maskfiles sah folgendermaßen aus:

```
?u?l?d,?1?1?1?1abcdefg
```

`?u` steht für einen Großbuchstaben, `?l` für einen Kleinbuchstaben, `?d` für eine Ziffer. Zusammen definiert das die Menge der alphanumerischen Zeichen. Das Komma (`,`) zeigt Hashcat, dass davor nur die erste selbst definierte Zeichenmenge steht (Custom-Charset 1) und noch nicht die Maske. Die folgt nämlich direkt danach: Die vier `?1` legen fest, dass die ersten vier Zeichen des Passworts alphanumerisch sein müssen. Den Rest setzt das Maskfile fest auf „abcdefg“ – daran konnte ich mich ja erinnern. Die Attacke begann mit folgendem Befehl:

```
./hashcat64.bin --force ↵
  ↳--attack-mode 3 --hash-type 14600 ↵
  ↳--outfile recovered_passphrase ↵
  ↳../luks_header ../mask_file.hcmask
```

Die Eingabe eines `s` zeigt den aktuellen Status an: Hashcat verwendete die GPU und deren Temperatur betrug bereits 77 °C. Es fing ordentlich an zu brummen. Die verbleibende Rechenzeit schätzte Hashcat auf sechs Stunden – also noch am gleichen Tag! Ich war positiv überrascht, immerhin bekam ich kurz zuvor noch über 200 Jahre angezeigt.

Glücklich gefunden

Nach viereinhalb Stunden war das Programm fertig und ich öffnete die Ausgabe-Datei `recovered_passphrase`. Darin stand ein Passwort! Aufgekratzt schloss ich die SSD per USB an und gab das Passwort ein – es tat sich nichts. Das Zweit-Linux behauptete aber auch nicht, dass das Passwort falsch sei.

Voller Nervosität und Vorfreude verlor ich die Geduld und baute die SSD wieder in den PC ein. Er bootete und ich wartete gespannt auf den lila Bildschirm. Ich gab das Passwort ein. Für einen Wimpernschlag passierte nichts. Dann erschien der Anmeldebildschirm – das Passwort war richtig!

Umkehrschlüsse erwünscht

Letztlich bin ich da noch mal glimpflich davongekommen! Hätte ich mich nicht an den größten Teil des Passworts und die Gesamtlänge erinnert, hätte mir weder Hashcat noch die parallele Rechenpower der Grafikkarte geholfen. Aus meiner Erfahrung lässt sich aber ein nützlicher Umkehrschluss ableiten: Können Angreifer große Teile eines Passworts erraten, haben Sie bessere Chancen den fehlenden Teil zu berechnen. Ein Passwortsystem, bei dem sich nur wenige Zeichen von Dienst zu Dienst ändern, wird angreifbar, wenn eines der Passwörter gehackt wird. Kann der Angreifer dagegen nichts erraten, ist das Passwort sicher, sofern es lang genug ist – auch gegen Angriffe von einem selbst. (pmk) c't

enterPy

Die Konferenz für Python in Business, Web & DevOps

Professioneller Programmieren in Python

Deep Dives rund um Python im Unternehmenseinsatz

15. April 2021

Themenschwerpunkte

- APIs ausreizen
- Umstieg auf Python 3 meistern
- Performance optimieren
- Codequalität sicherstellen

www.enterpy.de

Der **Frühbucherrabatt** gilt noch bis 1. April!

Für den zweiten Thementag zu »Data Workflows mit Python« am 6. Mai 2021 sind **Kombitickets** verfügbar!

Veranstalter

iX Magazin für professionelle Informationstechnik

heise Developer

dpunkt.verlag



Bild: Andreas Martini

Systemd-Boot startet Linux

Wer tief in Linux-Systeme einsteigen will, kann auch an tragenden Systemkomponenten Hand anlegen. Dazu zählt auch der Bootmanager GRUB, der zwar weit verbreitet, aber auch kompliziert zu konfigurieren ist. Statt sich damit rumzuschlagen, kann man ihn auch einfach durch eine modernere Alternative ersetzen.

Von **Keywan Tonekaboni**

Linux booten ohne Grub	132
FAQ Linux-Systeme parallel betreiben	138
Root-Rechte erteilen mit Sudo und Polkit	142
Hickhack um Treiber für Linux	152
Robuster aufgebaute Distributionen	156
Flatpak-Pakete selbst bauen	162

Eigentlich ist der Grand Unified Bootloader, kurz GRUB, ein beeindruckendes Stück Software: Er bootet Linux von allerhand Dateisystemen, sogar aus verschlüsselten LUKS-Containern, und startet auf Wunsch auch ein parallel installiertes Windows. Doch wehe, man hat zwei Linux-Systeme installiert: Dann kämpfen unter Umständen die jeweiligen GRUB2-Instanzen um die Vorherrschaft auf dem Rechner. Und wer an den Einstellungen von GRUB2 schrauben will, ist schnell von der Komplexität der Konfigurationssyntax erschlagen. Um diese zu verstehen, bräuchte man einen Doktortitel, behaupten böse Zungen. Zwar versuchen Linux-Distributionen wie Debian, Ubuntu oder Fedora, den Nutzern mit Hilfsskripten und eigenen vereinfachten Konfigurationsdateien wie `/etc/default/grub` das Leben zu erleichtern, aber um etwa per Vorgabe eine bestimmte Installation oder einen expliziten Kernel zu starten, reichen die nicht. Als Alternative bietet sich der schlanke Boot-Manager von Systemd an (Systemd-Boot), der früher eigenständig unter dem Namen „Gummiboot“ entwickelt wurde.

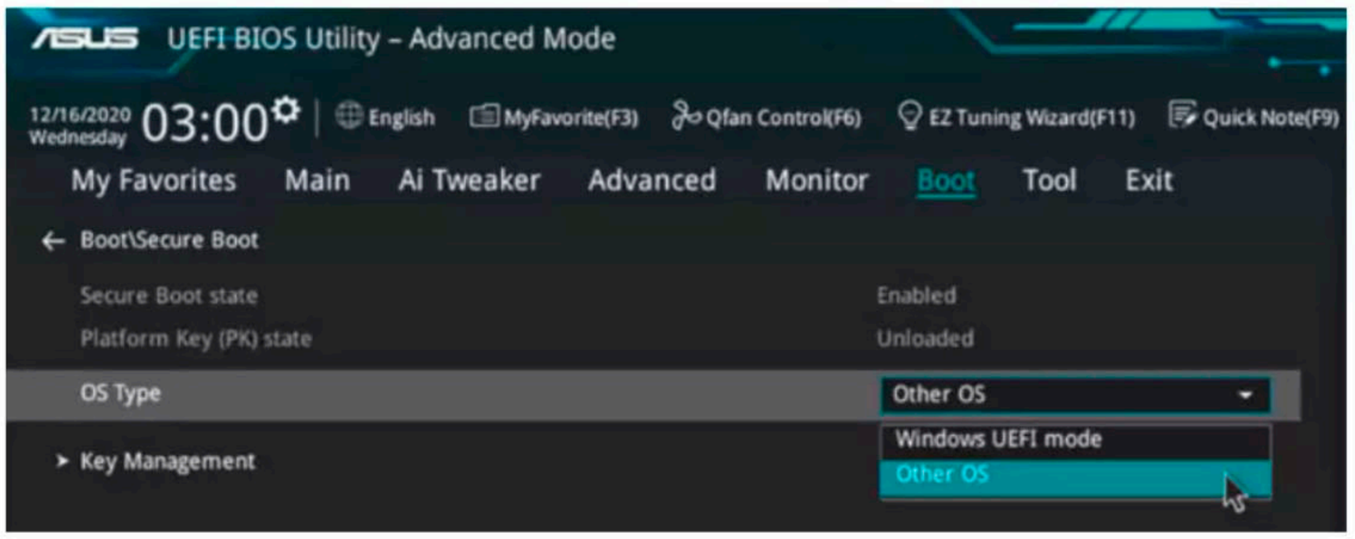
GRUB2 stammt aus einer Zeit, in der das BIOS nur ein System starten konnte. Dessen Bootcode war im „Master Boot Record“ (MBR) des Datenträgers hinterlegt. Ein Bootmanager wie GRUB2 erlaubt da mehr Flexibilität. Aber in Zeiten von UEFI-BIOS ist das obsolet, da diese Firmwares ohne Probleme verschiedene Systeme starten können. Lediglich die ausführbaren EFI-Dateien der Bootloader oder Betriebssysteme müssen für das UEFI-BIOS zugänglich sein. Typischerweise liegen die in der EFI-Systempartition (ESP), die Linux-Systeme meist unter `/boot/efi` einhängen. Bei GRUB auf 64-Bit-x86-Systemen ist es die `grubx64.efi`, die beispielsweise Ubuntu in `/boot/efi/EFI/ubuntu/` speichert. Faktisch wird aber meist die für Secure Boot signierte Shim (`shimx64.efi`) geladen, die dann GRUB startet. Anstelle von GRUB oder zusätzlich dazu kann auch der Linux-Kernel selbst in der EFI-Partition liegen und via „Efistub“ direkt vom UEFI-BIOS gestartet werden; dazu später mehr. Übrigens: Der Windows-Bootmanager weilt in `/boot/efi/EFI/Microsoft/Boot/bootmgfw.efi` und kommt einem Linux-Bootloader nicht mehr in die Quere.

Systemd-Boot bietet sich an, wenn man ein einfaches Bootmenü bevorzugt. Wer nur ein einziges Linux-System installiert hat, kann ganz auf den Bootmanager verzichten und das UEFI-BIOS anweisen, den Kernel direkt zu starten. Einen Haken haben beide Methoden: Im Unterschied zu der Kombination aus Shim und GRUB unterstützen sie prinzipbedingt Secure Boot nicht aus dem Stand. Dazu müsste man selbst den Kernel signieren und den Schlüssel im UEFI-BIOS hinterlegen, beispielsweise mit dem Tool „sicherboot“. Wie das geht, sprengt aber den Rahmen dieses Textes.

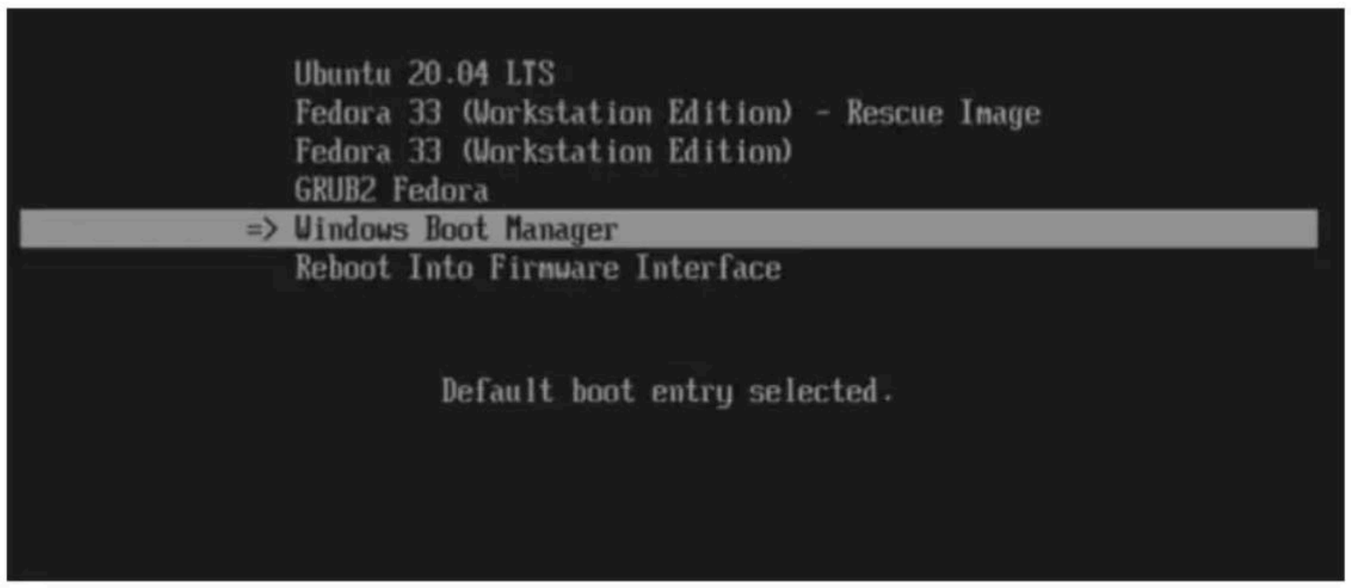
Booten mit Systemd

Zunächst sollten Sie überprüfen, ob Ihr Betriebssystem im UEFI-Bootverfahren gestartet ist. Öffnen Sie ein Terminal und geben Sie `efibootmgr` ein. Gibt der Befehl eine Liste von Boot-Einträgen aus (zum Beispiel `Boot0001`, `Boot0002`, ...), ist Ihr System mit UEFI hochgefahren. Das Fehlen des Tools deutet schon das Gegenteil an und daher ist diese Anleitung für ein solches System nicht geeignet. Zwar lässt sich das Boot-Verfahren nachträglich ändern, aber eine Neuinstallation vermeidet viel Ärger.

Ob Secure Boot aktiv ist, verrät der Befehl `mokutil --sb-state`. Falls ja, starten Sie den Computer neu und wechseln Sie ins BIOS-Setup. Das klappt auf vielen Systemen komfortabel mit dem Befehl `systemctl reboot --firmware-setup`. Deaktivieren Sie dort Secure Boot, was je nach BIOS-Setup anders



Im BIOS-Setup muss man Secure Boot abschalten, was sich manchmal hinter der Einstellungen für „OS Type“ versteckt.



Das Bootmenü von Systemd ist sehr schlicht, aber komfortabel zu bedienen.

benannt sein kann. Bei manchen Asus-Mainboards bedeutet „Windows UEFI mode“ ein aktiviertes Secure Boot, während die Option „Other OS“ dieses abschaltet.

Notieren Sie bei der Gelegenheit auch, wie Sie das BIOS-Setup starten (meist über die F2-, F10- oder Entf-Taste) und wie Sie dessen einmaliges Boot-Menü aufrufen (oft F8 oder F12). Das erspart später Frust, wenn doch etwas schiefgeht. Zur Sicherheit bleibt auch GRUB weiter installiert, damit sich das System im Ernstfall weiter starten lässt.

Systemd-Boot ist ein einfacher Bootmanager, der ausführbare EFI-Dateien wie das BIOS-Setup, Linux-Kernel, GRUB oder Windows starten kann. Er ist darauf ausgelegt, dass mehrere Linux-Systeme auf einer ESP ihre Konfigurationen ablegen, ohne einander zu behindern oder auszubremsen. Zur Unterscheidung verwendet es die Machine-ID, die in `/etc/machine-id` hinterlegt ist. Diese eindeutige Identifikationsnummer nutzt Systemd als Verzeichnisnamen im ESP zur Ablage des Kernels und der Konfiguration.

Der Kernel und das Initial RAM Filesystem (Initramfs/Initrd) muss dazu in der EFI-Systempartition liegen, die meist unter `/boot/efi` eingebunden ist. Kontrollieren Sie dies in der Datei `/etc/fstab`. Ist der Pfad zum ESP `/boot/efi`, dann installieren Sie mit folgendem `bootctl`-Aufruf den Systemd-Bootmanager:

```
bootctl --esp-path=/boot/efi install
```

Der Boot-Eintrag von Systemd-Boot im UEFI-BIOS heißt in der Regel „Linux Boot Manager“. Hinterlegen Sie anschließend den aktuellen Kernel mit folgendem Befehl. Dabei ersetzt die Shell den Ausdruck `$(uname -r)` automatisch durch die Bezeichnung des laufenden Kernels, beispielsweise „5.4.0-58-generic“.

```
kernel-install -v add $(uname -r) \
  /boot/vmlinuz-$(uname -r)
```

Das `-v` steht für „verbose“ und sorgt für eine ausführliche Ausgabe. So sieht man, dass das Tool noch arbeitet, da es eine Weile dauern kann, bis alle Dateien erzeugt sind. Außerdem zeigt es an, wo es die Kernel- und Initramfs-Dateien abspeichert. Das sollte in `/boot/efi/MACHINE-ID/KERNEL-VERSION` sein, wobei `MACHINE-ID` dem Wert aus `/etc/machine-id` entspricht und `KERNEL-VERSION` jenem aus `uname -r`. Mit `bootctl` und `efibootmgr -v` kontrollieren Sie die Startoptionen. Belassen Sie vorerst auch den Eintrag für GRUB respektive den Shim-Loader als Backup im UEFI-BIOS. Dort beziehungsweise auf der ESP koexistieren sie ohne Probleme.

Die Konfiguration von Systemd-Boot finden Sie in `/boot/efi/loader/`. Das Unterverzeichnis `entries` enthält die Konfigurationsdateien für die einzelnen Systeme, wobei auch hier die Machine-ID zur Unterscheidung verwendet wird.

Diese Dateien muss man aber nicht selbst anlegen, sondern das übernehmen `bootctl` und `kernel-install`. Die verschiedenen kleinen Konfigurationsdateien liest Systemd aus, um das Bootmenü aufzubauen. Der Clou: Jedes installierte System verwaltet eigenständig seine eigenen Einträge, ohne die der anderen Installationen zu beeinträchtigen. Einträge für das BIOS-Setup und Windows werden automatisch erkannt und benötigen keine expliziten Konfigurationsdateien.

Die allgemeinen beziehungsweise globalen Optionen sind in der Datei `loader.conf` festgelegt. Diese enthalten Einstellungen wie ein Timeout des

Auswahlmenüs oder welcher Eintrag automatisch gestartet werden soll, sind aber alle optional. Details verrät `man loader.conf`. Das per Voreinstellung gestartete Betriebssystem lässt sich aber viel einfacher festlegen. Statt sich mit der Konfigurationsdatei herumzuplagen, wählt man im Bootmenü den gewünschten Eintrag aus und drückt dann die Taste „D“. Neben dem Eintrag erscheint ein Pfeil und die Einstellung wird in den UEFI-Variablen gespeichert. Einen in der Konfigurationsdatei festgelegten `default`-Eintrag ignoriert Systemd-Boot dann. Nochmaliges Drücken von „D“ hebt die Vorauswahl wieder auf.

Troubleshooting

Probleme gibt es, wenn die EFI-Systempartition nicht ausreichend groß ist. Da Kernel und Initrd-Datei gemeinsam gut 100 MByte fassen, sind hier mindestens 500 MByte empfehlenswert. Gerade Windows legt während der Installation, wenn es keine EFI-Systempartition findet, eine mit circa 100 MByte zu kleine ESP an. Kontrollieren Sie die Größe der Partition mit `df -h /boot/efi`. Vergrößern Sie, falls nötig, die Partition mit einem Tool wie GParted. Dazu sichern Sie zunächst den Inhalt der EFI-Systempartition woanders. Schaffen Sie dann hinter der Partition den benötigten freien Platz. Löschen Sie die ESP und legen Sie diese mit der gewünschten Größe und den Markierungen „esp“ und „boot“ wieder neu an. Kopieren Sie die zuvor gesicherten Dateien wieder zurück. Alternativ lässt sich `/boot` als neue Partition vom Typ „Linux extended boot“ anlegen („bls_boot“ in GParted) und mit dem VFAT-Dateisystem formatieren. UEFI-Firmwares und Sytemd-Boot können Dateien nur von VFAT-Partitionen lesen.

Kernel direkt booten (Efistub)

Bereits seit Kernel 3.3 verfügt Linux über die Option `EFI_STUB`, mit der der Kernel von einem UEFI-BIOS direkt gestartet werden kann. Alle gängigen Distributionen haben dies aktiviert. Auch Systemd-Boot lädt im Prinzip Efistub-Kernel.

Kontrollieren Sie zunächst wieder, ob die EFI-Systempartition im System eingebunden ist und wo sie im Dateisystem liegt. Prüfen Sie außerdem, ob die Partition groß genug ist (mindestens 100 MByte pro Kernel).

Werden Sie mit `sudo -i` root und kopieren Sie den Kernel samt Initrd-Datei in die EFI-Systempartition; der Übersicht halber am besten in ein Unterverzeichnis (hier „meins“). Unter Ubuntu lauten die Befehle dafür:

```
sudo -i
mkdir /boot/efi/EFI/meins
cd /boot
cp vmlinuz /boot/efi/EFI/meins/
cp initrd.img /boot/efi/EFI/meins/
```

Den Boot-Eintrag im UEFI-BIOS erzeugen Sie mit dem Befehl `efibootmgr --create`. Den Gerätenamen der EFI-Systempartition, den Sie mit `df -h /boot/efi/` ermitteln, übergeben Sie getrennt nach Datenträger und Partition: Aus `/dev/sda2` wird `--disk /dev/sda --part 2`. Der kompletteBefehlsaufruf lautet:

```
efibootmgr --disk /dev/sda ↵
   ↳--part 2 ↵
   ↳--create ↵
   ↳--label 'Mein Ubuntu' ↵
   ↳--loader '/EFI/meins/vmlinuz' ↵
   ↳--unicode 'root=UUID=f16229d5-b243↵
↳-4982-9b34-30bed8b13225 ro quiet ↵
↳splash vt.handoff=7 ↵
↳initrd=\EFI\meins\initrd.img' ↵
   --verbose
```

Mit `--label` legen Sie die Bezeichnung fest, die dann im BIOS-Setup und im BIOS-Bootmenü auftaucht. Auf den vorher kopierten Kernel verweisen Sie mit `--loader`, wobei Sie die Pfade relativ zum Hauptverzeichnis der EFI-Systempartition angeben. Praktisch schneiden Sie vorne `/boot/efi` ab.

Als Nächstes folgen die Kernel-Bootparameter. Lesen Sie die Parameter für das laufende System mit `cat /proc/cmdline` aus. Die Ausgabe sieht dann bei einem mit GRUB gestarteten System etwa so aus:

```
BOOT_IMAGE=/boot/vmlinuz-5.4.0-58-↵
↳generic root=UUID=f16229d5-b243-4982↵
↳-9b34-30bed8b13225 ro quiet splash ↵
↳vt.handoff=7
```

Kopieren Sie den Teil ab `root=UUID` und fügen Sie ihn bei dem Befehl hinter `--unicode` ein, wobei Sie die Parameter mit einfachen Anführungszeichen umschließen. Ergänzen Sie innerhalb derer noch den Pfad zum Initramfs mit `initrd=`, wobei Sie hier den Pfad wieder relativ zum Hauptverzeichnis der ESP angeben und die von Windows bekannten Black-



Ein per Efistub hinterlegter Linux-Kernel lässt sich direkt über das Bootmenü des UEFI-BIOS starten. Hinter „Linux Boot Manager“ verbirgt sich Systemd-Boot.

slashes („\“) als Verzeichnistrenner verwenden müssen. Die einfachen Anführungszeichen sind nötig, da sonst die Shell den Backslash als Steuerzeichen interpretiert.

Der gesamte Befehl sieht wie ein Bandwurm aus, ist aber schnell zusammenkopiert. Durch das `--verbose` zum Schluss bekommen Sie nach Ausführung des Befehls eine ausführliche Ausgabe, in der Sie nochmal kontrollieren können, ob alle Angaben passen. Entdecken Sie einen Fehler, löschen Sie mit `efibootmgr -B -b NUMMER` den jeweiligen Eintrag und legen ihn neu an. Lautet der zu löschende Eintrag `Boot000F`, dann entspricht „NUMMER“ `000F`. Die Auflistung hinter „BootOrder“ zeigt die Reihenfolge an, in der das BIOS die Einträge abarbeitet. Mit `efibootmgr -n NUMMER` legen Sie manuell fest, welcher Eintrag beim nächsten Neustart einmalig gebootet wird.

Jetzt sollte das UEFI-BIOS den Linux-Kernel booten. Manchmal machen fehlerhaft programmierte UEFI-Firmwares aber auch einen Strich durch die Rechnung. Bei einem Dell-Laptop scheiterte der Bootvorgang, weil das UEFI-BIOS dem Kernel die Bootparameter nicht übergab und der Kernel so nicht auf die benötigte Initramfs zugreifen konnte. In so einem Fall startet man über das BIOS-Bootmenü wieder GRUB oder Systemd-Boot.

Booteinträge aktuell halten

Die Linux-Kernel sind zwar hinterlegt, aber mit einem neuen Kernel-Update werden die Boot-Einträge nicht aktualisiert. Rufen Sie nach einem Kernel-Update manuell `kernel-install` beziehungsweise `efibootmgr --create` mit den jeweiligen Parametern auf. Das ist aber lästig. Einfacher ist es im System ein „Hook“ zu hinterlegen, der jedes Mal aufgerufen wird, wenn ein Kernel-Update eingespielt ist. Bei Debian- und Ubuntu-Systemen legen Sie dazu im Verzeichnis `/etc/kernel/postinst.d/` die Datei `zz-update-efistub` an. Die in dem Verzeichnis hinterlegten Skripte werden in alphabetischer Reihenfolge abgearbeitet. Das Skript kopiert den aktuellen Kernel und das zugehörige Initramfs-Image in das zu Beginn angelegte Verzeichnis in der EFI-Systempartition, wozu es aus folgenden Zeilen besteht:

```
#!/bin/sh
echo "Kernel ins ESP kopieren"
cp /boot/vmlinuz /boot/efi/EFI/meins/
echo "Initramfs ins ESP kopieren"
cp /boot/initrd.img /boot/efi/EFI/meins/
```

Der Boot-Eintrag muss dann auf `/boot/efi/EFI/meins/vmlinuz` lauten. So wird bei jedem Kernel-Update der im ESP hinterlegte Kernel ausgetauscht. Machen Sie das Skript mit `chmod a+x` ausführbar. Beispielskripte bringt auch das Paket „sicherboot“ mit, das es in Ubuntu und Debian gibt. Ruft man `sudo sicherboot setup` auf und verneint dort die Fragen nach Secure Boot, kann man mit dem Tool auch nur die Kernel für Systemd-Boot aktuell halten, ohne sich in die Untiefen der UEFI-Schlüsselverwaltungen begeben zu müssen.

Auch wenn die Konfiguration etwas ungewöhnlich ist, vereinfachen beide GRUB-Alternativen den Bootprozess. Ist Linux das einzige Betriebssystem, gibt es eigentlich keine Notwendigkeit für einen Koloss wie GRUB. Und mit Systemd-Boot kommen mehrere Linuxe und andere Betriebssysteme einander nicht ins Gehege. Eine Vorauswahl lässt sich bequem über das Bootmenü festlegen, ganz ohne Konfigurationsdatei. Leider fehlt meist noch die nahtlose Integration in die Installations- und Kernel-Update-Skripte der Distributionen. (ktn) c't

WIR MACHEN
KEINE WERBUNG.
WIR MACHEN EUCH
EIN ANGEBOT.

c't

ct.de/angebot

Jetzt gleich bestellen:
ct.de/angebot
+49 541/80 009 120
leserservice@heise.de

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

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

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



Linux-Systeme parallel betreiben



Ubuntu und ein anderes Linux parallel einzusetzen erscheint trivial, denn die eine Distribution nimmt die andere automatisch in ihr Bootmenü auf. Tatsächlich lauern bei so einem Parallelbetrieb aber viele Stolpersteine.

Von **Thorsten Leemhuis**

Alter Kernel

? Seit einigen Wochen nutzt Ubuntu auf meinem System einen veralteten Kernel, obwohl es bei der Systemaktualisierung schon mehrfach neuere eingespielt hat. Liegt das vielleicht am Linux Mint, das ich kürzlich testweise parallel installiert habe?

! Ihr PC startet offenbar standardmäßig den Bootmanager Grub von Linux Mint, weil das die Distribution ist, die Sie als Letztes aufgespielt haben. Dieser Bootmanager bekommt allerdings nicht automatisch mit, wenn das parallel installierte Ubuntu einen neuen Kernel einrichtet, denn Ubuntu trägt den nur in die Hauptkonfigurationsdatei seines eigenen Grub ein. Die Änderung verpufft daher bei Ihnen, schließlich entsteht das beim Start angezeigte Menü aus der grub.cfg von Linux Mint. Dort ist für Ubuntu halt nach wie vor der Kernel hinterlegt, den Mint bei Installation oder Update der Distribution für die beste Wahl hielt, als es die Konfigurationsdatei mit dem Werkzeug `grub-mkconfig` erzeugt hat.

Sie werden das Problem schnell, aber nur vorübergehend los, indem Sie einmalig Mint booten und dort via `sudo update-grub` eine neue grub.cfg erzeugen, denn dabei wird der neue Kernel erkannt. Falls Ihre Distribution kein vergleichbares Skript mitbringt, müssen Sie das von solchen Skripten eingesetzte `grub-mkconfig` direkt bemühen, das bei Fedora und einigen anderen `grub2-mkconfig` heißt.

Das Ganze ist aber nur ein Workaround, den Sie beim nächsten Kernel-Update wiederholen müssten. Um die Ursache zu beseitigen, müssen Sie tiefer in die Trickkiste greifen, wie die folgenden Fragen und Antworten zeigen. Die erläutern auch, wie Sie weitere Fallstricke umgehen, denn bei einigen Distributionen greift der obige Workaround nicht – beispielsweise, wenn sie Fedora über einen Grub von Linux Mint oder Ubuntu starten.

Bootmanager wechseln

? Ich habe parallel zu meinem Ubuntu testweise ein Linux Mint installiert, das seinen Grub als Standard-Bootmanager eingerichtet hat. Wie übertrage ich diese Verantwortung wieder dem Grub von Ubuntu?

! Starten Sie Ubuntu und öffnen Sie eine Kommandozeile, um dort ein `ls /sys/firmware/efi/` auszuführen. Wenn das einige Dateien und Verzeichnisse auflistet, bootet Ihr Linux per UEFI. In dem Fall können Sie `sudo grub-install` ausführen, um den zu Ubuntu gehörenden Grub neu zu installieren und den EFI-Boot-Eintrag neu zu erzeugen. Letzteres überschreibt den Eintrag, den Mint angelegt hat, das Sie danach über den Grub von Ubuntu starten können.

Sollte das `ls`-Kommando einen Fehler liefern, startet Ihr System klassisch, was auch „Legacy-BIOS-Modus“ genannt wird. Auf den meisten Systemen können Sie den Grub von Ubuntu dann durch Eingabe von `sudo grub-install /dev/sda` wieder zum Standard-Bootmanager machen. Achtung: Sollte mehr als ein Datenträger in Ihrem System stecken, müssen Sie die Datenträgerangabe des Kommando anpassen. Schauen Sie dazu im BIOS-Setup nach,

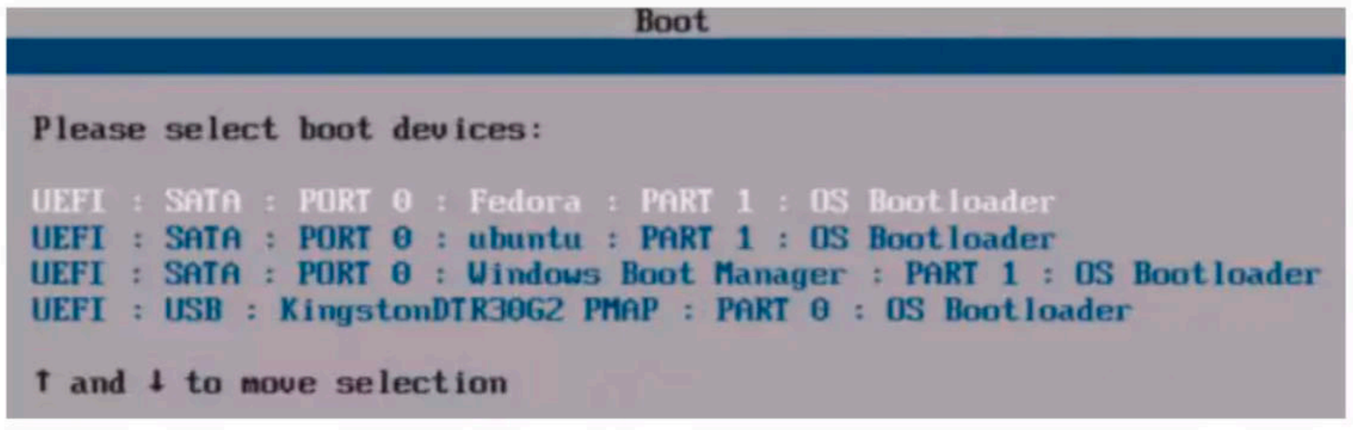
von welchem Datenträger das BIOS standardmäßig bootet; starten Sie dann Linux, um über die Laufwerksverwaltung (`gnome-disks`) den Linux-Gerätenamen dieses Datenträgers herauszufinden, den Sie dann hinter dem Aufruf von `grub-install` angeben müssen; Achtung, der Gerätename darf keine Zahl enthalten, schließlich soll der Bootcode in den ersten Sektor des Datenträgers und nicht an den Anfang einer seiner Partitionen. Um noch weitere Probleme und Risiken bei der Installation zu vermeiden, sollten Sie am besten zur Installation vorübergehend alle Datenträger mit Ausnahme der Bootplatte abklemmen.

Unsicherer Kernel

? Ich boote Fedora über den Grub von Ubuntu. Obwohl ich bei Letzterem gerade erst `sudo update-grub` ausgeführt habe, wie c't es mir geraten hat, startet Fedora mit einem steinalten Kernel voller Sicherheitslücken. Woran liegt das?

! Bei Mint und Ubuntu erkennt `grub-mkconfig` den neuesten Fedora-Kernel oft nicht und greift stattdessen zum ältesten. Die erwähnten Distributionen sind hier aber nur Beispiele, denn das Gleiche passiert auch in anderen Konstellationen.

Bei PCs, die Betriebssysteme per UEFI starten, können Sie das Problem leicht umschiffen: Starten Sie Fedora einfach über seinen eigenen UEFI-Boot-Eintrag, den Sie im Bootmenü des BIOS (BIOS Boot Select/BBS) oder in der Startreihenfolge des BIOS-Setup finden. Der führt zum Fedora-eigenen Grub. Darüber bootet Fedora dann genau wie bei PCs, bei denen kein Mint parallel installiert ist. Dieser Ansatz vermeidet so alle Tücken, die bei der Parallelinstallation mehrerer Distributionen auftreten können.



Viele Tücken bei der Parallelinstallation von Linux-Distributionen können Sie vermeiden, wenn Sie per UEFI booten und das zu startende Linux gleich im Boot-Menü des BIOS wählen.

Für PCs, die noch klassisch starten, gibt es keinen so handlichen Trick. Der am wenigsten aufwendige und robusteste Lösungsweg: beim Linux mit dem standardmäßig verwendeten Grub ein Skript in `/etc/grub.d/` anlegen, das der grub.cfg einen Abschnitt hinzufügt, der mit dem Befehl `configfile` die grub.cfg eines parallel installierten Linux lädt. Früher, zu Zeiten der ersten Grub-Generation, haben fortgeschrittene Linux-Anwender das Problem gelöst, indem Sie bei Zweit- und Dritt-Linux etwas Code zum Aufruf von Grub an den Anfang der jeweiligen Root-Partition gelegt haben; der Grub des Erst-Linux konnte diesen dann per Chainloading starten. Dokumentation und `grub-install` des heute verwendeten Grub der zweiten Generation raten von der Installation an den Partitionsanfang aber stark ab, weil Grub 2 diese nicht zuverlässig beherrscht; die Installer mancher Linux-Distributionen können so eine Konstellation daher auch gar nicht mehr einrichten.

Strikt getrennte Parallelinstallation

? Ich will dieselbe Distribution ein zweites Mal installieren, dabei aber die Tücken bei der Parallelinstallation vermeiden, die Sie am Beispiel der Distributionen Linux Mint und Ubuntu beschrieben haben. Kann ich nicht jede vollkommen unabhängig von der anderen starten, wie es bei der Parallelinstallation von Fedora und Ubuntu auf UEFI-PCs gelingt? Also über individuelle UEFI-Booteinträge?

! Das ist möglich, erfordert aber ein paar Handgriffe. Die folgenden Beispiele zeigen das am Beispiel eines neben Ubuntu installierten Linux Mint, denn so können Sie auch diese beiden sehr eng miteinander verwandten Distributionen vollkommen unabhängig voneinander parallel betreiben.

Bei der Installation von Mint müssen Sie manuell partitionieren und dabei eine zweite ESP erzeugen, damit der Grub von Mint nicht den Grub von Ubuntu überschreibt. Nach der Installation müssen Sie dann für beide Distributionen einen eigenen UEFI-Boot-Eintrag erzeugen. Das ist nötig, denn beide legen einen Starteintrag mit dem Bezeichner (Label) „Ubuntu“ an; daher überschreibt die eine Distribution den Eintrag der anderen nicht nur bei der Installation, sondern später hin und wieder auch bei Updates.

Mit dem folgendem Befehl legen Sie etwa einen eigenen UEFI-Boot-Eintrag für Ubuntu an, dessen ESP unter `/dev/sda2` zu finden ist:

```
sudo efibootmgr --create
--label 'Mein Ubuntu'
--disk /dev/sda --part 2
--loader '\EFI\ubuntu\shimx64.efi'
```

Rufen Sie das Kommando leicht modifiziert erneut auf, um einen zweiten Boot-Eintrag für Mint anzulegen. Ändern Sie dazu die Label-Angabe auf etwas wie „Mein Mint“; ferner müssen Sie die via `--part` übergebene Partitionsnummer gegen die der ESP austauschen, die Sie für Linux Mint angelegt haben. Mehr zu dieser Methode erklärt der folgende Artikel auf Seite 132.



Die ganz oben im Bootmenü stehende Distribution kontrolliert meist den Bootmanager; wenn man ein parallel installiertes Linux darüber startet, kann die Installation der Nvidia-Treiber dort fehlschlagen.

Bootmanager wechselt hin und her

Manchmal steht Ubuntu im Menü meines Bootmanagers ganz vorne, dann plötzlich wieder das parallel installierte Linux Mint, das ich hin und wieder nutze. Wie kommt das und kann ich das irgendwie verhindern?

Einige Distributoren installierten Grub per `grub-install` neu, wenn Sie bei der Systeminstallation ein frisches Grub-Paket erhalten; das birgt zwar Risiken, aber nur so können Distributoren beim klassischen Boot sichergehen, dass der Grub-Code in den ersten Sektoren des Bootdatenträgers aktualisiert wird. Daher kann es dazu kommen, dass bei einem Update von Mint dessen Grub die Rolle als Bootmanager übernimmt, bis es dann bei einem Update von Ubuntu irgendwann wieder zurückgeht. Damit wechselt dann auch die Menüreihenfolge, weil jeder Grub eine eigene Konfigurationsdatei verwendet. Die Schritte, um das zu unterbinden, unterscheiden sich zwischen den verschiedenen Familien von Distributionen. Im Ubuntu-Universum erreichen Sie das gewünschte, indem Sie bei einer der Distributionen `sudo dpkg-reconfigure grub-pc` aufrufen und darüber die Neueinrichtung von Grub bei Updates untersagen.

Ursprung des Bootmanagers erkennen

Ich habe mehrere Linux-Distributionen parallel installiert. Wie erkenne ich, zu welcher der Grub gehört, der beim Booten das Menü zeigt?

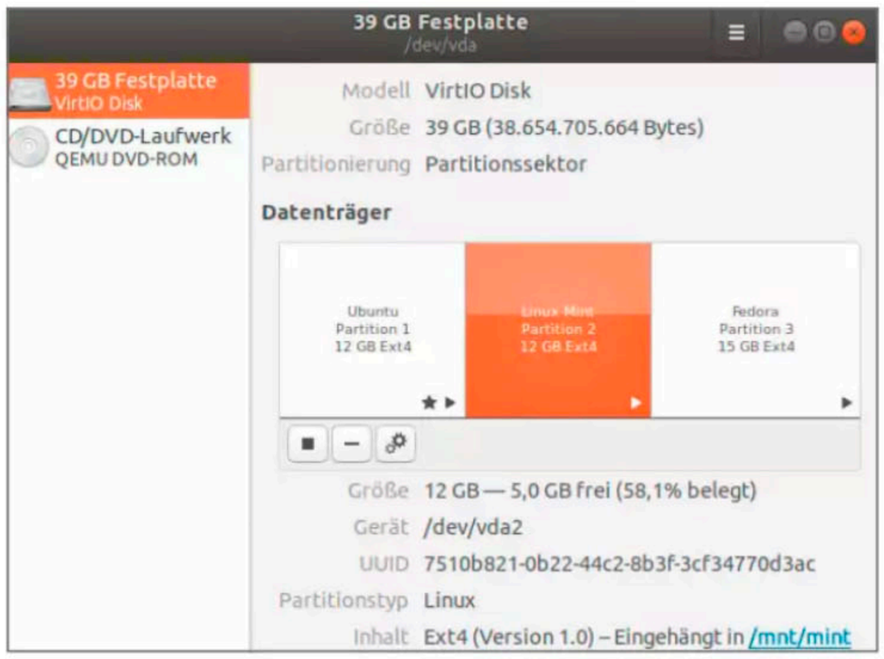
Die Faustregel lautet: Grub gehört zur Distribution, die im Bootmenü ganz oben steht. Meist dürfte es der Bootmanager der zuletzt installierten oder aktualisierten Distribution sein. Zweifelsfrei lässt sich die Zugehörigkeit über die Kommandozeile von Grub klären. Diese können Sie durch Betätigen von „C“ öffnen, wenn Grub sein Menü zeigt. Geben Sie dort `echo $root` ein; Grub verrät dann die Partition, auf der es beim Booten standardmäßig nach den Teilen seiner selbst sucht, die man nach dem Booten von Linux unter `/boot/grub/` sieht. Bei einer Angabe von „hd0,gpt7“ gehört der Grub beispielsweise zum Linux, das in der Partition 7 des Datenträgers liegt, den das BIOS als den ersten („hd0“) definiert; unter Linux ist das oft, aber nicht zwangsweise `/dev/sda`.

Vorsicht vorm Löschen

Ich habe parallel zu meinem Ubuntu jüngst testweise ein Linux Mint installiert. Ich will jetzt aber doch bei Ubuntu bleiben und Mint wieder loswerden. Kann ich einfach die Partition löschen, auf der Mint liegt?

Das sollten Sie keinesfalls tun, solange Ihr Ubuntu über den Bootmanager von Mint startet. Der fällt nämlich höchstwahrscheinlich auf die Nase, wenn Sie die Mint-Partition löschen, denn bei vielen Distributionen und Bootkonstellationen lädt ein Grub von dort die Grub-Konfigurationsdatei oder Teile seiner selbst nach. Wenn es die nicht erreichen kann, zeigt Grub statt dem Bootmenü nur noch seine Kommandozeile. Wer die gut kennt, kann darüber

Bevor Sie ein parallel installiertes Linux löschen, sollten Sie unbedingt sicherstellen, dass Sie nicht über dessen Bootmanager starten.



in vielen Bootkonstellationen ein parallel installiertes Ubuntu starten. Vermeiden Sie so ein Dilemma besser, indem Sie auf den Grub von Ubuntu zurückwechseln (siehe zweite Frage/Antwort dieser FAQ), bevor Sie die Partition mit Mint löschen.

Parameter wird ignoriert

? Ich habe an der grub.cfg von Fedora etwas geändert, um den Kernel immer mit einem Parameter zu starten, der die Performance meines Systems verbessern soll. Laut `cat /proc/cmdline` wird dieser Kernel-Parameter aber beim Start nicht übergeben. Ich verstehe nicht, wo es hakt, denn bei einem parallel installierten Ubuntu hat Ähnliches jüngst auf Anhieb geklappt.

! Vermutlich starten Sie Fedora über den Grub von Ubuntu. Der merkt halt nicht, wenn Sie die Grub-Konfiguration von Fedora ändern. Das Problem ist dadurch eng mit dem verwandt, das die erste Antwort dieser FAQ näher erläutert hat. Der dort genannte Workaround hilft hier aber nicht, denn wenn `update-grub` oder `grub-mkconfig` eine neue Konfigurationsdatei erzeugen, erkennen Sie oft nicht, welche Kernel-Parameter der Grub parallel installierter Distributionen setzen würde. Sie müssen daher einen der in Antwort zwei, drei und vier dieser FAQ beschriebenen Wege nutzen oder die in `/etc/grub.d/` liegenden Skripte zur Generierung der grub.cfg anpassen.

Nvidia-Installation scheitert

? Ich schaffe es bei Fedora partout nicht, den proprietären Treiber von Nvidia zu installieren. Sind die denn nicht in der Lage, das hinzukriegen? Beim parallel installierten Linux Mint, über dessen Grub ich Fedora starte, geht es doch problemlos!

! Höchstwahrscheinlich liegt die Ursache nicht bei Fedora, sondern bei Ihrem Dual-Boot-Setup, denn solche bergen zwei Fallen. Die eine: Der Grub von Mint startet Fedora vermutlich über einen veralteten Kernel (siehe erste und dritte Frage), für den Fedora das zum Nvidia-Treiber gehörende Kernel-Modul womöglich nicht erzeugen kann – beispielsweise, weil Compiler oder Entwicklerdateien nur zum aktuellen Fedora-Kernel passen. Die zweite Falle: Die Installation schlägt fehl, weil Installations- oder RPM-Skripte über die Grub-Konfiguration von Fedora einen Kernel-Parameter setzen, der erforderlich ist, damit Nvidias Treiber funktioniert; der Bootmanager von Mint bemerkt das aber nicht (siehe vorherige Frage), daher fährt das Ganze vor die Wand. Auch hier helfen wieder die Wege in den Antworten zwei bis vier. Das Ganze kann übrigens nicht nur Fedora passieren, sondern auch mit vielen anderen Distributionen.

Besserung in Sicht?

? Wer hat eigentlich Schuld daran, dass bei der Parallelinstallation von Linux-Distributionen so viele Tücken lauern? Wird das noch besser werden?

! Letztlich sind die Grub-Entwickler und alle Distributoren irgendwie schuld, denn die sind die seit Jahrzehnten bekannte Problematik allenfalls halbgar und nie wirklich konsequent angegangen. Besserung verspricht die vom Systemd-Projekt entwickelte Boot Loader Specification (BLS), die Systemd-Boot (vormals: Gummiboot) unterstützt. Über einige Eigenschaften der BLS herrscht aber Uneinigkeit, daher gibt es mittlerweile Implementierungen, die von der Spezifikationen abweichen. Dazu gehört ein Code mit einem BLS-Modul für Grub, mit dem Fedora seit einer Weile die Menüeinträge zum Start von Fedora ad hoc erzeugt. Falls andere Distributionen das Verfahren aufgreifen, wird das Besserung bringen; dafür ist aber noch viel Arbeit nötig, denn noch haben die Grub-Entwickler das BLS-Modul nicht einmal aufgenommen.

Die Systemd-Entwickler haben die Extended BLS angekündigt, die einige Unstimmigkeiten beseitigt und weitere Problembereiche angeht. Diese ist für verschiedene Boot-Manager gedacht, wird aber auch von Systemd-Boot genutzt; wie Sie Letzteren einrichten, erklärt der Artikel ab Seite 132. (ktn) c't

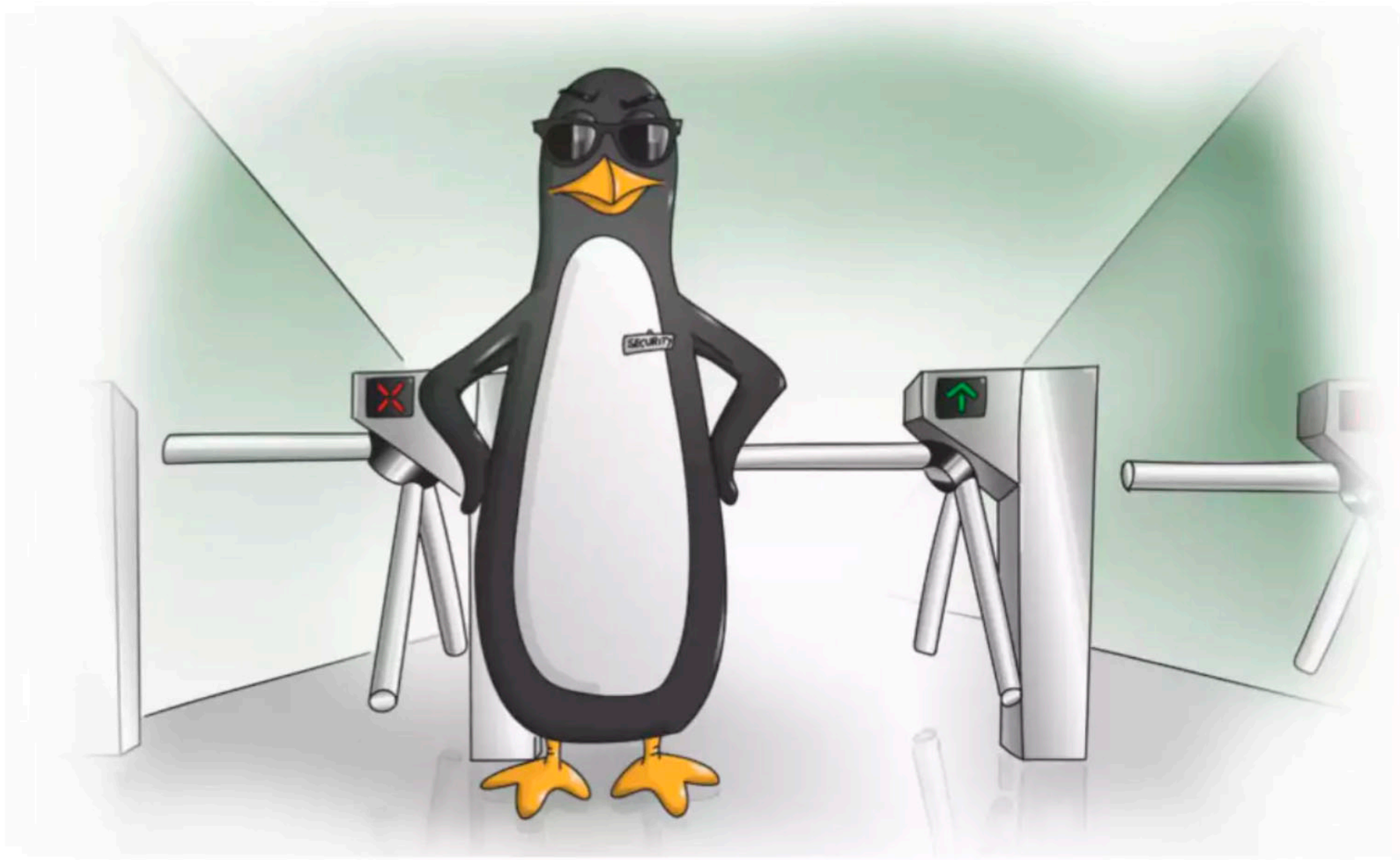


Bild: Michael Luther

Gezielt Root-Rechte verteilen

Schon wieder eine Passwortabfrage? Das muss nicht sein. Was auf dem Server Sinn ergibt, ist auf dem heimischen PC lästig. Mit Sudo und Polkit passt man Passwortabfragen und Freigaben an die eigenen Bedürfnisse an und bringt so Sicherheit und Komfort in Einklang.

Von **Keywan Tonekaboni**

Auf vielen Distributionen ist Sudo vorinstalliert und hat das klassische root-Konto für Desktopsysteme überflüssig gemacht. Die Anmeldung als root entfällt ebenso wie ein separates Passwort. Stattdessen darf der bei der Installation angelegte Benutzer Befehle mit den Privilegien des Systemverwalters ausführen, indem er den Kommandos ein `sudo` voranstellt. Aber Sudo ist nicht nur ein Generalschlüssel, sondern – um im Bild zu bleiben – viel mehr eine digitale Schließanlage. In dessen Einstellungen kann man detailliert festlegen, welcher User welches Programm als „Superuser“ – oder auch anderer Benutzer – ausführen darf und ob dafür ein Passwort benötigt wird.

Polkit übernimmt eine ähnliche Funktion, aber ist für viele Nutzer erst einmal weniger prominent sichtbar. Wann immer Gnome, Cinnamon oder KDE Plasma vor der Freigabe der Softwareinstallation, Drucker-

konfiguration oder Benutzerverwaltung um eine Authentifizierung bitten, ist im Hintergrund Polkit am Werk. Wenn man ganz ohne Passworteingabe das Netzwerk konfiguriert – einst unter Linux hoheitliche Tätigkeiten –, dann gestattet Polkit den Zugriff auf geschützte Ressourcen.

Bei persönlichen Computern mit nur einem Nutzer fällt der Doppelaufwand von zwei Passwörtern weg (User und root), während man weiter nur als User angemeldet ist. Außerdem kann man die Abfrage eines Passwortes ganz abstellen und Zugriffe protokollieren lassen. Bei Mehrbenutzersystem punkten Sudo und Polkit damit, dass man die Root-Rechte mit mehreren Benutzern teilen kann, aber jeder sich mit seinem eigenen Benutzerpasswort authentifiziert – falls überhaupt eins abgefragt wird. Bei Bedarf authentifiziert man sich gegenüber Sudo und Polkit anstelle von Passwörtern mit FIDO-Sicherheitssticks, Fingerabdrücken oder Gesichtserkennung [1].

Unterschiedliche Konzepte

Sudo und Polkit, das auch unter dem früheren Namen PolicyKit bekannt ist, verfolgen unterschiedliche Ansätze: Bei Sudo laufen die Prozesse mit Root-Rechten. Im Unterschied dazu bleiben bei Polkit die Prozesse im Kontext des Benutzers und greifen stattdessen über definierte Schnittstellen auf geschützte Funktionen zu. Dazu müssen die Entwickler aber das Polkit-API in ihren Anwendungen ansprechen. Sudo lässt sich hingegen mit fast jedem Programm aus dem Stand verwenden. Beide Ansätze verwenden zur Authentifizierung die Linux-Bibliothek PAM (Pluggable Authentication Modules).

Statt die gesamte grafische Paketverwaltung mit root-Rechten zu starten, vermittelt Polkit nur den Zugriff auf die Aktion „Installation von Paketen“. Weitere kritische Systemzugriffe haben erneute Anfragen zur Folge, die bei entsprechender Konfiguration wieder vom Nutzer abgesegnet werden müssen. Auf einem Ubuntu 20.04 LTS sind gut 300 einzelne Aktionen in gut 50 Programmen per Polkit ansteuerbar; je nach installierten Anwendungen sind auch deutlich mehr Aktionen vorhanden.

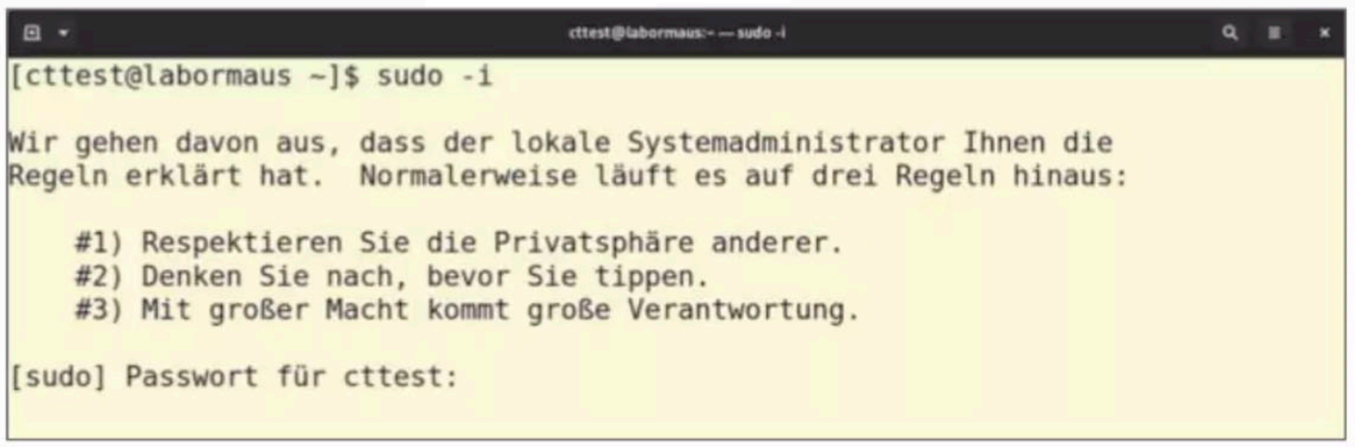
Leider ist die Konfiguration von Polkit etwas umständlich. Kein Wunder, richtet es sich doch an Entwickler, Distributoren und Systemadministratoren. Die Endanwender sollen hingegen ein fertig abgestimmtes Gesamtsystem vorfinden und sich nicht mit Polkit-Konfiguration herumschlagen müssen.

Komfortabler mit Sudo arbeiten

Mittlerweile ist Sudo in vielen Linux-Distributionen vorinstalliert. Unter anderem in Fedora, Ubuntu und dessen Ablegern wie Linux Mint ist es so konfiguriert, dass Nutzer einer bestimmten Gruppe uneingeschränkt Sudo nutzen dürfen. Diese administrative Gruppe heißt je nach Distribution und Version „admin“, „sudo“ oder „wheel“.

Üblicherweise kommt Sudo zum Zug, wenn man als normaler Benutzer im Terminal einen Befehl mit den Privilegien des Systemverwalters ausführen möchte, etwa um eine Software zu installieren. Dazu stellt man dem gewünschten Befehl einfach `sudo` voran, etwa `sudo apt install hello` um das Paket hello zu installieren. Kann man sich anschließend gegenüber Sudo authentifizieren, wird der Befehl mit den erforderlichen Rechten durchgeführt. Kleiner Tipp: Haben Sie vergessen, einen Befehl mit `sudo` zu beginnen, dann geben Sie einfach `sudo !!` ein. Die Bash ersetzt die Ausrufezeichen mit dem zuvor eingegebenen Befehl samt aller Argumente.

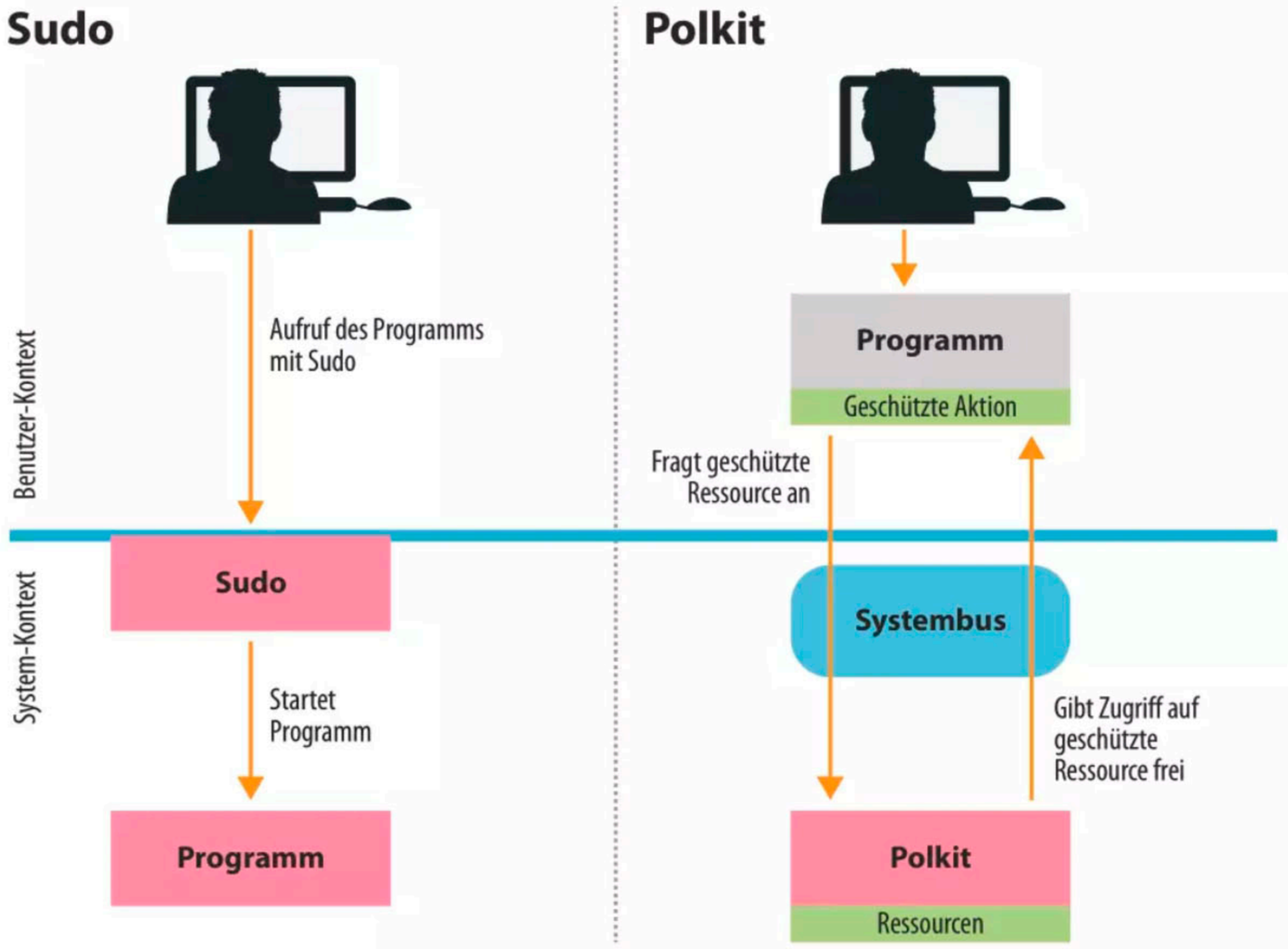
Die Authentifizierung merkt Sudo sich in der Regel für einige Minuten, wodurch man nicht jedes Mal sein Passwort eintippen muss. Trotz dieser Komfortfunktion werden komplexere Arbeiten schnell umständlich, denn an das Voranstellen von `sudo` muss man bei jedem Befehl erneut denken. Wollen



Per sudo bekommt man mit seinem Benutzerpasswort Root-Rechte.

Sudo und Polkit im Vergleich

Sudo startet das Programm im Kontext des angeforderten Users, oft als Root, wie in diesem Beispiel. Polkit gewährt über Schnittstellen den Zugriff auf geschützte Ressourcen, ohne dass die Anwendung selbst mit Root-Rechten läuft.



Sie als root mehrere Befehle hintereinander ausführen, öffnen Sie mit `sudo -i` (Eselsbrücke: i wie interaktiv) eine root-Shell und geben Sie dann die benötigten Befehle dort wie gewohnt ein.

Um eine Datei mit root-Rechten zu bearbeiten, rufen Sie diese mit `sudoedit` auf, was identisch zu `sudo -e` ist. Dann legt Sudo eine geschützte Kopie an und öffnet diese im voreingestellten Editor, etwa Nano, Emacs oder Vim. Dazu konsultiert Sudo die Variablen `SUDO_EDITOR`, `VISUAL` und `EDITOR` und greift sonst auf die Systemvorgabe zurück. Hat man die Änderung durchgeführt, kopiert Sudo die Datei wieder zurück und entfernt die temporäre Datei. Der Editor und die temporäre Datei haben die Berechtigungen des Nutzers; nur für den Lese- und Schreibvorgang der Datei verwendet Sudoedit die privilegierten Rechte. Da die Datei erst beim Schließen des Editors zurückkopiert wird, kann man zudem unbesorgt Zwischenstände speichern ohne eine aktuelle Konfiguration zu zerschießen.

Mit Sudo kann man Befehle nicht nur als root, sondern auch als jeder anderer Nutzer ausführen. Dazu übergibt man `sudo` mit der Option `-u` den gewünschten Usernamen. Testen Sie diese Funktion beispielsweise mit dem Systembenutzer „bin“.

```
sudo -u bin id
```

Das Tool `id` nennt die aktuell effektive Benutzerkennung sowie die Liste der zugehörigen Gruppen und ist daher sehr hilfreich beim Testen der Sdo-Konfiguration.

Sudo-Konfiguration

Die Berechtigungen für Sudo sind in `/etc/sudoers` festgelegt. Am besten bearbeiten Sie diese mit `vi sudo`. Der Befehl öffnet die `/etc/sudoers` ähnlich wie Sudoedit mit dem im System festgelegten Editor. Das muss entgegen des Namens nicht der Vi-Editor sein. Zusätzlich zur Funktionsweise von Sudoedit überprüft Visudo nach dem Schließen des Editors die Konfiguration auf Syntaxfehler. Findet es ein Problem, gibt es einen Hinweis auf die Stelle und bietet an, die Datei nochmal zu bearbeiten. Um sich nicht aus seinem eigenen System auszusperren, ist es ratsam, immer Visudo zu verwenden. Außerdem sollten Sie sich vorher in einem zusätzlichen Terminal-Fenster mit `sudo -i` anmelden. Diese root-Shell lassen Sie offen. Falls etwas an der Konfiguration fehlschlägt, haben Sie dadurch noch einen Fuß in der Tür und können die Änderungen rückgängig machen oder den Fehler korrigieren.

Die Syntax der sudoers-Datei ist gewöhnungsbedürftig und der Herkunft aus alten Unix-Tagen geschuldet. Zu Beginn der Datei werden mit `Defaults` grundlegende Sudo-Einstellungen festgelegt. Dann folgt ein Bereich, um Aliase zu definieren. Diese erklären wir später. Interessant sind zunächst die Abschnitte ab „User privilege specification“:

```
keywan@tardis: ~/Seafile/Artikel/sudo-pkexec
#
# This file MUST be edited with the 'visudo' command as root.
#
# Please consider adding local content in /etc/sudoers.d/ instead of
# directly modifying this file.
#
# See the man page for details on how to write a sudoers file.
#
Defaults        env_reset
Defaults        mail_badpass
Defaults        secure_path="/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin:/bin:/snap/bin"
Defaults        timestamp_timeout = 10

# Host alias specification

# User alias specification

# Cmnd alias specification

# User privilege specification
root    ALL=(ALL:ALL) ALL

# Members of the admin group may gain root privileges
%admin ALL=(ALL) ALL

# Allow members of group sudo to execute any command
%sudo   ALL=(ALL:ALL) ALL

# See sudoers(5) for more information on "#include" directives:

#includedir /etc/sudoers.d
~
                                                              1,1           Alles
```

Visudo öffnet die Sudo-Konfigurationsdatei im Lieblingseditor und schützt vor Fehlern, indem es vor dem Speichern die Syntax der Datei prüft.

```
root ALL = (ALL:ALL) ALL
(…)
%sudo ALL = (ALL:ALL) ALL
```

Die Zeilen besagen, dass der User root sowie User der Gruppe „sudo“ auf allen Rechnern (Host) als jeglicher Benutzer und mit beliebiger Gruppen-ID (Run-as) alle Befehle (Cmnd) ausführen dürfen. Die Konfiguration könnte man auch so umschreiben:

```
Wer Wo = (Als wer) Was
User Host = (Run-as) Cmnd
```

Die Sudo-Anweisung beginnt damit, wer `sudo` verwenden darf. Benutzernamen schreibt man so wie gewohnt und bei Gruppen setzt man ein Prozentzeichen voran. Mehrere Angaben können Sie mit einem Komma trennen (`alex,dani,%wheel`). Der Host kann der Rechnername sein, aber auch die IP-Adresse oder ein IP-Bereich. Verwenden Sie im Zweifel hier immer `ALL`, um Probleme zu vermeiden. Nach dem Gleichheitszeichen wird in Klammern angegeben, unter welcher User- und Gruppen-ID die Prozesse laufen sollen. Zu guter Letzt gibt man die gewünschten Befehle samt vollständigem Pfad an, die man wiederum mit einem Komma voneinander trennt. Außerdem akzeptiert `Cmnd` auch Verzeichnisse und wendet die Regel auf alle darin enthaltenen Programme an, aber nicht auf jene in Unterordnern. Die hier angegebenen Programme sollten nur von root verändert werden können und am Besten in `/usr/bin`, `/usr/local/bin` oder vergleichbaren Verzeichnissen liegen. Verweist eine Sudo-Regel auf ein im eigenen Homeverzeichnis gespeichertes Skript, dann könnte ein Angreifer dieses austauschen und sich so root-Rechte verschaffen.

In neueren Versionen gibt es zudem `/etc/sudoers.d/`, um die Konfiguration auf verschiedene Dateien aufzuteilen. So überschreibt ein Update nicht die vom Benutzer angelegten Anpassungen. Die Anweisung `#includedir /etc/sudoers.d` am Ende der sudoers-Datei lädt die einzelnen Konfigurationsschnipsel sortiert nach ihrem Dateinamen. Die Reihenfolge der Regeln ist von Bedeutung, denn eine spätere Regel überstimmt vorherige Anweisungen. Welche Rechte einem die aktuelle Sudo-Konfiguration erlaubt, verrät der Befehl `sudo -l`. Dabei werden Aliase, Gruppenzugehörigkeiten und IP-Angaben aufgelöst und die effektiven Regeln angezeigt, die für den aufrufenden User auf dem aktuellen Rechner gelten.

Beispielszenario VPN

Ein Beispiel soll den Einsatz von Sudo verdeutlichen. Ein Laptop wird in der Familie zwischen Alex, Dani und Charlie geteilt, wobei jeder seinen eigenen Account hat. Die Benutzerin Alex möchte mit WireGuard eine VPN-Verbindung zum Büro aufbauen [2]. Alle anderen sollen aber ohne Passwort diese Verbindung wieder trennen können, falls Alex es vergessen hat. Außerdem sollen alle ohne Passwort eine VPN-Verbindung nach Hause sowie mit einem VPN-Anbieter in den USA aufbauen können. Zweckmäßigerweise legt man dafür mit Visudo eine neue Datei an:

```
visudo /etc/sudoers.d/10-vpn
```

Die Benutzer und Befehle lassen sich zwar direkt angeben, aber die passende Sudo-Konfiguration wäre dann etwas unübersichtlich. Hier hilft es, zuerst Aliase zu definieren. Für jeden Typ (`User`, `Host`, `Runas`, `Cmnd`) gibt es auch einen `Alias`-Befehl. Der Alias-Name muss mit einem Großbuchstaben anfangen und darf nur aus diesen sowie Unterstrichen und Ziffern bestehen. Schreiben Sie ein \ ans Zeilenende, ignoriert Sudo den folgenden Zeilenumbruch bei der Interpretation der Angaben.

```
Cmnd_Alias VPN= \
/usr/bin/wg-quick up vpn-home, \
 /usr/bin/wg-quick up vpn-usa, \
 /usr/bin/wg-quick down
User_Alias FAMILY = alex,dani,charlie
```

Sudo unterscheidet bei den Befehlen auch die Argumente und Optionen. In dem Beispiel umfasst der Alias `VPN` nur die genannten Aufrufe von `wg-quick`. Sudo versteht hier und bei Hosts auch Wildcards, zum Beispiel `/usr/bin/wg-quick up*`. Gibt man nur den Pfad an, akzeptiert Sudo auch beliebige Argumente. Möchte man das unterbinden, hängt man zwei doppelte Anführungszeichen hinter den Befehl (`/bin/id ""`).

Nun gilt es, die Aliase in den eigentlichen Regeln zu verwenden. Im Folgenden dürfen in `FAMILY` definierte User auf die unter `VPN` aufgelisteten Befehle zugreifen. Die Option `NOPASSWD:` vor den Befehlen überspringt eine Authentifizierung des Benutzers durch Eingabe eines Passwortes.

```
FAMILY ALL = NOPASSWD: VPN
alex ALL = /usr/bin/wg-quick up vpn-buero
```

Alex darf zusätzlich noch die VPN-Verbindung ins Büro aufbauen. Die fehlende `Run-as`-Angabe ersetzt Sudo automatisch mit `(root)`.

Die Aliase können Sie beliebig mit anderen Aliasen oder Werten kombinieren. Erlaubt sind beispielsweise `FAMILY,FRIENDS` ebenso wie `FAMILY,dora`.

```
dani ALL = VPN,/bin/id
```

Schließen Sie Visudo, um die Änderungen zu übernehmen. Sollte Visudo einen Fehler in der Konfiguration finden, können Sie mit „e“ den Editor wieder öffnen oder mit „x“ die Änderungen verwerfen. Die dritte Option „Q“ meiden Sie besser: Damit speichert Visudo die Datei dennoch, aber Sudo ist so lange unbenutzbar, bis der Fehler behoben ist. Hat Visudo nichts zu beanstanden, lassen Sie sich mit `sudo -l` die fertigen Regeln anzeigen. Verwenden Sie `sudo -l -U dani`, um die aktiven Regeln für den User Dani zu kontrollieren. Aber Obacht: Visudo prüft nicht die Pfade der Befehle oder gar deren Optionen. Diese Fehlerquelle müssen Sie selbst im Blick haben.

Erweiterte Sudo-Konfiguration

Sie können für Programme einen Hashwert hinterlegen. Sudo kontrolliert diesen und führt den Befehl nur dann aus, wenn die Prüfsumme unverändert ist. Dies ist sinnvoll, wenn zum Beispiel ein Skript aus einem besonderen Grund nicht in einem geschützten Verzeichnis liegt. Ermitteln Sie mit Hilfe von `sha256sum` zuerst den Hashwert:

```
sha256sum /home/dani/bin/skript.sh
```

Schreiben Sie das Ergebnis dann in die sudoers-Regel direkt vor dem Pfad des Befehls und stellen Sie zusätzlich das Hashverfahren mit „sha256:“ voran:

```
dani ALL=(ALL) sha256:f1523[…]6bc0e4
  /home/dani/bin/skript.sh
```

Möchten Sie die Option `NOPASSWD:` verwenden, kommt diese noch vor der Hashwert-Angabe.

Wie bereits erwähnt, merkt sich Sudo die Authentifizierung für einige Minuten. Mit jedem Aufruf wird der Timer zurückgesetzt. Um die Abfrage zu erzwingen, beispielsweise um die Option `NOPASSWD` zu testen, rufen Sie `sudo` mit der Option `-k` auf. In der sudoers-Datei können Sie die Dauer des Timers mit der Option `timestamp_timeout` bestimmen.

```
Defaults timestamp_timeout = 10
```

Der Wert steht für Minuten, wobei Dezimalzahlen wie `2.5` erlaubt sind. Bei `0` wird immer die Authentifizierung abgefragt und bei negativen Werten wie `-1` verfällt die Freigabe erst mit dem Neustart des Rechners. Die Authentifizierung speichert Sudo nur für die jeweilige Terminal-Session. Soll Sudo systemweit auf die erneute Authentifizierung verzichten, verwenden Sie die folgende Option:

```
Defaults timestamp_type = global
```

Sudo bietet noch viel mehr Optionen, deren Aufzählung den Rahmen des Artikels sprengen würde. Den Link zur Dokumentation finden Sie unter ct.de/wzja.

Sudo passt nicht immer

Auch wenn Sudo äußerst praktisch ist, sollte man sich stets fragen, ob es das richtige Werkzeug ist. Denn die ganze Anwendung läuft im Zweifel im Kontext des root-Benutzers. Gerade bei grafischen Programmen ist das problematisch. Möchte man beispielsweise nur eine Datei in `/etc` bearbeiten, ist es unsinnig, Gedit mit root-Rechten zu starten. Hier könnte man Sudoedit bemühen, indem man `gedit` in die Variable `VISUAL` einträgt.

```
VISUAL=gedit
sudoedit /etc/issue
```

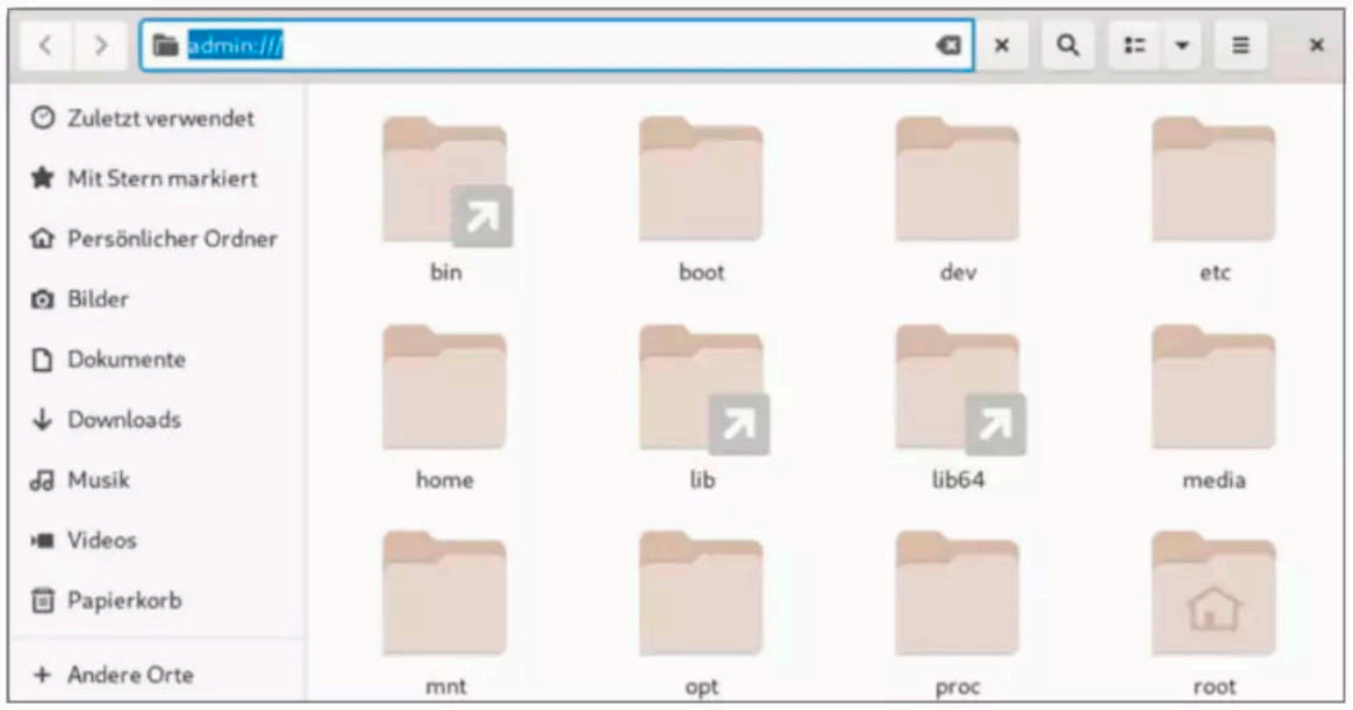
Das klappt leider nicht problemlos: Ist Gedit bereits gestartet, wird die Datei in der vorhandenen Instanz geöffnet. Das erkennt Sudoedit nicht, geht davon aus, dass der Prozess von Gedit beendet ist, und sieht eine unveränderte Datei.

Eine Alternative zu `sudoedit` bietet das von Cinnamon, Gnome und Ubuntu verwendete GVFS (Gnome Virtual File System) mit dem Spezialpfad `admin://`. Um die Datei /etc/issue zu bearbeiten, rufen Sie Gedit mit `gedit admin:///etc/issue` auf oder geben den Pfad mit Strg+L im Öffnen-Dialog an. GVFS fragt die benötigte Berechtigung dann mittels Polkit an.

Nach erfolgreicher Authentifizierung können Sie die Datei bearbeiten, ohne dass Gedit mit root-Berechtigungen ausgeführt wird. Das klappt auch mit dem Dateimanager Nautilus und anderen Programmen, die GVFS verwenden. Abseits der Sicherheitsfragen hat der Aufruf von `admin:///` den Vorteil, dass die Programme weiter die Einstellungen des Benutzers verwenden, etwa die Lesezeichen in Nautilus.

Polkit und pkexec

Statt der „Ganz oder gar nicht“-Methode von Sudo erlaubt Polkit über Schnittstellen wie DBus gezielt den Zugriff auf geschützte Ressourcen. Ein nicht privilegiertes Programm („Client“) fragt dazu bei einem Programm mit privilegierten Rechten („Mechanismus“) nach dem Zugriff auf eine bestimmte Funktion („Aktion“). Der Mechanismus prüft mit Hilfe des Polkit-Diensts („Polkit Authority“), ob und wie der Zugriff zu erteilen ist. Der Polkit-Dienst ruft gegebenenfalls einen Authentifizierungsdienst („Agent“) auf, etwa die Polkit-Implementierung in Gnome, die dann einen Passwort-Dialog anzeigt. Dieser Agent meldet das Ergebnis wieder an den Polkit-Dienst



Über den Spezialpfad „admin://“ erlaubt Polkit den Zugriff auf geschützte Daten, ohne dass der Dateimanager mit Root-Rechten gestartet werden muss.

```
<policyconfig>
 <action id="org.gnome.baobab">
 <message>Baobab mit Root-Rechten ausführen.</message>
 <icon_name>baobab</icon_name>
 <defaults>
 <allow_any>no</allow_any>
 <allow_inactive>no</allow_inactive>
 <allow_active>auth_admin_keep</allow_active>
 </defaults>
 <annotate key="org.freedesktop.policykit.exec.path">/usr/bin/baobab</annotate>
 <annotate key="org.freedesktop.policykit.exec.allow_gui">true </annotate>
 </action>
</policyconfig>
```

In einer XML-Datei definiert man Aktionen, mit denen Polkit den Zugriff auf geschützte Ressourcen freigibt, wie hier das Aufrufen von Baobab mittels pkexec.

zurück. Sobald der Mechanismus das Ok hat, gibt er den Zugriff frei. Beispiele dafür sind der Entsperren-Knopf in den Gnome-Einstellungen oder eben der Spezial-Pfad `admin:///`.

Auch Polkit verfügt mit `pkexec` über ein Tool, um wie Sudo Befehle in einem anderen User-Kontext auszuführen. Zur Authentifizierung kommen aber die Polkit-Regeln und -Dialoge zum Einsatz. Der Aufruf `pkexec id` blendet unter Gnome den grafischen Passwortdialog ein. In neueren Version öffnet `pkexec` ohne Angabe zusätzlicher Argumente eine root-Shell.

Im Unterschied zu Sudo öffnet pkexec nicht ohne Weiteres grafische Programme. Das ist zwar wie beschrieben eigentlich auch nicht sinnvoll, aber manchmal unumgänglich.

Derzeit scheitert die Gnome-Festplattenbelegungsanalyse (Baobab) mangels Rechten daran, bei geschützten Verzeichnissen den Speicherplatzverbrauch der Systempartition zu untersuchen. Möchte man trotzdem Baobab mit `pkexec` starten, muss man zunächst eine eigene Polkit-Aktion definieren. Da Baobab selbst noch kein Polkit unterstützt, ist der Umweg über `pkexec` eine Brecheisen-Methode. Hilfreich ist der Aufwand insbesondere, wenn man den Desktop im Wayland-Modus nutzt, wo `sudo` keine grafischen Programme starten kann.

Eigene Polkit-Aktionen definieren

Legen Sie dazu eine XML-Datei namens `org.gnome.baobab.policy` in `/usr/share/polkit-1/actions/` mit dem Inhalt des Kastens auf dieser Seite an.

Der `<action>` muss man im Attribut `id` eine eindeutige Kennung zuweisen. Bereits vergebende IDs zeigt der Befehl `pkaction` an. Mit `message` hinterlegt man die Nachricht, die der Authentifizierungsdialog anzeigt. Unter `defaults` legt man Vorgaben für den Zugriff fest. Polkit unterscheidet zwischen lokalen Sitzungen, die aktiv oder inaktiv sind. In der Regel ist die sichtbare Sitzung aktiv. Für die Vorgaben gibt es `allow_active` und `allow_inactive`. Die Option für Sitzungen über SSH heißt verwirrenderweise `allow_any` und schließt ihrem Namen zum Trotz die anderen Vorgaben nicht ein. Polkit kann den Zugriff direkt gestatten (`yes`), ablehnen (`no`) oder nach einer Authentifizierung des Benutzers (`auth_self`) oder eines Administrators (`auth_admin`) verlangen. Bei `auth_admin_keep` respektive `auth_self_keep` merkt sich Polkit die Authentifizierung ähnlich wie Sudo für einige Minuten. Diese zwischengespeicherten Berechtigungen listen Sie mit `pkcheck --list-temp` auf und widerrufen sie mit `pkcheck --revoke-temp`. Den Pfad zum ausführenden Programm gibt man mit der Schlüsselwert `(…)policykit.exec.path` an.

Hier wird deutlich, dass man eine Schnittstelle von pkexec verwendet. Damit Baobab als grafisches Programm startet, muss man zudem `(…)policykit.exec.allow_gui` auf `true` setzen. Die Werte zwischen den XML-Tags, wie der Pfad zu Baobab oder `true`, müssen ohne Leerzeichen von den XML-Tags umschlossen sein, sonst interpretiert Polkit die Werte nicht richtig oder ignoriert sie gar, anders als man es eigentlich bei XML erwarten würde.

Die unter `defaults` festgelegten Werte kann man mit einer Polkit-Regel auch individuell überschreiben. Diese hinterlegt man bei Ubuntu- und Debian-System weiterhin im älteren pkla-Format in `/etc/polkit-1/localauthority/50-local.d/`. Um als User Dani ohne Passwortabfrage Baobab zu starten, legen Sie die Datei `95-baobab.pkla` mit folgendem Inhalt an.

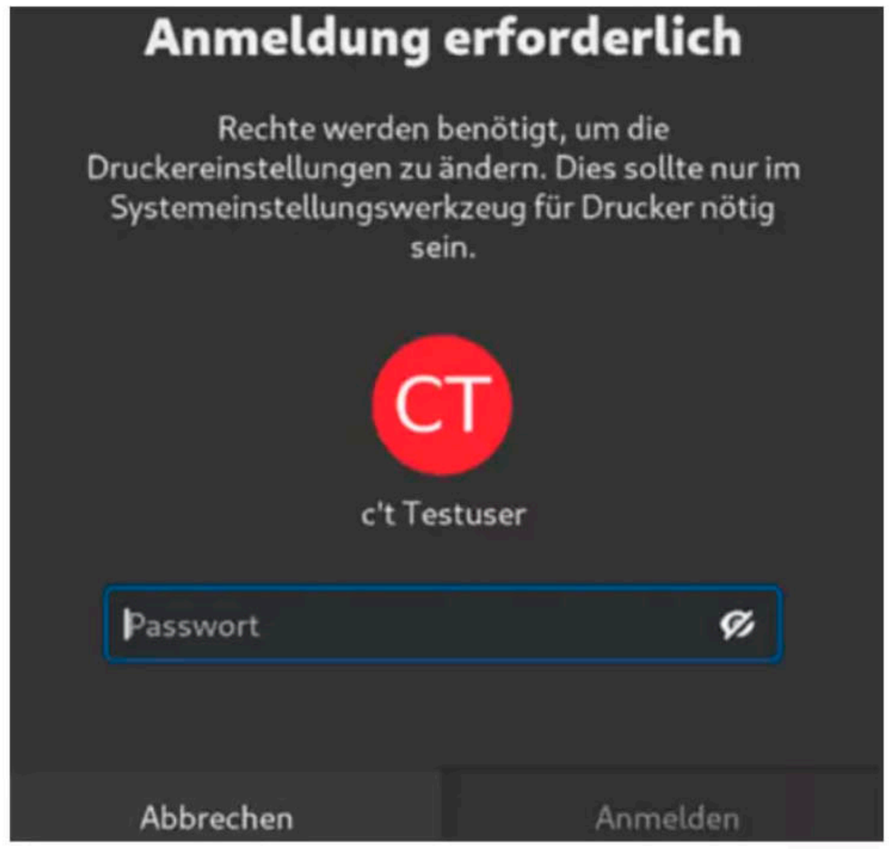
```
[Baobab quickstart for Dani]
Identity=unix-user:dani
Action=org.gnome.baobab
ResultAny=no
ResultInactive=no
ResultActive=yes
```

Die Anweisung `ResultActive=yes` verändert die in der XML-Datei festgelegte Vorgabe für `allow_active`. Um dies statt für Dani auf alle User der Gruppe sudo anzuwenden, geben Sie bei `Identity` den Wert `unix-group:sudo` an. Mehrere User oder Gruppen trennen Sie mit einem Semikolon.

Druckerkonfiguration ohne root

Unter Fedora dürfen zwar Nutzer mit Systemverwalterkonten – also jene, die der Gruppe `wheel` angehören – aus Gnome-Software Programme ohne Passwortabfrage nachinstallieren, aber für das Hinzufügen eines Druckers oder Ändern der Druckereinstellungen müssen sie sich per Passwort authentifizieren. Diese Inkonsistenz kann man dank Polkit recht einfach abstellen. Zunächst gilt es die verwendete Aktion zu identifizieren. Beobachten Sie dazu in einem Terminalfenster die Log-Ausgaben von Polkit:

```
journalctl -f -u polkit.service
```



Polkit weist die Desktopoberfläche an, einen Passwortdialog mit den Details zur benötigten Rechtefreigabe anzuzeigen.



Drücken Sie dann in den Gnome-Einstellungen unter Drucker die „Entsperren …“-Schaltfläche. Den Passwort-Dialog können Sie sofort abbrechen. Suchen Sie in den Meldungen nach „action“. Daneben sollte die ID stehen: „org.opensuse.cupspkhelper.mechanism.all-edit“.

Fedora verwendet sowohl das alte wie auch das aktuelle Format für die Konfigurationsdateien. Im neuen Format werden die Regeln als Javascript-Code geschrieben und in `/etc/polkit-1/rules.d/` abgelegt. Der Code ist etwas umständlicher, aber laut Polkit-Entwickler David Zeuthen lassen sich so die Regeln besser prüfen. Am einfachsten ist es, eine vorhandene Regel als Vorlage zu nehmen.

```
polkit.addRule(
function(action, subject) {
 if ((action.id == "org.opensuse.↵
↳cupspkhelper.mechanism.all-edit")
 && subject.active == true
 && subject.local == true
 && subject.isInGroup("wheel")) {
 return polkit.Result.YES;
 }
 return polkit.Result.NOT_HANDLED;
});
```

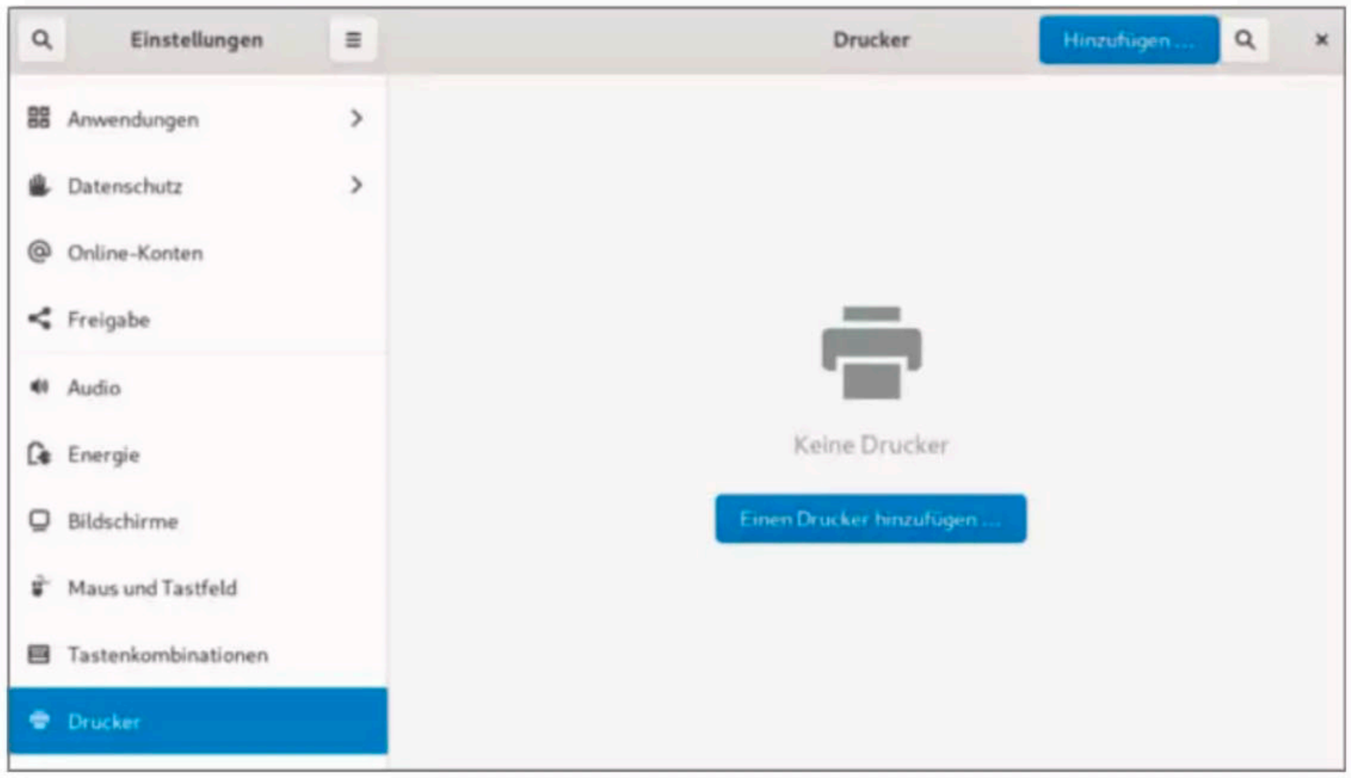
Zunächst prüft die if-Bedingung, ob es sich um die gewünschte Aktion handelt. Tragen Sie diese bei `action.id` ein. Dann wird überprüft, ob es sich um eine lokale, aktive Session (`subject.local`/`subject.active`) handelt, vergleichbar mit `allow_active`, und der Benutzer in der Gruppe `wheel` ist. Diese Bedingungen sind als logisches Und (`&&`) verknüpft. Trifft alles zu, liefert die Konfiguration `polkit.Result.YES` zurück, wodurch der Zugriff auf die Druckerkonfiguration unmittelbar erteilt wird.

Sobald Sie die Datei unter `/etc/polkit-1/rules.d/90-org.opensuse.cupspkhelper.rules` abspeichern, sollte in den Druckereigenschaften die „Entsperren …“-Schaltfläche durch einen blauen „Hinzufügen …“ ersetzt werden. Falls ein Fehler in der Regel vorhanden ist, meldet Polkit diesen über das System-Log.

Eine häufige Fehlerquelle sind die verschachtelten Klammern. Bearbeiten Sie die Regeln mit einem Editor, der Syntax-Highlighting beherrscht und Klammernpaare hervorhebt. In Gedit aktivieren Sie diese, indem Sie über das Menü „Ansicht / Hervorhebungsmodus …“ JavaScript auswählen.

Passwortlos sicher

Statt einer Generalvollmacht erteilt man mit Sudo und Polkit gezielten Zugriff. Beide Konfigurationen sind auf den ersten Blick komplex. Lässt man sich darauf ein, gewinnt man viel Flexibilität. Das Passwort muss dann nur noch abgefragt werden, wenn es unbedingt nötig ist. Und anderen Nutzern kann man erweiterte Rechte ohne Bauchschmerzen erteilen. Polkit harmoniert dabei besser mit modernen Desktopumgebungen und gibt noch feiner Zugriff auf geschützte Ressourcen. Kombiniert mit einer aufgebohrten PAM-Konfiguration steht dann einem fast passwortlosen, aber sicherem Linux-Desktop nichts mehr im Weg. (ktn) c't



Sind die Polkit-Regeln angepasst, ist für die Verwaltung der Drucker keine Passworteingabe mehr notwendig.

Literatur

[1] Jürgen Schmidt, **„Hallo Linux“ – entspannt entsperren**, Linux-Authentifizierung mit mehr Komfort, c't 10/2019, S. 132

[2] Peter Siering, **Geschützter Verkehr**, Tipps fürs Unterwegssein mit WireGuard, c't 14/2019, S. 30

Sudo und Polkit Dokumentation und Anleitungen

ct.de/wzja

» Continuous Lifecycle »
[Container Conf]

Die Konferenzen für Continuous Delivery, DevOps, Containerisierung und Cloud Native

So bilden Sie sich in den nächsten Monaten fort:

>> **4. und 18. Mai 2021:**
Softwarequalität im CD/CI-Umfeld –
Observability & Monitoring, Chaos Engineering,
Continuous Testing

Jetzt Tickets zum Frühbucher-rabatt sichern!

Online-Workshops vertiefen die Deep-Dive-Themen weiter:

29. März 2021: (sponsored Workshop)
Chaos Engineering on Azure AKS

Mai/Juni
Weitere Workshops sind in Vorbereitung zu Themen wie „Monitoring in Kubernetes“ etc.

Tickets ab sofort verfügbar! Sämtliche Thementage und Workshops sind individuell buchbar – für Paket- und Kombitickets gelten attraktive Rabatte.

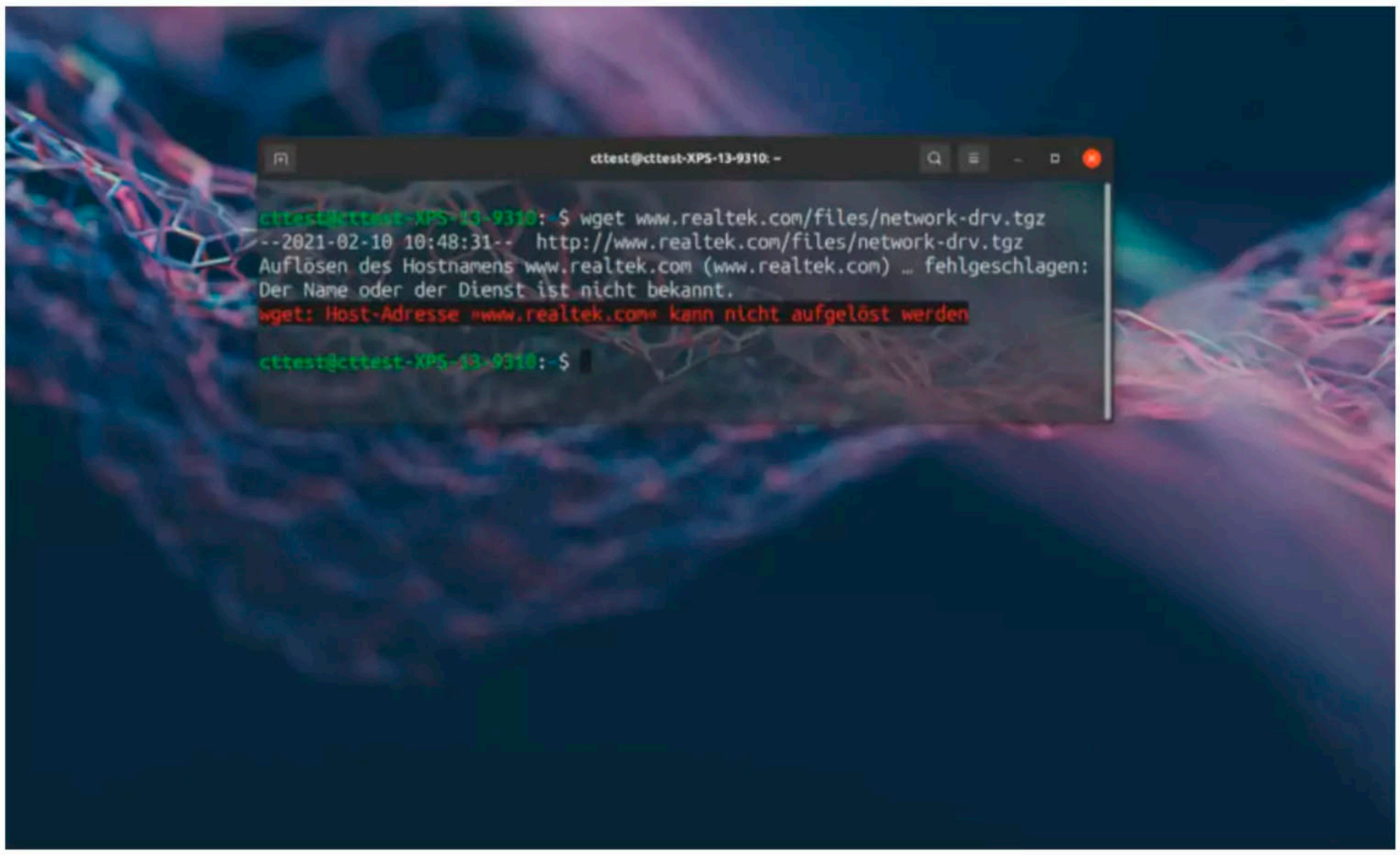
www.continuouslifecycle.de www.containerconf.de

Goldsponsor

paloalto® NETWORKS

Veranstalter

iX heise Developer dpunkt.verlag



Treiber: Warum es häufiger hakt

Manchmal artet es in einen dreifachen Rittberger aus, unter Linux einen Treiber einzurichten. Beim Ubuntu-Einsatz auf einem der „Optimalen PCs 2021“ von c’t war das so. Da stellt sich die Frage: Woran liegt es eigentlich?

Von **Thorsten Leemhuis**

Spott und Hohn erntete der Autor von vielen c’t-Kollegen, als diesen zu Ohren kam, was beim „Optimalen Allround-PC 2021“ zur adäquaten Inbetriebnahme des Netzwerkadapters unter Linux nötig sei. Kein Wunder, denn womöglich muss man mithilfe von Smartphone oder einem anderen PC einen neuen Kernel einrichten, um damit dann Compiler und weitere Build-Werkzeuge nachzurüsten; anschließend noch einen Herstellertreiber herunterladen und kompilieren, um den frischen Kernel dann wieder herunterzuwerfen, um Probleme mit einem Grafiktreiber zu vermeiden [1]. Details dazu ersparen wir Ihnen an dieser Stelle, denn hier soll es um die Frage gehen: Wer trägt die Schuld an solchen Situationen?

Der Hersteller?

Aus Sicht der Entwickler des Linux-Kernels liegt es an Realtek, denn ein passender Treiber für dessen

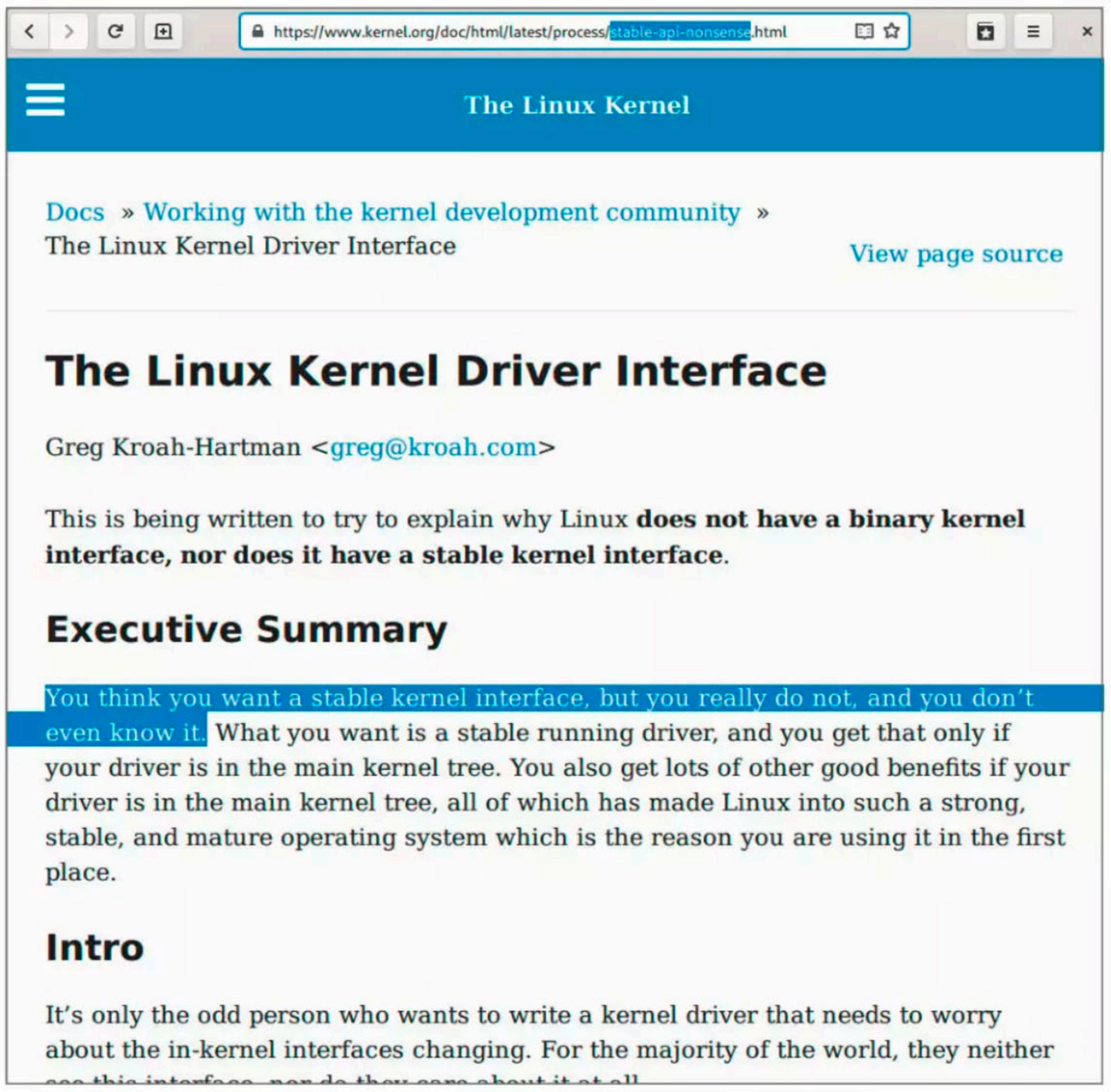
RTL8125B-Netzwerkchip hätte schon bei seiner Markteinführung Anfang 2020 in vielen Distributionen enthalten sein können. Dazu hätte das Unternehmen lediglich frühzeitig für passende Unterstützung im Linux-Kernel sorgen müssen, indem es sich aktiv an der Entwicklung der für Realtek-Hardware zuständigen Treiber beteiligt. Viele Chiphersteller praktizieren das erfolgreich, darunter auch AMD und Intel. Diese zwei und viele andere mussten mit dem Konzept zwar auch erst warm werden, haben aber schließlich gemerkt, dass es das Beste für alle Beteiligten ist.

Realtek verweigert sich diesem Vorgehen bei LAN-Treibern allerdings seit Langem und entwickelt lieber einen alternativen Linux-Treiber, mit dem sie sich der Qualitätskontrolle der Kernel-Entwickler entziehen. Linux-Distributionen und Endanwender lassen ihn links liegen, denn der Kernel bringt ja schon einen vergleichbar guten LAN-Treiber für Realtek-Chips mit. Außerdem ist Einbindung und Pflege solcher Herstellertreiber äußerst mühsam, weil sich Andockpunkte für Kernel-Treiber ständig ändern.

Die Kernel-Entwickler?

Eben weil stabile Programmierschnittstellen für Treiber fehlen, sehen manche die Schuld bei den Linux-Kernel-Entwicklern, die sich weigern, welche zu schaffen. Der Ruf danach ist fast so alt wie Linux selbst, wird aber wohl nie Gehör finden: Die Kernel-Entwickler schätzen den aktuellen Ansatz und behaupten sogar, Linux sei nicht trotz, sondern wegen des Verzichts auf stabile Andockpunkte für Treiber so erfolgreich geworden (siehe Kasten „Stabile Treiberschnittstellen sind Kokolores“).

Derlei Schnittstellen würden indes die Qualitätskontrolle unterhöhlen, welche die Treiber des Linux-Kernels seit jeher durchlaufen. Und das, nachdem solche Checks bei anderen Betriebssystemherstellern mittlerweile auch Usus geworden sind, weil Treiber den stabilen Betrieb eines Systems massiv gefährden können. Ein x64-Windows etwa lädt in der Standardkonfiguration lediglich Treiber mit einer Signatur, für die Hersteller ihre Treiber durch eine Test-Suite von Microsoft schleusen müssen.



Die Kernel-Entwickler stufen stabile Treiberschnittstellen, die sich manche Linuxer als Heilsbringer herbeisehnen, als Unsinn ein.

Unter Windows war auch die Treibereinrichtung und -pflege lange mühsam, bis Microsoft begann, Treiber via Windows Update auszuliefern und automatisch zu konfigurieren. Linux mit seinem Bundling der Treiber war auch hier ein Vorreiter. Stabile Treiber-Andockpunkte würden den etablierten Ansatz aushebeln. Dadurch müssten sich Nutzer dann vermutlich so manchen Treiber selbst irgendwo herunterladen, den sie bislang mit dem Kernel immer frei Haus bekommen. Natürlich ließe sich ein mit Windows Update vergleichbarer Verteilmechanismus schaffen – das würde aber Zeit und Geld kosten und bräuchte Rückendeckung und Zusammenarbeitswillen von Distributoren und Treiberautoren.

Schuld bei Distributoren?

Auch bei Linux-Distributoren kann man Schuld suchen, wie der optimale Allround-PC zeigte. Bei Fedora 33 war das Problem mit dem Netzwerktreiber für den Realtek-Chip recht leicht zu beheben, beim parallel fertig gestellten Ubuntu 20.10 wird es hingegen schnell schwer und zeitraubend. Bei den Nicht-LTS-Ausgaben von Ubuntu oder Debian GNU/Linux sind solche Probleme vorprogrammiert, schließlich bleiben ihre Kernel bei der normalen Systemaktualisierung immer auf derselben Versionslinie. Da in diese normalerweise nie neue oder signifikant verbesserte Treiber einfließen, bleibt die Hardware-Unterstützung dort weitgehend auf dem-

Stabile Treiberschnittstellen sind Kokolores

„Stable API Nonsense“ – so heißt eine Datei in der Dokumentation des Linux-Kernels, in der die Entwickler umreißen, warum sie stabile Treiberschnittellen für Unsinn halten [2]. Die Kurz- und Grobform: Es erleichtert Entwicklung und Pflege ungemein, die Treiber und den Rest des Kernels in einem Quellcodebaum zusammen voranzutreiben, ohne stabile Treiber-APIs (Application Programming Interfaces) zu pflegen.

Der schon ältere Text stammt maßgeblich von Greg Kroah-Hartman, heute zweitwichtigster Linux-Entwickler. Er führt an, dass sich der Linux-Kernel enorm schnell weiterentwickle und dabei immer wieder Fehler und Schwächen gefunden würden – auch bei den Schnittstellen, über die im Kernel enthaltene Treiber mit anderen Teilen des Kernels interagieren. Solche Dinge können die Entwickler im Handumdrehen korrigieren, weil sie Treiber und Andockstellen parallel ändern können, ohne Rücksicht auf Abwärtskompatibilität nehmen zu müssen.

Selbst tiefgreifende Korrekturen und Verbesserungen können die Entwickler so jederzeit vornehmen. Das war beim USB-Stack schon mehrere Male nötig: Einmal etwa, um ein böses Performanceproblem loszuwerden, mehrfach, um den Code an die Bedürfnisse einer neuen USB-Generation anzupassen. Sofern dabei keine Flüchtigkeitsfehler passieren, bekommen Anwender davon nichts mit: Sie erhalten mit einem frischen Kernel einfach Verbesserungen, die sonst ein erweitertes oder neues Treiber-API erfordert hätten. Mit einem solchen hätten sie von den Verbesserungen bestenfalls erst nach Monaten oder Jahren profitiert, wenn Autoren ihre externen Treiber angepasst und verteilt hätten.

Der Ansatz erleichtert zudem das schnelle und effektive Beseitigen von Sicherheitslücken, denn solche stecken manchmal im Design von Programmierschnittstellen.

Ein stabiles API reicht ohnehin nicht, damit Hersteller ihre Treiber so zum Download anbieten könnten, dass sie unter dem Gros aktueller und zukünftiger Linux-Distributionen arbeiten. Denn dem Kernel fehlt neben einem API auch ein ABI (Application Binary Interface) für Treiber. Selbst mit einem stabilen API müssten Hardwarehersteller ihre Treiber daher für jeden Distributionskernel einzeln kompilieren. Das wäre enorm aufwendig und führt laut Kroah-Hartman schnell in den Wahnsinn, wie er selbst erfahren musste.

Der Text nennt weitere Details und reißt noch andere Gründe an – etwa den geringeren Testaufwand, weil man nicht unzählige mögliche Kombinationen aus Treibern und Kernel-Versionen testen muss. Aber die Argumente werden längst nicht jeden überzeugen. In seinen ersten Linux-Jahren hätten sie auch den Autor dieser Zeilen nicht umgestimmt. Doch je mehr er über Linux gelernt hat, desto mehr haben sich ihm die großen Vorteile des bei Linux praktizierten Modells offenbart, die sich erst bei genauerem Hinsehen zeigen.

Und egal, wie man zu der Sache steht, eins ist klar: Linux hat in den letzten dreißig Jahren viele Bereiche für sich erobert und dominiert manche sogar. Laut dem Text der Kernel-Entwickler ist das gerade der Herangehensweise mitzuverdanken, Kernel- und Treiber-Code beisammenzuhalten und auf ein stabiles Treiber-API zu verzichten.

selben Stand. Deshalb unterstützt beispielsweise das im Juli 2019 veröffentlichte Debian GNU/Linux 10 viele Chips eher schlecht, die in neueren Desktop-PCs und Notebooks stecken.

Bei den erwähnten Distributionen ist es über die standardmäßig aktiven Paket-Repositories auch nicht möglich, einen frischen Kernel einzuspielen. Anwender, die die dort enthaltenen Treiber zur Unterstützung ihrer Hardware brauchen, stehen dadurch oft im Regen. Sie müssen dann die allerwichtigste Komponente der Distribution aufgeben und einen frischeren Kernel aus einer anderen Quelle herbeischaffen. Das können Backport-Repositories der Distributoren sein, die allerdings dort meist keine Security-Updates garantieren; alternativ helfen oft Paketdepots, die unabhängige Entwickler pflegen.

Derlei einzubinden und Kernel von dort zu installieren erfordert allerdings Know-how. Es können zudem Folgeprobleme auftauchen, etwa dass andere Pakete der Distribution mit einem neueren Kernel nicht harmonieren. So war es bei Ubuntu 20.10 auf dem optimalen Allround-PC 2021 der c't, für den man einen passenden Netzwerktreiber über einen neueren Kernel einrichten konnte, der dann allerdings nicht mit dem von Ubuntu bereitgestellten Nvidia-Treiber harmonierte.

Bei nicht im Kernel steckenden Treibern verfahren die genannten Distributoren übrigens genauso. Zu den wenigen relevanten Treibern dieser Art gehören die quelloffenen OpenGL- und Vulkan-Treiber zur 3D-Beschleunigung mit Grafikchips von AMD und Intel, daher sind diese meist einen Tick älter als die jeweilige Distribution. Dadurch fehlen neben dem Support für aktuelle GPUs auch Anpassungen und Performance-Optimierungen, um das Zusammenspiel mit zwischenzeitlich erschienenen 3D-Spielen zu verbessern.

Bei LTS-Ausgaben von Ubuntu versucht Canonical das Dilemma mit einem „Hardware Enablement Stack“ zu mildern, der einen aktuelleren Kernel und neue Grafiktreiber umfasst. Er ist optional, wenn die Installation mit 20.04-Images erfolgt; bei ISOs mit Ubuntu Desktop 20.04.2 und neuer ist er Standard. Dieser „HWE-Stack“ hinkt der Zeit aber auch um einiges hinterher, daher wird erst der HWE-Stack des im August 2021 erwarteten Ubuntu 20.04.3 den Netzwerkadapter des Allround-PCs unterstützen.

Zum Vergleich: Rolling-Release-Distributionen wie Arch Linux oder openSUSE Tumbleweed unterstützen den Netzwerkadapter bereits seit November von Haus aus, denn seitdem liefern sie Linux 5.9 mit. Nicht nur der Kernel, auch die 3D-Treiber sind dort immer auf der Höhe der Zeit. Ähnlich ist es bei Fedora, da es eine moderatere Update-Politik fährt als Ubuntu.

Was tun?

Für PCs mit besonders neuen Bauteilen und PC-Gamer sind daher Distributionen meist die beste Wahl, die Kernel und 3D-Treiber auf einem aktuellen Stand halten. Das hilft aber keinen Deut, wenn selbst aktuellen Kerneln ein benötigter Treiber fehlt. Solche Situationen umgehen Sie am besten beim Kauf, indem Sie sich an Hardware von Herstellern halten, die sich im Rahmen der Linux-Kernel-Entwicklung um Treiber kümmern. Die sind leider nirgends zentral verzeichnet, daher müssen Sie dazu eine Internet-Suche zur Hilfe nehmen. (ktn) c't

Literatur

[1] Thorsten Leemhuis, **Fast gut**, Linux auf dem optimalen PC 2021, c't 3/2021, S. 158

[2] Linux-Kernel-Projekt, Greg Kroah-Hartman, The Linux Kernel Driver Interface, https://www.kernel.org/doc/Documentation/process/stable-api-nonsense.rst



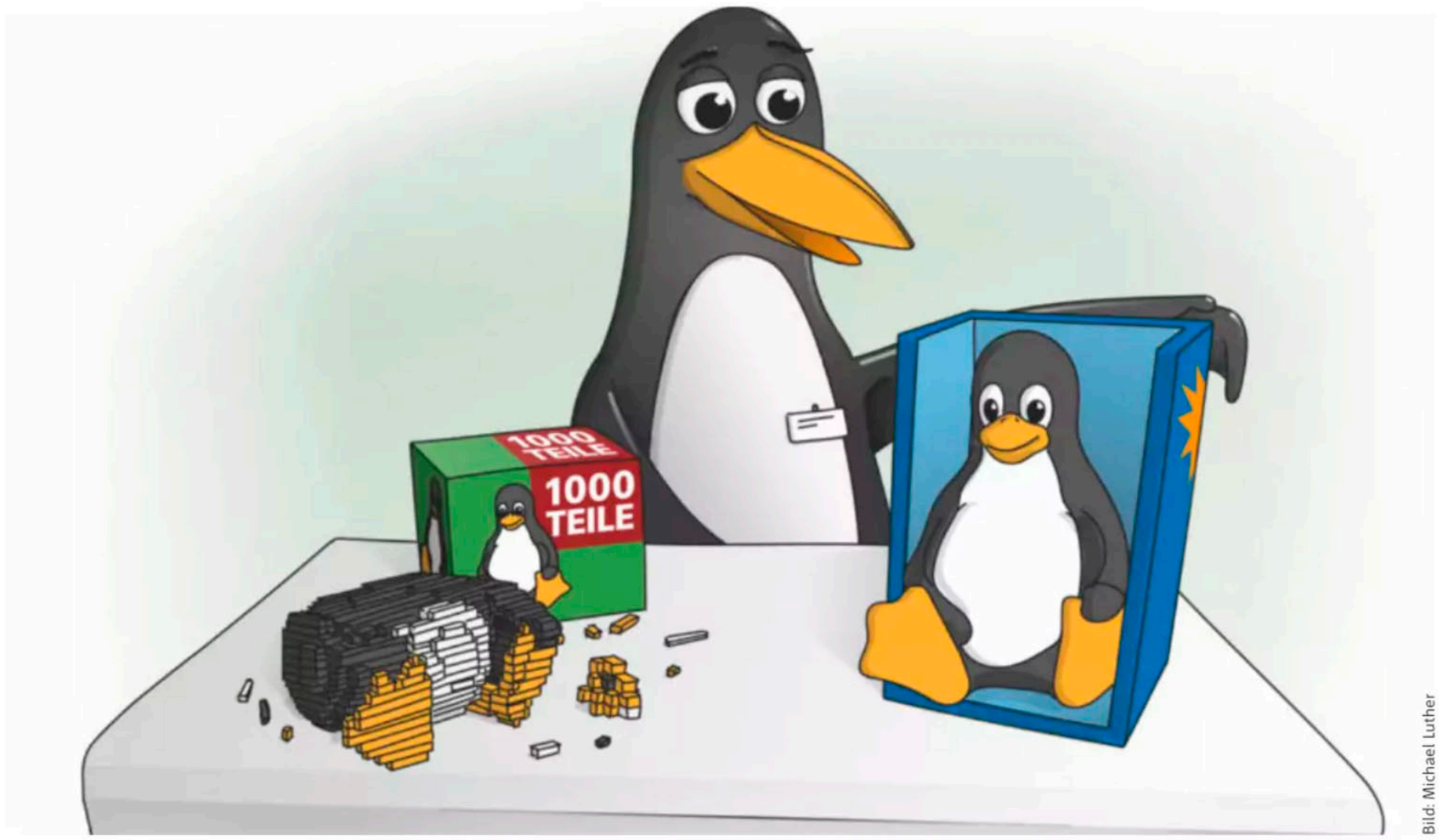


Bild: Michael Luther

Robuster aufgebaute Distributionen

Sorgenfreie Updates von Programmen und Betriebssystem: Das versprechen zwei Distributoren, die Linux attraktiver für Notebooks und Desktop-PCs machen wollen. Dazu setzen sie auf eine neue und pfiffige Herangehensweise, die aber auch gewöhnungsbedürftig ist.

Von **Thorsten Leemhuis**

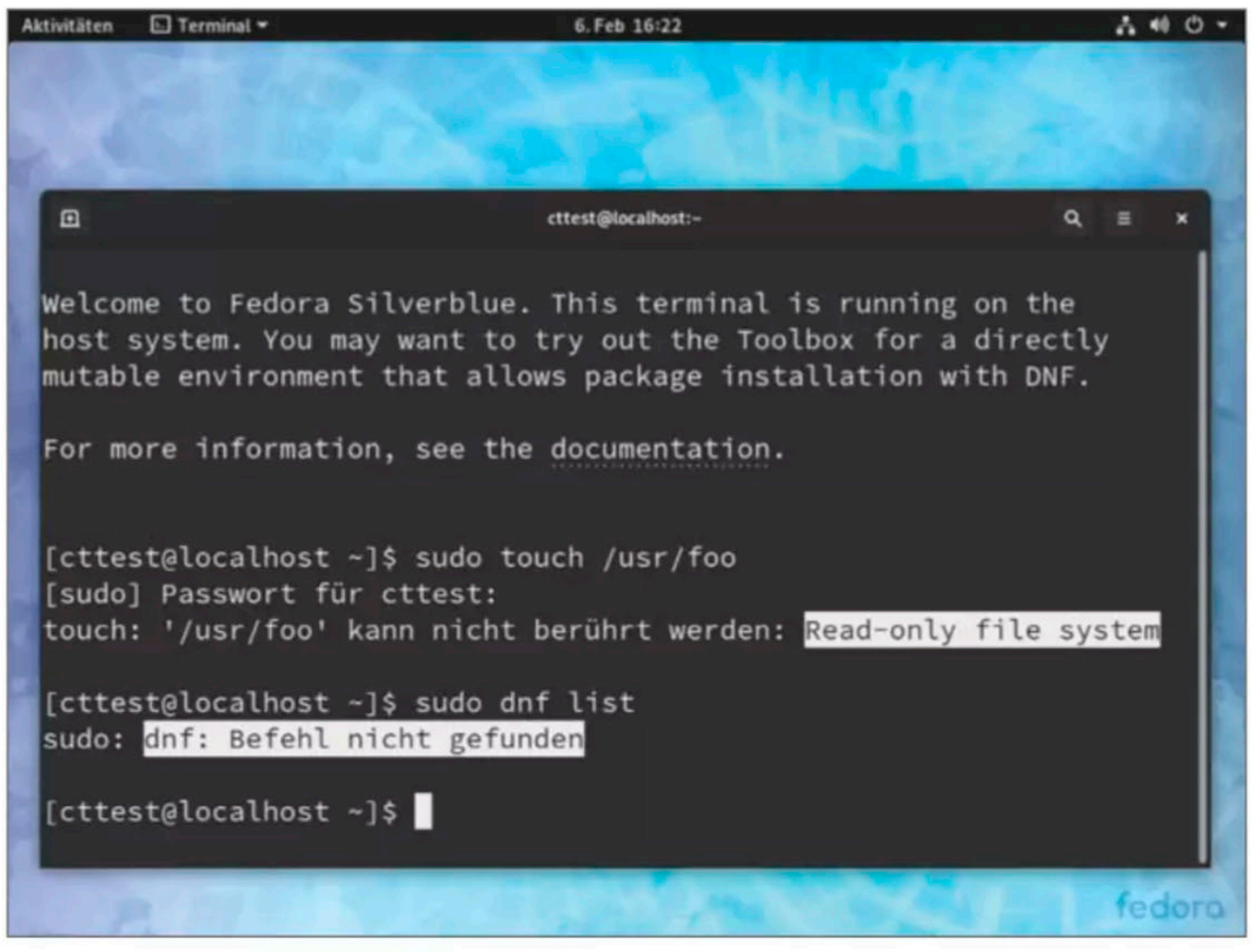
Eine schreibgeschützte Betriebssystemumgebung, Container-artige Pakete zur Anwendungsinstallation und Neustarts zur Systemaktualisierung – das sind die Eckdaten von zwei Linux-Distributionen, die einige alteingesessener Linuxer als riesigen Rückschritt betrachten dürften. Doch genau mit diesen Eigenschaften wollen Endless OS und Fedora Silverblue den Linux-Desktop voranbringen und damit neue Nutzergruppen erschließen. Mit ihrer frischen Herangehensweise vermeiden die beiden dabei eine Reihe altbekannter Probleme, die Linux-Anwendern den Alltag manchmal gehörig schwer machen.

Das Debian-basierte Endless und das als Vorabversion eingestufte Fedora Silverblue versprechen vor allem Hakeleien aus der Welt zu schaffen, die beim Installieren oder Aktualisieren von Betriebssystem oder Anwendungen auftreten. Dazu nutzen sie eine grundlegend neue Herangehensweise: Sie setzen die Betriebssystemumgebung nicht beim

Anwender aus Paketen zusammen, wie man es von vielen Distributionen kennt; stattdessen werden die zwei als großes, Image-artiges Bündel ausgeliefert, das bereits der Distributor aus Debian- oder RPM-Paketen zusammengesetzt hat. Beim Installieren der zwei Distributionen kann man daher die Software-Ausstattung auch nicht beeinflussen.

Das hat einen unsichtbaren, aber signifikanten Vorteil, der schon Docker Containern mit zum Durchbruch verholfen hat: Der Distributor kann das Bündel exakt so auf Herz und Nieren testen, wie Anwender es später nutzen. Um diesen Vorteil auch nach der Systemaktualisierung zu wahren, beseitigen die zwei Distributoren selbst Fehler und Sicherheitslücken nicht über Paket-Updates. Stattdessen schnüren beide neue Bündel – ähnlich wie man Container-Images oftmals neu baut, statt sie über Paket-Updates zu aktualisieren.

Anders als bei Container-Images passiert das aber nicht mit übereinandergelegten Dateisystemen; vielmehr stellen clevere, vom Quellcodeverwaltungssystem Git bekannte Tricks sicher, dass der Anwender für Fehlerkorrekturen nicht Gigabytes an Daten herunterladen muss, sondern nur veränderte Dateien.



Die Betriebssystemumgebungen sind bei Endless OS und Fedora Silverblue schreibgeschützt, daher fehlen Paketmanager oder arbeiten allenfalls eingeschränkt.

Damit diese Tricks greifen und Anwender das Bündel idealerweise exakt wie getestet verwenden, binden beide Distributionen die größtenteils im `/usr/`-Verzeichnis liegende Betriebssystemumgebung schreibgeschützt ein. Das zwingt Anwender zum Umdenken, denn nur `/etc/` und `/var/` sind beschreibbar. Orte wie `/home`, `/usr/local` sind in Wirklichkeit symbolische Links auf Verzeichnisse wie `/var/home/` oder `/var/usrlocal/`.

Neustart zum Update

Eine Aktualisierung des Betriebssystems gelingt bei diesem Ansatz nicht zur Laufzeit, daher muss man zum Update neu starten. Für manchen Anwender dürfte das wie Hochverrat klingen, schließlich hängt Linux der Ruf an, man müsse es für Updates oder Konfigurationsänderungen so gut wie nie rebooten.

Moderne Distributionen werden diesem Ruf aber ohnehin nicht vollends gerecht: Anwendungen können abstürzen oder ins Straucheln geraden, wenn Paketmanager wie `apt` oder `dnf` im Hintergrund die Pakete aktualisieren, die Dateien und Bibliotheken gerade laufender Anwendungen enthalten. Das passiert zwar nur selten, aber hin und wieder eben doch – insbesondere bei komplexer Software wie Desktop-Umgebungen, X-Server, LibreOffice, Thunderbird oder Firefox.

Paket-Updates im Betrieb können daher sogar zu Datenverlust führen, wie es dem Autor vereinzelt auch schon passiert ist. Einige klassische Linux-Distributionen spielen Updates daher standardmäßig nicht mehr zur Laufzeit ein. Fedora Workstation etwa lädt aktualisierte Pakete im Betrieb herunter und richtet sie beim nächsten Startvorgang ein; dabei muss man sich eine Weile gedulden, was ähnlich nerven kann wie bei Windows.

Update im Hintergrund

Endless OS und Fedora Silverblue lösen das eleganter: Während man das System normal verwendet, bereitet das Update-Programm die aktualisierte Betriebssystemumgebung im Hintergrund komplett vor. Beim nächsten Herunterfahren wird dann nur noch von der alten auf die aktualisierte Umgebung umgestellt. Das erfolgt in einem Sekundenbruchteil und „atomar“ (atomic), passiert also entweder ganz oder gar nicht.

Das macht den Update-Prozess äußerst robust und vermeidet Tücken von Distributionen, die mit Paketen arbeiten. Denn mit `apt` oder `dnf` kann ein

inkonsistenter Zustand entstehen, wenn ein Absturz, Stromausfall oder ähnliches ihre Arbeit überraschend unterbricht. Die zwei Paketmanager versuchen, diese Situation beim nächsten Aufruf selbst zu bereinigen. Bei einigen Distributionen klappt das gut, bei anderen hakt es manchmal. Aber so oder so: Linux-Experten können mit ein paar geübten Handgriffen in wenigen Minuten für Ordnung sorgen. Weniger erfahrene Anwender haben mit solchem Durcheinander aber manchmal schwer zu kämpfen; gelegentlich so sehr, dass sie aufgeben und das Betriebssystem neu installieren.

All das vermeidet der Update-Mechanismus von Endless OS und Fedora Silverblue, der darüber hinaus noch einen weiteren Clou hat: Beim Upate bleibt die vorherige Betriebssystemumgebung einsatzbereit erhalten. Sollte die aktualisierte irgendwie unrund oder gar nicht laufen, kann man das System über den Bootmanager anweisen, einmalig den alten Betriebssystemstand zu nutzen. Über das Kommando `rpm-ostree rollback` kann man Silverblue auch anweisen, diesen wieder zum Standard zu machen. Das nimmt Updates und Upgrades der Distribution den Schrecken, daher aktualisiert sich Endless OS standardmäßig sogar automatisch.

Durch den Image-artigen Ansatz mit einer „Libostree“ genannten Software gelingt ein Rollback mit gängigen Linux-Dateisystemen wie Ext4. Das unterscheidet den Ansatz zu der vor Jahren eingeführten Rollback-Funktion von openSUSE und SUSE: Sie hängt am Btrfs-Dateisystem, mit dem die Distributionen vor und nach Updates jeweils Snapshots der Betriebssystemumgebung erzeugen. Canonical ist dabei, bei Ubuntu über ZoL (ZFS on Linux) etwas ähnliches zu realisieren.

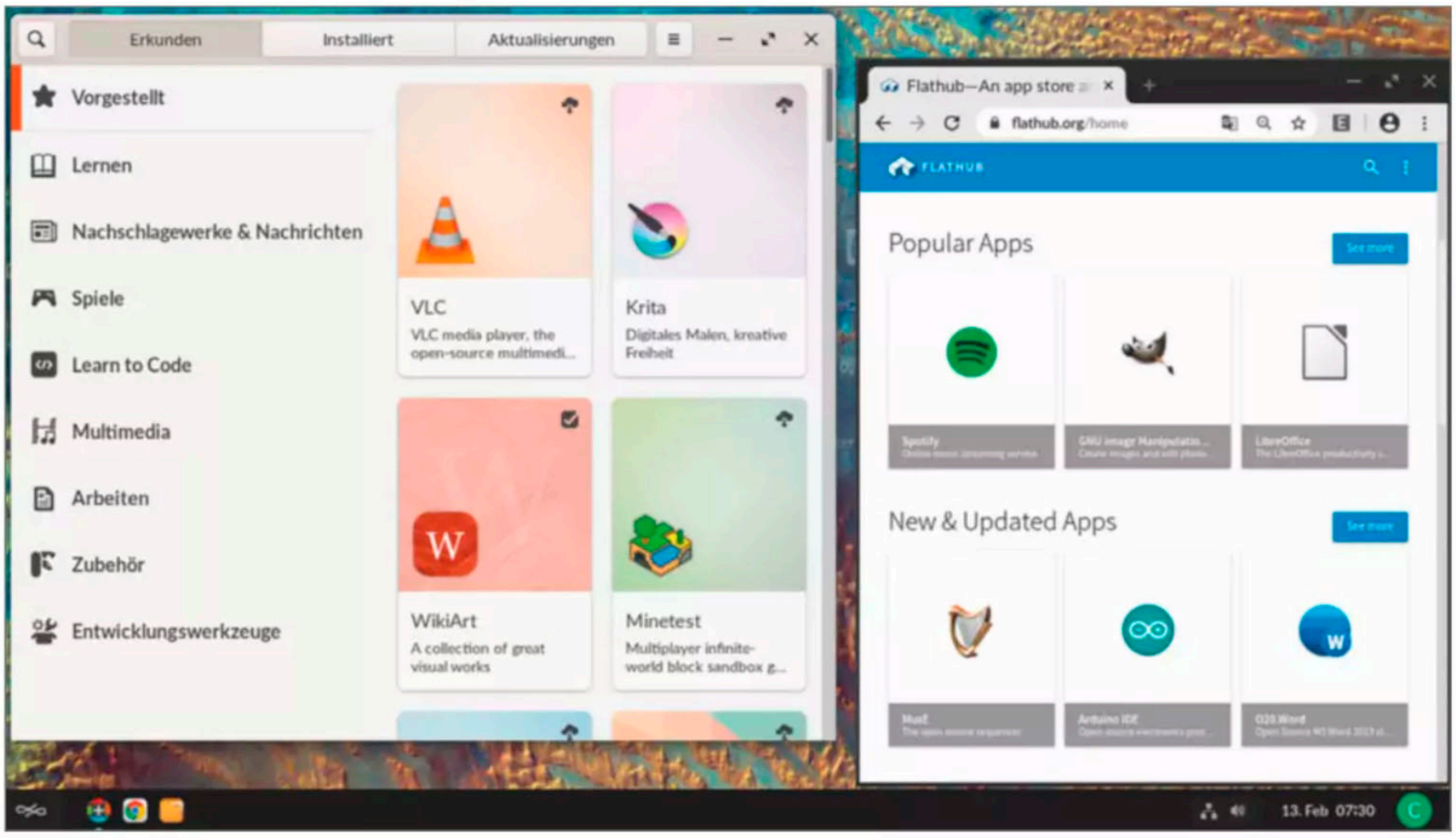
Mit den Schnappschüssen von SUSE und openSUSE gelingt zudem etwas nicht, das Fedora Silverblue beherrscht: Verschiedene Versionen einer Distribution innerhalb einer Partition parallel einzurichten und wechselweise zu nutzen. So kann man selbst ein neues oder noch unfertiges Distributions-Release gefahrlos ausprobieren.

Alltagstauglich?

Die Betriebssysteme Endless OS und Fedora Silverblue eignen sich unter bestimmten Bedingungen durchaus schon für den täglichen Einsatz, sind aber vorerst noch nicht massentauglich.

Endless OS schlägt sich wacker und könnte besonders für eher technikscheue Anwender attraktiv sein – also solche, die ein eher simples und robustes Betriebssystem suchen, um damit vornehmlich im Web zu surfen, Büroarbeiten zu erledigen oder mal ein einfaches Spiel zu zocken. Die kostenlose Distribution bringt genau für diese Zielgruppe viele Anwendungen mit und bietet eine simple, auf Gnome basierende Bedienoberfläche. Endless OS fehlt aber etwas, das just solche Nutzer im hiesigen Markt erwarten: Eine durchgängig deutsche Lokalisierung der Bedienoberfläche und der großen Anwendungen. Das Manko ist den Prioritäten der Firma hinter Endless OS geschuldet, die mit ihrem Betriebssystem vor allem auf Schwellenländer zielt; als voll unterstützt gelten daher derzeit nur Englisch, Indonesisch, brasilianisches Portugiesisch, Spanisch, Thai und Vietnamesisch. Deutsch ist nicht mal in der Liste der vier weiteren Sprachen, die weitgehend unterstützt werden.

Fedora Silverblue taugt ebenfalls bereits für vieles. Kein Wunder, schließlich ist es im Kern nur eine andere Auslieferungsform der mit Paketen arbeitenden Fedora Workstation. Im Vergleich dazu ist die standardmäßig verfügbare Software-Auswahl bei Silverblue aber mickrig, wenn man nicht ständig die Overlay-Funktion bemühen will. Außerdem unterstützt Silverblue bislang keine separate Home-Partition oder Dual-Boot. Viele Anwendungen, die man über das standardmäßig eingerichtete Flatpak-Repository von Fedora installiert, zeigen nur eine englische Bedienoberfläche. Sprich: Es fehlt noch allerlei Feinschliff, daher scheint es durchaus angebracht, dass Silverblue noch als „Vorschau“ und „aufkommende Fedora-Edition“ gilt. Die Entwickler gehen die Mängel bereits nach und nach an, denn sie haben ein ehrgeiziges Ziel: Fedora Silverblue soll Hauptausgabe des Projekts werden und Fedora Workstation beerben, das bislang Aushängeschild der Fedora-Distributionsfamilie ist.



Anwendungen installiert man beim Debian-basierten Endless OS und Fedora Silverblue normalerweise über Flatpaks vom Distributor oder von Flathub.

Reviere

Der Paket-Manager `apt` ist bei Endless OS zwar dabei – die schreibgeschützte Einbindung der Betriebssystemumgebung kastriert ihn aber auf Abfragetätigkeiten. Aus eben diesem Grund installiert Fedora Silverblue `dnf` erst gar nicht. Nutzer sollen optionale Software bei beiden Distributionen stattdessen mit Flatpaks nachrüsten. Dieses bei allen gängigen Desktop-Distributionen nutzbare Paketformat installiert ohnehin alles in `/var/` oder `/home/`. Endless OS richtet einige so gepackte Anwendungen sogar standardmäßig ein. Weitere gibt es über die Software-Verwaltung, die auf ein hauseigenes und gut bestücktes Flatpak-Repository zugreift. Ein solches hat auch Fedora, aber derzeit enthält es nur wenige, aus den Fedora-Quellen gebaute Flatpaks. Bei Endless OS ist der bekannte, unabhängige und gut gefüllte Appstore „Flathub“ vorkonfiguriert, den man bei Fedora selbst einbinden muss.

Der Fokus auf Flatpaks verspricht Anwendern mehr Flexibilität bei Programmversionen. Bei ordentlich betreuten Flatpak-Repositories kann der Nutzer bei jedem Programm individuell entscheiden, ob er eine Vorabfassung der nächsten Version, die gerade aktuelle oder die neueste mit Langzeitpflege nutzen will.

Flatpaks ist zudem das zugrunde liegende Betriebssystem weitgehend gleichgültig: Ähnlich wie über Docker, LXC, Podman & Co. eingerichtete Container bringen Flatpaks außer einem Kernel alles mit, was die jeweilige Anwendung braucht. Endless OS und Fedora Silverblue vermeiden so Abhängigkeitsprobleme beim Installieren und Aktualisieren von Software, wie sie mit Paketmanagern vieler Linux-Distributionen auftreten können.

Anders als `apt` und `dnf` kann Flatpak installierte Programme zudem gefahrlos im Betrieb aktualisieren. Genau wie Endless OS und Fedora Silverblue bietet das Paketformat außerdem eine Rollback-Möglichkeit, falls ein aktualisiertes Flatpak mal bockt. Genau wie die zwei Distributionen realisiert auch Flatpak das mit Libostree, das seine Entwickler auch als „Git für Betriebssysteme“ bezeichnen.

Neben diesen und weiteren Vorteilen haben Flatpaks natürlich auch Nachteile, beispielsweise einen potenziell höheren Platzverbrauch; oft ist der aber viel kleiner, als gedacht. Details dazu liefern frühere c’t-Artikel zum Paketformat [1, 2].

Beim Rollback von Flatpaks, Endless OS und Fedora Silverblue bleiben Daten außen vor, die Software in `/etc/`, `/home/` oder `/var/` schreibt. Das kann zu Problemen führen, wenn eine neue Programmversion dort liegende Daten auf eine Weise verän-

dert, mit der die ältere Version nicht klarkommt. In der Praxis kommt das selten, aber hin und wieder eben doch vor – wer auf Nummer sicher gehen will, sollte daher vor großen Upgrades weiterhin ein frisches Backup erzeugen.

Konzeptbruch

Nvidias proprietäre Grafiktreiber lassen sich nicht via Flatpak nachrüsten: Sie werden in der Betriebssystemumgebung gebraucht, damit sie früh im Startprozess zur Verfügung stehen. Endless OS enthält die Treiber daher direkt.

Für die Fedora-Macher ist das keine Option, denn ähnlich wie Debian beschränken sie sich bewusst auf Open-Source-Software. Deshalb bietet Silverblue etwas, das Endless OS fehlt: „Package Layering“, mit dem sich klassische Pakete in der Betriebssystemumgebung nachinstallieren lassen. Das geht allerdings nicht über `dnf install`, sondern mithilfe von `rpm-ostree install`. Davon abgesehen ähnelt die Installation von Nvidias Treibern aber sehr einem klassischen Fedora: Hier wie dort gilt es, zuerst ein RPM-Paket mit der Definition des RPM-Fusion-Repository einzuspielen, bevor man von dort ein Paket mit Nvidias Treiber nachrüstet. Bei Silverblue muss man allerdings nach dem Einrichten der Repository-Definition neu starten, denn wie beim Update wird erst da auf die neue Umgebung umgeschaltet, in der das Paket mit der Repository-Definition installiert wurde.

Zur Installation des Nvidia-Treibers braucht man daher nicht nur einen, sondern zwei Neustarts. Der erste Reboot lässt sich prinzipiell über ein experimentelles Feature vermeiden, das direkt nach Installation eines RPMs auf die neue Betriebssystemumgebung umschaltet; so ein Vorgehen hat aber einige bekannte Risiken, daher ist noch nicht absehbar, ob dieser Ansatz das Versuchsstadium je verlassen wird.

Für Experimente, Fehlersuche oder Distributionsentwickler ist `rpm-ostree usroverlay` gedacht, mit den man die Betriebssystemumgebung im Betrieb verändern kann. Die Änderungen sind aber nicht persistent – sie gehen mit dem nächsten Reboot verloren.

Werkzeugkasten

Über `rpm-ostree` kann man auch den Dropbox-Client, Audio- und Video-Codecs sowie andere Software in der Betriebssystemumgebung von Silverblue nachrüsten, wenn man diese dort braucht. Darüber lassen sich sogar einzelne Pakete aktualisieren oder deinstallieren, mit denen das Fedora-Projekt die Distribution zusammengesetzt hat. Wenn dabei etwas durcheinandergerät, kann man mit `rpm-ostree reset` alle Erweiterungen leicht verwerfen und das Betriebssystembündel wieder exakt so nutzen, wie Fedora es ausgeliefert.

Zur Software-Entwicklung sind Neustarts bei jeder Paket-Installation viel zu umständlich, daher bietet Silverblue für diesen Einsatzzweck etwas anderes: Die „Toolbox“, die abgeschottet eine klassische Umgebung inklusive `dnf` bereitstellt. Dieser Bereich ist letztlich ein Container, den man durch das simple Kommando `fedora-toolbox create` erzeugt und danach mit `fedora-toolbox enter` betritt. Dort kann man schalten und walten, wie von Fedora gewohnt – etwa grafische Anwendungen über den Paketmanger installieren und anschließend ausführen. Durch die Abschottung braucht man dabei nicht zu fürchten, das Host-System zu stören. Und sollte man eine Toolbox zerfrickeln, kann man leicht mit einer frischen von vorn beginnen. Mehrere Toolboxen lassen sich sogar nebeneinander betreiben, etwa für Entwickler, die parallel an verschiedenen Projekten arbeiten.

Platzbedarf

Das Bereithalten der zuletzt genutzten Betriebssystemumgebung zum Rollback frisst naturgemäß Speicherplatz: Direkt nach der Installation belegte Silverblue 31 auf einem Testsystem zirka 4,7 GByte, nach der ersten Systemaktualisierung schon 6,6 GByte. Dieses Update enthielt aber auch alle in vier Monaten aufgelaufenen Änderungen und war daher entsprechend groß. Bei sukzessiven Aktualisierungen kostete es deutlich weniger Platz, den vorherigen Betriebssystemstand für einen Rollback vorzuhalten. Den alten Stand kann man zudem per `rpm-ostreee cleanup -r` leicht von der Platte putzen.

Ein frisch installiertes Fedora Silverblue 31 fällt so klein aus, weil es abseits von Dateimanager, Firefox und Software-Verwaltung kaum grafische Anwendungen mitbringt – selbst Editor, PDF-Betrachter und Taschenrechner von Gnome fehlen. Das eng verwandte Fedora Workstation 31, das diese und weitere Programme über RPMs vorinstalliert, belegt direkt nach der Installation 5,5 GByte, also 800 Megabyte mehr. Das Blatt wendete sich aber, nachdem der Autor die von ihm typischerweise verwendeten Anwendungen nachrüstete: Evince, Gedit,

openSUSE experimentiert

Ein paar bekannte Entwickler des openSUSE-Projekts arbeiten seit einer Weile an einem „MicroOS Desktop“ genannten Betriebssystem, dessen Herangehensweise der von Endless OS und Fedora Silverblue ähnelt. Diese Desktop-Distribution ist allerdings derzeit noch im Alpha-Statium. Außerdem ist es noch unkar, ob daraus je eine offizielle openSUSE-Ausführung wird.

Der Ansatz ist eine Erweiterung von openSUSE MicroOS, einem recht kleinen und zum Betrieb von Container-Hosts ausgelegten Betriebssystem. Das aus Paketen von openSUSE Tumbleweed entstehende MicroOS setzt voll auf „transactional Updates“, die Tumbleweed und Leap nur bei der Installationsvariante „Server“ beherrschen. Auch bei diesem Verfahren ist die Betriebssystemumgebung schreibgeschützt und die Systemaktualisierung erfolgt auch dort ganz oder gar nicht.

Anders als bei Endless OS und Fedora Silverblue verwaltet aber nicht Libostree die Betriebssystemumgebung. Stattdessen setzt openSUSE auf die vom Projekt ohnehin viel genutzte und tief integrierte Snapshot-Funktion des Btrfs-Dateisystems: Zur im Hintergrund vorgenommenen Aktualisierung erzeugt das Update-Programm einen neuen Schnappschuss des Subvolumes mit der Betriebssystemumgebung, den es dann beschreibbar einhängt und ganz klassisch über Pakete aktualisiert; beim nächsten Neustart wird dieser Snapshot dann schreibgeschützt eingebunden, während der bisherige zum Rollback erhalten bleibt.

Installation und Systemaktualisierung erfolgen somit nicht Image-artig über vom Distributor geschnürte und getestete Bündel, sondern wie gewohnt lokal mithilfe klassischer Pakete. Die häufigeren Neustarts stehen beim MicroOS-Ansatz trotzdem an, dafür lässt sich die Betriebssystemumgebung leichter und ähnlich wie gewohnt an eigene Bedürfnisse anpassen. Für Anwender dürfte sich die Herangehensweise daher nicht ganz so fremdartig anfühlen wie Fedora Silverblue. Die lokale Installation von MicroOS Desktop kann sich durch den Ansatz allerdings deutlich schneller von der Zusammenstellung entfernen, die der Distributor auf Herz und Nieren getestet hat. Auch ein Zurücksetzen auf den Auslieferungszustand ist nicht möglich.

Literatur

[1] Thorsten Leemhuis, **Universalpakete**, Flatpak und Snap sollen App-Installationen unter Linux revolutionieren, c't 17/2016, S. 154

[2] Thorsten Leemhuis, **Linux erfindet sich neu**, App-Formate sollen Softwareinstallation bei Linux revolutionieren, c't 13/2018, S. 72

Gimp, LibreOffice, Pidgin, Thunderbird und VLC. Fedora Workstation 31, wo wir die Anwendungen per `dnf` nachrüsteten, belegte dann 8,4 GByte; Silverblue, wo wir Flatpaks bemühten, nahm dann 8,7 GByte in Anspruch. Das war weniger als erwartet, und das obwohl dabei die Flatpak-Runtimes von Freedesktop, Gnome und KDE auf der Platte landeten; das sind aber auch die drei gängigen, daher ist der Overhead beim Installieren weiterer Flatpaks oftmals kleiner.

Attraktiv

Wie im Kasten „Alltagstauglich“ erläutert, arbeiten beide Distributionen schon recht ordentlich, sind aber noch nicht wirklich massentauglich. Selbst wenn sie es wären: Für fortgeschrittene Linux-Anwender, die Ansatz und Flexibilität klassischer Distributionen schätzen und Paketmanager zu meistern wissen, sind Endless OS und Fedora Silverblue eine eher schlechte Wahl. Gerade bei Ersteinrichtung und den ersten Gehversuchen fühlen sich die zwei Distributionen umständlich und starr an – unter anderem durch den Schreibschutz und die Neustarts, die für die Systemaktualisierung und Erweiterungen mit Package Layering nötig sind.

Mit etwas Feinschliff dürften die beiden Linux bald zugänglicher für Anwender machen, die sich nicht groß um ihr Betriebssystem scheren und sich möglichst wenig damit beschäftigen wollen. Das könnte Linux vor allem für Einsteiger attraktiver machen. Und wer weiß, mit weiteren Optimierungen überzeugt der Ansatz vielleicht mit der Zeit auch den ein oder anderen alten Hasen. Die brauchen sich durch die neue Herangehensweise auch nicht groß fürchten: Auch Endless OS und Fedora Silverblue entstehen schließlich aus Debian-respektive RPM-Paketen, daher werden diese wohl ebenso wenig aussterben wie klassisch damit gebaute Distributionen. (ktn) c't



Bild: Sven Hauth

Flatpak-Pakete selbst bauen

Einfache Softwareinstallation für alle Linux-Distributionen: Das Paketformat Flatpak hat viele Vorteile. Wie Sie selbst ein solches Softwarepaket bauen und bereitstellen, zeigen wir am Beispiel eines kleinen Newsfeed-Readers.

Von **Tim Schürmann**

Vorbei sind die Zeiten, in denen man für jede Distribution ein eigenes Softwarepaket schnüren musste. Um ein selbstgeschriebenes Programm für möglichst viele Linux-Varianten in ihren unterschiedlichen Versionen bereitzustellen, machen Sie daraus einfach ein Flatpak-Paket. Auf vielen Linux-Systemen – darunter Linux Mint – ist die Unterstützung für das Paketformat bereits vorhanden. Auf allen anderen lässt sie sich schnell nachrüsten.

Ein Flatpak bringt die für seinen Betrieb nötigen Bibliotheken mit und gerät so nicht in Konflikt mit bereits im System vorhandenen Versionen. Die Linux-Community treibt das Paketformat mit Unterstützung durch RedHat, das Fedora-Team und das Gnome-Projekt voran. Bereitgestellte Build-Tools helfen beim Verpacken selbstgeschriebener Software.

Rundum-sorglos-Paket

Neben der eigentlichen Anwendung enthalten Flatpak-Pakete alle Komponenten, die für den Start des Programms nötig sind – neben Bibliotheken auch Symbole und Grafiken. Lediglich der Linux-Kernel bleibt außen vor. Damit läuft die eingepackte Anwendung auf allen Distributionen, die das Flatpak-Format unterstützen. Im Gegenzug fallen die Pakete etwas größer aus als die Pendants aus den Paketquellen der Distributionen.

Um den Platzbedarf zu reduzieren, setzt Flatpak unter anderem auf sogenannte Runtimes. Diese Pakete enthalten häufig Komponenten, die in vielen Flatpaks zum Einsatz kommen, zum Beispiel die Gnome-Bibliotheken. Jedes Flatpak-Paket verwendet mindestens eine Runtime, von denen auch parallel mehrere in verschiedenen Versionen installiert sein dürfen. Als Entwickler haben Sie freie Wahl. Benötigt Ihr Programm weitere Bibliotheken, die in der Runtime fehlen, wandern diese ins Flatpak-Paket.

Damit sich Anwender die Pakete nicht einzeln per Hand aus dem Internet angeln müssen, gibt es Flatpak-Repositorys wie Flathub, das die Flatpak-Community betreibt. Aus diesem Repository beziehen die Paketverwaltungen auch die Runtimes. Um die Verfügbarkeit müssen sich Entwickler dabei kaum noch Gedanken machen: Die meisten aktuellen Distributionen binden das Flathub-Repository standardmäßig ein.

Abgeschottet

Die Programme in Flatpak-Paketen laufen abgeschirmt voneinander, jedes in einer eigenen Sandbox, die einem Docker-Container ähnelt: Das Programm sieht nur ein eigenes, minimales Linux-System und darf nicht ohne Weiteres auf die übrigen Ressourcen des Computers zugreifen. Flatpak setzt die Sandbox aus der gewählten Runtime und dem Inhalt des Flatpak-Pakets zusammen. Um die dabei im Hintergrund verwendeten Techniken müssen sich Entwickler nicht weiter kümmern. Falls Sie sich dennoch dafür interessieren, finden Sie weitere Informationen in [1] und [2].

Wie Sie beim Bauen von Flatpak-Paketen vorgehen, zeigen wir am Beispiel des Python-Skripts newsfeed.py. Um unser kleines Beispiel nachzuvollziehen, müssen Sie Python nicht beherrschen, die wenigen Zeilen des Skripts sind weitgehend selbsterklärend:

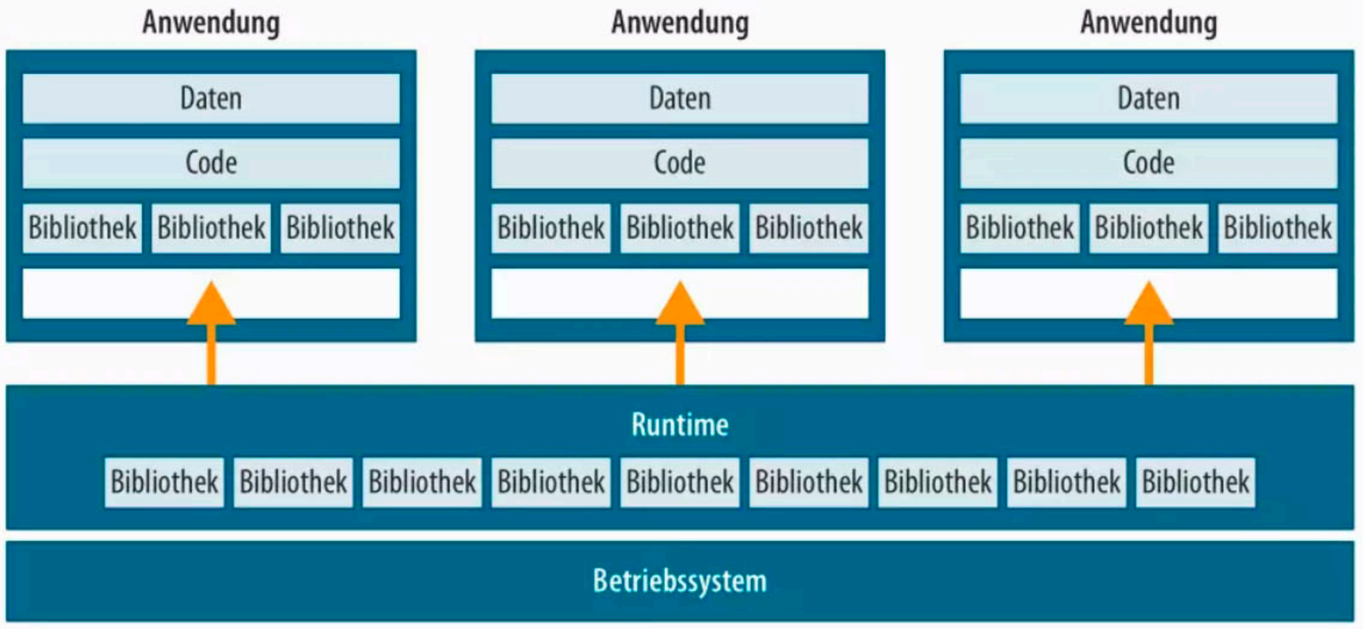
```
import feedparser
newsfeed = feedparser.parse("https://
↳www.heise.de/rss/heise-atom.xml")

for i in range(0,5):
  entry = newsfeed.entries[i]
  print(entry.title.encode(
    'ascii', 'replace'))
```

Dieser Code ruft den heise-online-Newsfeed ab und gibt die Überschriften der ersten fünf Meldungen aus. Dafür nutzt das Skript die Bibliothek feedparser, die daher im Paket nicht fehlen darf. Der Aufruf

So funktioniert Flatpak

Beim Flatpak-Paketformat liefert ein Runtime-Paket alle Basisbibliotheken. Alle weiteren nötigen Komponenten landen im jeweiligen Paket. Die Anwendungen selbst laufen voneinander abgeschottet.



`python3 newsfeed.py` startet den Feedreader, daher muss der Container auch eine Python-Umgebung bereitstellen.

Vorbereitungen

Um nun aus dem Feedreader ein Flatpak-Paket zu bauen, denken Sie sich zunächst einen eindeutigen Namen für Ihre Anwendung aus. Die App-ID muss dem Schema `org.Unternehmen.Appname` folgen. Ganz hinten steht der Name der Anwendung, in der Mitte der des Entwicklers. Die Flatpak-Macher empfehlen, die ersten beiden Bestandteile aus einem Domainnamen zu wählen, der dem Entwickler gehört. Im Folgenden soll die einzupackende Anwendung `de.ct.newsfeed` heißen.

Stellen Sie jetzt sicher, dass Ihre Distribution das Flathub-Repository anzapft:

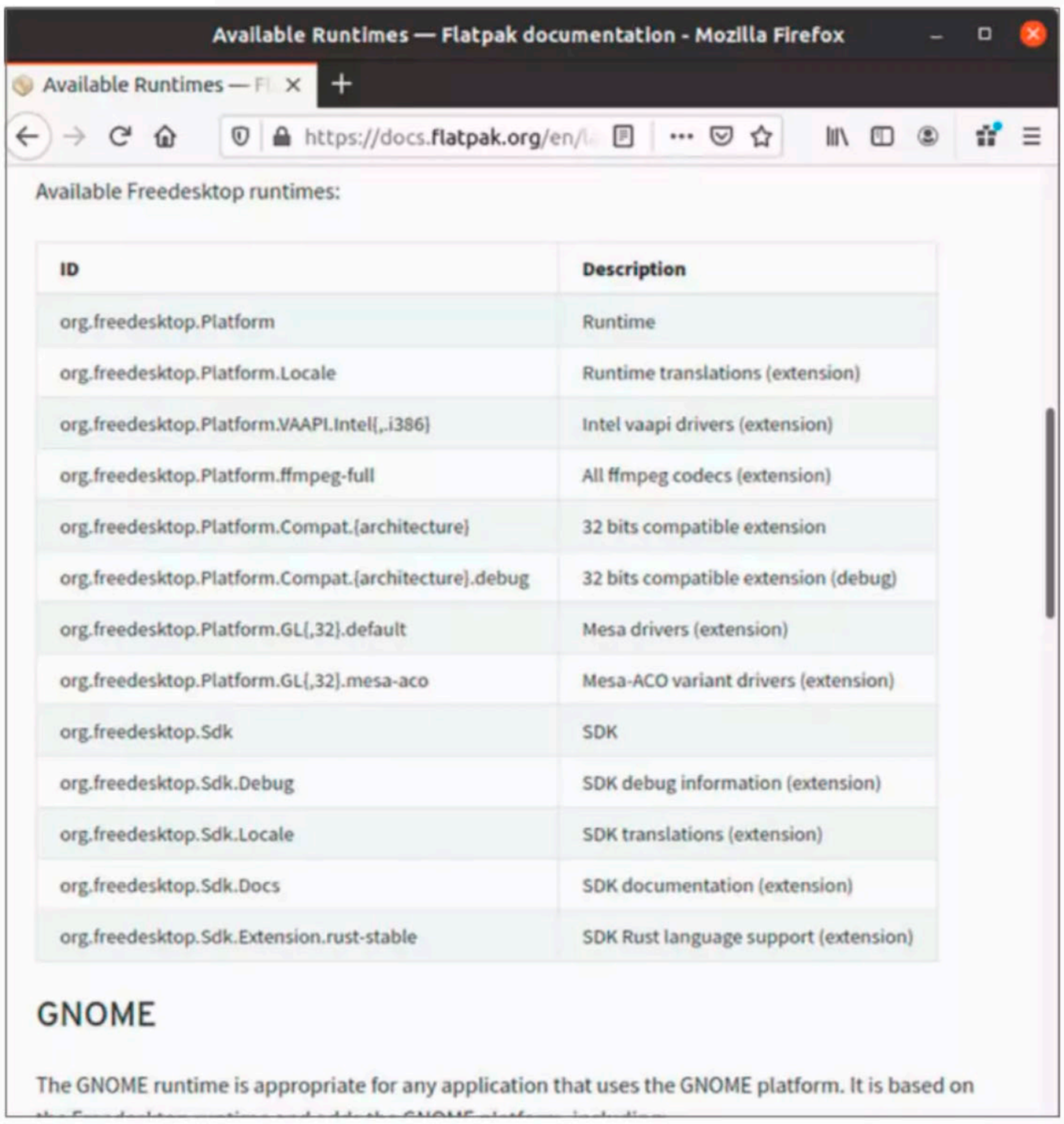
```
flatpak remote-add --if-not-exists ⏎
↳flathub https://dl.flathub.org/repo/ ⏎
↳flathub.flatpakrepo
```

Den Bau eines Flatpak-Pakets übernimmt das Werkzeug flatpak-builder. Bei den meisten Distributionen ist es entweder vorinstalliert oder lässt sich über die Softwareverwaltung hinzuholen – bei Ubuntu etwa über das Paket flatpak-builder. Alternativ installieren Sie das Werkzeug als Flatpak-Paket:

```
flatpak install flathub ⏎
↳org.flatpak.Builder
```

Runtime wählen

Als Nächstes muss eine passende Runtime her. Im einfachsten Fall genügt `org.freedesktop.Platform`,



Die Flatpak-Dokumentation nennt weitere verfügbare Runtimes, wobei die Listen jedoch nicht immer vollständig beziehungsweise aktuell sind.

das grundlegende Bibliotheken wie D-Bus, GLib, Gtk3, PulseAudio, X11, Wayland sowie eine Python-Umgebung bereitstellt. Die Runtime `org.gnome.Platform` richtet sich an alle Gnome-Entwickler, KDE-Plasma-Programmierer greifen zu `org.kde.Platform`.

Wollen Sie Ihre Anwendung auf eine bestimmte Version der Runtime festnageln, hängen Sie die Nummer getrennt von zwei Schrägstrichen an die App-ID. Mit `org.freedesktop.Platform//20.08` erhalten Sie daher die Version 20.08 der Runtime `org.freedesktop.Platform`.

Der flatpak-builder erstellt eine Sandbox mit der gewählten Runtime und übersetzt darin Ihren Quellcode. Um ein Programm zu kompilieren, gibt es zu jeder Runtime ein SDK mit allen Entwicklerdateien, Compilern und Debuggern. Wenn Sie also nicht gerade ein Shell-Skript in ein Flatpak-Paket packen möchten, brauchen Sie auch das SDK. Der folgende Befehl installiert sowohl die Runtime `org.freedesktop.Platform//20.08` als auch das zugehörige SDK:

```
flatpak install flathub ↵
↳org.freedesktop.Platform//20.08 ↵
↳org.freedesktop.Sdk//20.08
```

Infos im Manifest sammeln

Wie flatpak-builder ein Programm übersetzen soll, legen Sie in einer Manifest-Datei fest, die alle Einstellungen im JSON-Format enthält. Als Dateiname dient die App-ID mit der Endung `.json`. Im Beispiel heißt sie `de.ct.newsfeed.json`. Legen Sie die Datei neu an und speichern Sie sie im Projektverzeichnis. Das Listing auf Seite 166 zeigt den Dateiinhalt für unser Beispiel. Lassen Sie sich von der Fülle der Informationen nicht abschrecken – es sieht schlimmer aus, als es ist. Alternativ können Sie die Einstellungen auch im YAML-Format ablegen, die Flatpak-Dokumentation nutzt jedoch wie das Beispiel durchgehend die JSON-Notation.

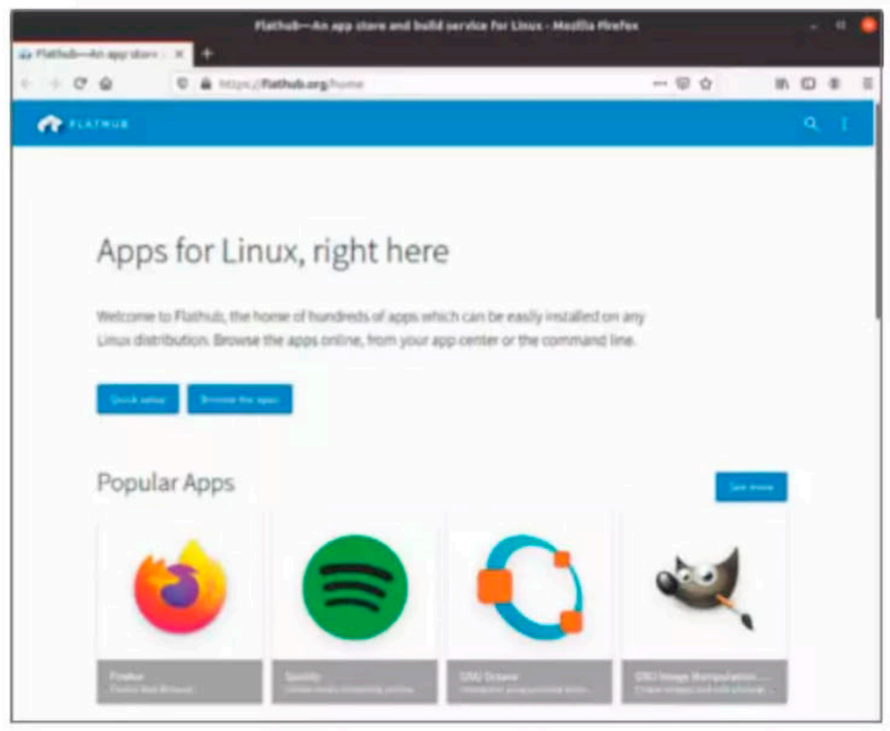
Die JSON-Datei enthält zuoberst einige grundlegende Informationen: die `app-id`, die zu nutzende `runtime` und deren Version (hinter `runtime-version`). Wenn Sie die Version weglassen, greift Flatpak zur aktuellsten Fassung. Außerdem müssen Sie das `sdk` benennen.

Beim späteren Start der Anwendung mit `flatpak run de.ct.newsfeed` führt Flatpak das hinter `command` stehende Programm in der Sandbox aus. Flatpak erwartet dort allerdings genau eine Programmdatei ohne weitere Parameter. Der Programmaufruf für das Python-Skript lautet aber `python3 newsfeed.py`, daher müssen Sie diesen in ein Shell-Skript verpacken. Im Beispiel übernimmt diese Aufgabe die Datei `run.sh`. Ruft später ein Benutzer die Newsfeed-Anwendung auf, startet Flatpak in der Sandbox das Skript, das dann `python3 newsfeed.py` aufruft. Das Skript `run.sh` können Sie selbst erstellen und dem Projekt hinzufügen oder es flatpak-builder überlassen, es zu erzeugen – dazu in wenigen Zeilen mehr.

Flatpak sperrt Ihr Programm in eine Sandbox, sodass es keinen Zugriff auf das Wirtssystem erhält. Unsere Beispielanwendung muss allerdings den Newsfeed aus dem Internet abrufen und braucht dazu Zugriff aufs Netzwerk. Die Erlaubnis dafür erteilen Sie unter `finish-args`. Die Angabe `--share=network` sorgt dafür, dass die Anwendung über das Netzwerk kommunizieren darf. Eine Liste mit allen möglichen weiteren Rechten findet sich in der Flatpak-Dokumentation – siehe ct.de/wnm4.

Das muss ins Paket

Häufig besteht eine Anwendung aus mehreren Teilen, etwa Bibliotheken und Grafiken; flatpak-builder bezeichnet diese Komponenten als Module. In der Manifestdatei können Sie unter `modules` mehrere Module angeben, die flatpak-builder automatisch



Flathub ist das bekannteste Repository für Flatpak-Pakete, das viele Distributionen über ihre Softwareverwaltung anzapfen. Im Idealfall merken Nutzer gar nicht, aus welchem Repository eine Anwendung stammt.

Flatpak Manifest-Datei „de.ct.newsfeed.json“

```
{
  "app-id": "de.ct.newsfeed",
  "runtime": "org.freedesktop.Platform",
  "runtime-version": "20.08",
  "sdk": "org.freedesktop.Sdk",
  "command": "run.sh",

  "finish-args": [
    "--share=network"
  ],

  "modules": [
  {
    "name": "newsfeed",
    "sources": [
      {
        "type": "file",
        "path": "newsfeed.py"
      },
      {
        "type": "script",
        "dest-filename": "run.sh",
        "commands": [ "python3 /app/bin/newsfeed.py" ]
      }
    ],
    "buildsystem": "simple",
    "build-commands": [
      "install -D newsfeed.py /app/bin/newsfeed.py",
      "install -D run.sh /app/bin/run.sh"
    ]
  },
  {
    "name": "python-feedparser",
    "sources": [
      {
        "type": "archive",
        "url": "https://files.pythonhosted.org/
↳packages/ca/f4/91a056f11751701c24f86c692d92fee290b0ba3
↳f99f657cdeb85ad3da402/feedparser-5.2.1.tar.gz",
        "sha256": "bd030652c2d08532c034c27fcd7c85868e7
↳fa3cb2b17f230a44a6bbc92519bf9"
      }
    ],
    "buildsystem": "simple",
    "build-commands": [
      "pip3 install --prefix=/app --no-deps ."
    ]
  }
  ]
}
```

baut. Mindestens ein Modul muss dabei das Hauptprogramm erzeugen.

Im Beispiel besteht der Newsfeed-Reader aus der Datei newsfeed.py und der Bibliothek feedparser. Für beides gibt es deshalb in der Manifest-Datei unter `module` einen eigenen Abschnitt. Den Anfang macht das Modul für newsfeed.py:

```
"name": "newsfeed",
"sources": [
{
  "type": "file",
  "path": "newsfeed.py"
},
```

Wie jedes andere Modul erhält es zunächst hinter `name` eine frei wählbare Bezeichnung. Im Beispiel ist das einfach `newsfeed`. Welche Dateien im Einzelnen zum Modul gehören, verrät die Liste unter `sources`. Jede der dort in geschweiften Klammern angegebenen Quellen besitzt einen Typ (`type`). Im Beispiel handelt es um eine Datei (`file`) newsfeed.py, die flatpak-builder in die Sandbox kopieren muss. Ein komplettes Verzeichnis übernimmt in einem Rutsch der Typ `dir`. Sie können flatpak-builder an dieser Stelle zudem ein Shell-Skript erzeugen lassen, beispielsweise mit

```
{
  "type": "script",
  "dest-filename": "run.sh",
  "commands": [
    "python3 /app/bin/newsfeed.py"
  ]
}
```

Hier entsteht das Shell-Skript mit dem Dateinamen `run.sh` mit den hinter `commands` aufgelisteten Befehlen. Im Beispiel ist das nur der Aufruf von `python3 /app/bin/newsfeed.py`, der später den Newsfeed-Reader startet. Die Verzeichnisangabe `/app/bin` ist Absicht: Ihre Anwendung sieht später in der Sandbox ein komplettes Linux-Dateisystem, das dem Filesystem Hierarchy Standard folgt. Das Programm selbst residiert darin immer zwingend im Verzeichnis `/app` und seinen Unterverzeichnissen. Binärprogramme gehören in den Ordner `/app/bin`, den Flatpak später automatisch in die Umgebungsvariable `$PATH` und damit in den Suchpfad einbindet. Auch newsfeed.py gehört in den Ordner /app/bin.

Wie flatpak-builder den Quellcode eines Moduls übersetzen und an die jeweils passende Stelle kopieren muss, legt im Flatpak-Manifest der Abschnitt `buildsystem` fest:

```
"buildsystem": "simple",
"build-commands": [
  "install -D newsfeed.py ↵
↳/app/bin/newsfeed.py",
  "install -D run.sh /app/bin/run.sh"
]
```

Steht hier `simple`, ruft flatpak-builder einfach die Kommandos unter `build-commands` auf. Das Beispiel kopiert lediglich `newsfeed.py` und das Shell-Skript `run.sh` innerhalb der Sandbox an die passende Position unter `/app/bin`.

Archive nachladen

Für den Newsfeed-Reader aus dem Beispiel brauchen Sie noch die Bibliothek feedparser, die das zweite Modul nachlädt:

```
"name": "python-feedparser",
"sources": [{
"type": "archive",
  "url": "https://files.pythonhosted ↵
↳.org/.../feedparser-5.2.1.tar.gz",
 "sha256": "bd03..."
} ],
```

Der flatpak-builder kann nicht nur mit Dateien umgehen, sondern auch TAR- oder ZIP-Archive herunterladen und sie automatisch in der Sandbox entpacken. Das signalisiert man dem Tool mit dem Typ `archive`. Im Beispiel liegt das Archiv nicht auf der Festplatte, sondern unter der angegebenen `url`, von wo es flatpak-builder automatisch herunterlädt. `sha256` liefert die SHA256-Checksumme des Archivs, mit der flatpak-builder prüft, ob das Archiv fehlerfrei auf der Festplatte gelandet ist. Als Quellen kommen alternativ Git- beziehungsweise Bazaar-Repositorys infrage (Typen `git` und `bzr`), die `url` verweist dann auf das Repository.

Im Beispiel entpackt flatpak-builder einfach das Archiv und baut die Bibliothek mit dem hinterlegten Befehl `pip3 install --prefix=/app --no-deps`. Python-Kenner dürfte noch interessieren, dass der Parameter `--prefix=/app` hier zwingend notwendig ist. Ohne ihn würde `pip` versuchen, die Bibliothek im Verzeichnis /usr zu installieren, das sich jedoch innerhalb der Sandbox nicht beschreiben lässt.

Als `buildsystem` unterstützt flatpak-builder außerdem die Autotools, CMake, CMake-Ninja, Meson und das Build-API. Bei deren Einsatz müssen Sie lediglich die passenden Parameter ergänzen, im Fall von Meson beispielsweise:

```
"buildsystem": "meson",
"config-opts": [
  "-Dbuild_man=false"
],
```

Paket schnüren

Damit ist die Manifest-Datei für den Newsfeed-Reader komplett und Sie können sie an flatpak-builder verfüttern:

```
flatpak-builder fp_build ↵
↳de.ct.newsfeed.json
```

Der flatpak-builder erstellt zunächst das Verzeichnis fp_build, in dem er die Flatpak-Anwendung baut. Falls notwendig, lädt er dazu die in der Manifest-Datei angegebenen Archive herunter oder kopiert den Quellcode. Danach baut das Tool jedes im Manifest angegebene Modul. Anschließend können Sie Ihre Flatpak-Anwendung testweise starten:

```
flatpak-builder --run fp_build ↵
↳de.ct.newsfeed.json run.sh
```

Jeder weitere Aufruf von flatpak-builder läuft künftig schneller ab, da sich das Werkzeug die bereits erstellten Module im versteckten Unterverzeichnis `.flatpak-builder` merkt. Mit dem Parameter `--force-clean` zwingen Sie flatpak-builder zu einem sauberen Neuanfang.

```
tim@ubuntu: ~/feed_flatpak
tim@ubuntu:~/feed_flatpak$ flatpak-builder fp_build de.ct.newsfeed.json
Downloading sources
Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/ca/f4/91a056f11751701c24f86c692d92
fee290b0ba3f99f657cdeb85ad3da402/feedparser-5.2.1.tar.gz
  % Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time    Time     Time  Current
                                 Dload  Upload   Total   Spent    Left  Speed
100  247k  100  247k    0     0   735k      0 --:--:-- --:--:-- --:--:--  735k
Initializing build dir
Committing stage init to cache
Starting build of de.ct.newsfeed
========================================================================
Building module newsfeed in /home/tim/feed_flatpak/.flatpak-builder/build/newsfeed-1
========================================================================
Running: install -D newsfeed.py /app/bin/newsfeed.py
Running: install -D run.sh /app/bin/run.sh
Committing stage build-newsfeed to cache
========================================================================
Building module python-feedparser in /home/tim/feed_flatpak/.flatpak-builder/build/pyt
hon-feedparser-1
========================================================================
Running: pip3 install --prefix=/app --no-deps .
Processing /run/build/python-feedparser
Installing collected packages: feedparser
  Running setup.py install for feedparser ... done
Successfully installed feedparser
Committing stage build-python-feedparser to cache
Cleaning up
Committing stage cleanup to cache
Finishing app
Please review the exported files and the metadata
Committing stage finish to cache
Pruning cache
tim@ubuntu:~/feed_flatpak$ flatpak-builder --run fp_build de.ct.newsfeed.json run.sh
b'Patentanmeldungen zur E-Mobilit?t und zum autonomen Fahren stark gestiegen'
b'Auf Wiedersehen, Homeoffice? Die T?cken der B?ror?ckkehr'
b'HTC klont AirPods'
b'heise+ | Bildbearbeitung mit Corel PaintShop Pro 2020'
b'Schulze: CO2-Preis ?sozial gerechter Klimaschutz?'
tim@ubuntu:~/feed_flatpak$
```

Hier hat flatpak-builder ein Flatpak gebaut und es probeweise gestartet. Die Bibliothek feedparser hat das Werkzeug dabei selbst heruntergeladen, übersetzt und installiert.

Repository aufsetzen

Die Installation der Flatpak-Anwendung setzt ein Repository voraus, das flatpak-builder kurzerhand selbst erzeugt:

```
flatpak-builder --repo=ctrepo ↵
↳--force-clean fp_build ↵
↳de.ct.newsfeed.json
```

Dieser Befehl erstellt im Verzeichnis `ctrepo` ein neues Repository und legt darin die fertige Flatpak-Anwendung ab. Enthält das Repository schon eine ältere Fassung der Software, fügt flatpak-builder das Ergebnis seiner Arbeit als neue Version hinzu.

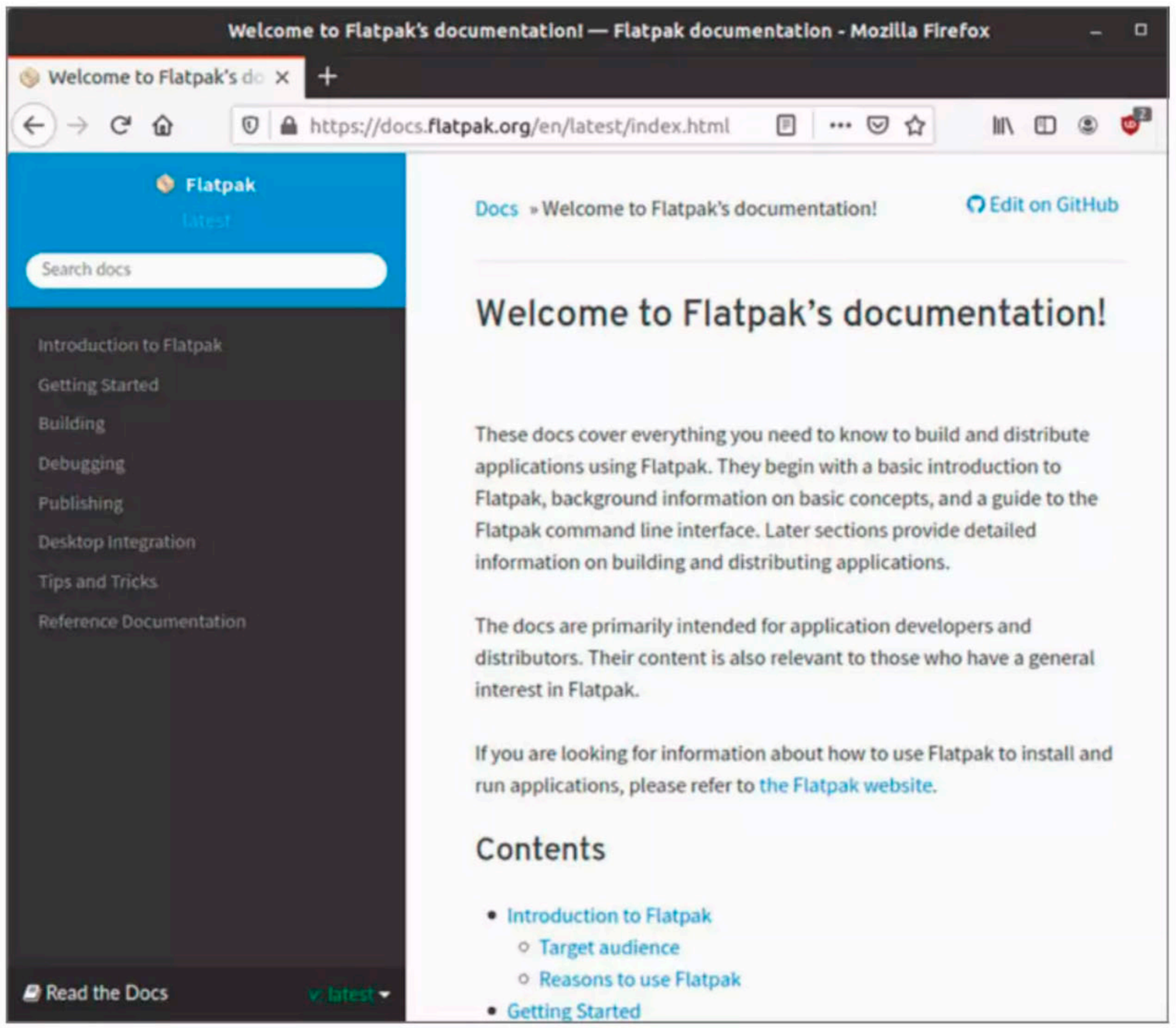
Nun müssen Sie das Repository noch mit dem Flatpak-Paketmanager bekannt machen. Im folgenden Beispiel geschieht dies unter der Bezeichnung `newsfeed-repo`:

```
flatpak --user remote-add ↵
↳--no-gpg-verify newsfeed-repo ctrepo
```

Im nächsten Schritt können Sie Ihre Beispielanwendung aus dem neuen, eigenen Repository installieren und anschließend starten:

```
flatpak --user install newsfeed-repo ↵
↳de.ct.newsfeed
flatpak run de.ct.newsfeed
```

Die Flatpak-Dokumentation liefert nur einen Überblick über den Aufbau und das Bauen von Flatpak-Paketen.



Literatur

[1] Thorsten Leemhuis, **Linux erfindet sich neu**, App-Formate sollen Softwareinstallation bei Linux revolutionieren, c't 13/2018, S. 72

[2] Thorsten Leemhuis, **Universalpakete**, Flatpak und Snap sollen App-Installationen unter Linux revolutionieren, c't 17/2016, S. 154

Downloads & Dokumentation

ct.de/wnm4

Wollen Sie das Paket wieder entfernen, ersetzen sie `install` im Befehl durch `uninstall` und lassen den Repository-Namen weg. Das Repository hat den Vorteil, dass sich Updates einfacher verteilen lassen. Flatpak überträgt dabei zudem nur die Änderungen zur Vorversion (Delta-Updates) und spart so Bandbreite. Die Flatpak-Entwickler empfehlen daher diesen Weg zur Bereitstellung von Paketen. Wollen Sie Ihre Software im Netzwerk bereitstellen, kann ein Webserver dort das Repository bereithalten.

Alternativ verwalten Sie ein solches Flatpak-Repository mit flat-manager. Auch Flathub setzt auf diese Software, die Sie über ct.de/wnm4 herunterladen. Falls Sie dennoch ein kompaktes Paket wünschen, rufen Sie folgenden Befehl auf:

```
flatpak build-bundle ctrepo ↵
↳newsfeed.flatpak de.ct.newsfeed
```

Das fertige Flatpak-Paket newsfeed.flatpak können Sie an andere weitergeben. Installieren lässt es sich via `flatpak --user install newsfeed.flatpak`. Wie im Beispiel sollten Sie Repository und App mit dem Parameter `--user` für Testzwecke erst einmal nur als Benutzer einrichten.

Spitz, pass auf!

Flatpak wirft zwar einige Altlasten über Bord, führt im Gegenzug aber für Entwickler ein paar neue Probleme ein. Die Sandboxen schirmen zwar die Anwendungen ab, erschweren im Gegenzug aber die Fehlersuche und Tests. Paketieren Sie daher Ihre Software erst dann, wenn sie fehlerfrei kompiliert und läuft. Als Paketersteller sind Sie dafür verantwortlich, die im Paket enthaltenen Komponenten auf dem aktuellen Stand zu halten. Sollte es für eine verwendete Bibliothek ein Update geben, das eine Sicherheitslücke stopft, müssen Sie folglich auch Ihr eigenes Paket schnellstmöglich aktualisieren und die neue Version den Anwenderinnen und Anwendern zukommen lassen. (lmd) c't

IMPRESSUM

Redaktion

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-special.de

Leserbriefe und Fragen zum Heft: sonderhefte@ct.de

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@ct.de oder xxx@ct.de. Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

Chefredakteur: Jobst-H. Kehrhahn (keh)
(verantwortlich für den Textteil)

Konzeption: Keywan Tonekaboni (ktn)

Koordination: Ann-Sophie Eikermann (ase), Angela Meyer (anm)

Redaktion: Niklas Dierking (ndi), Mirko Dölle (mid), Wilhelm Drehling (wid), Liane M. Dubowy (lmd), Thorsten Leemhuis (thl), Pina Merkert (pmk), Angela Meyer (anm), Martin Reche (mre), Peter Siering (ps), Keywan Tonekaboni (ktn)

Mitarbeiter: Gerald Himmelein, Karola Marky, Merlin Schumacher, Tim Schürmann, Anna Simon, Holger Zuleger

Assistenz: Susanne Cölle (suc), Tim Rittmeier (tir), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

DTP-Produktion: Lara Bögner, Beatrix Dedek, Madlen Grunert, Lisa Hemmerling, Sarah Hiller, Kirsten Last, Steffi Martens, Marei Stade, Matthias Timm, Ricardo Ulbricht, Ninett Wagner

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Produktion: Christine Kreye (Ltg.), Melanie Becker, Anna Hager, Kevin Harte, Martin Kreft, Pascal Wissner

Illustration: Sven Hauth, Schülp; Michael Luther, Berlin; Andreas Martini, Wettin; tsamedien, Düsseldorf

Titel: Steffi Martens, www.flaticon.com, www.freepik.com, www.stock.adobe.com

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 Schräder

Mitglieder der Geschäftsleitung: Beate Gerold, Jörg Mühle

Verlagsleiter: Dr. Alfons Schräder

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)
(verantwortlich für den Anzeigenteil),
www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenverkauf: Verlagsbüro ID GmbH & Co. KG,
Tel.: 05 11/61 65 95-0, www.verlagsbuero-id.de

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Firmengruppe APPL Druck GmbH & Co. KG,
Senefelder Str. 3–11, 86650 Wemding

Vertrieb Einzelverkauf:
VU Verlagsunion KG
Meßberg 1
20086 Hamburg
Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 145 1800
E-Mail: info@verlagsunion.de

Einzelpreis: € 14,90; Schweiz CHF 27.90;
Österreich € 16,40; Luxemburg € 17,10

Erstverkaufstag: 23.03.2021

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, vervielfaltigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Hergestellt und produziert mit Xpublisher:
www.xpublisher.com

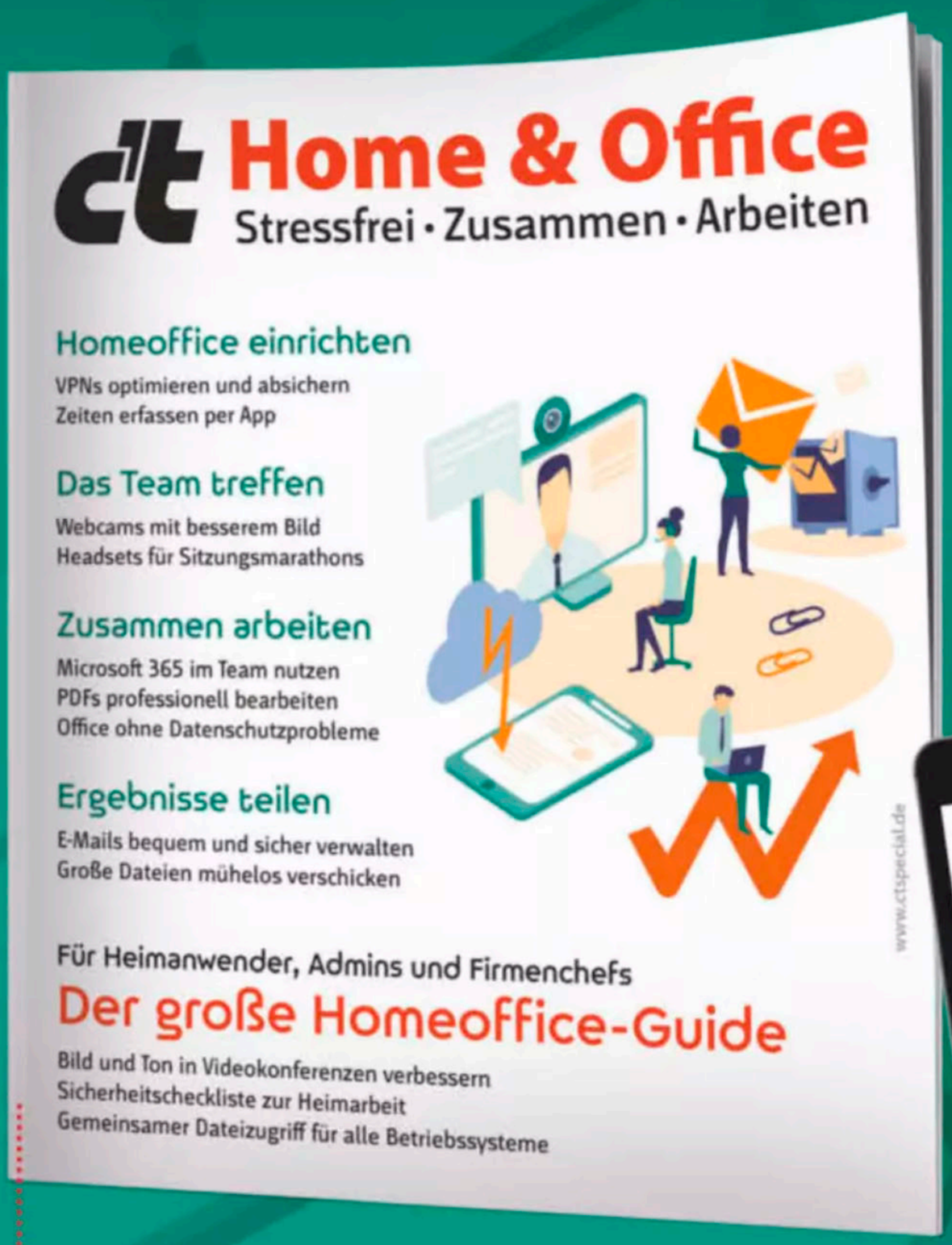
Printed in Germany.

Alle Rechte vorbehalten.

© Copyright 2021 by
Heise Medien GmbH & Co. KG

Der Praxis-Guide fürs Homeoffice

NEU



Als Heft + PDF mit 29 % Rabatt



c't Home & Office

Wertvolle Praxistipps zum Thema Homeoffice gibt's im c't Sonderheft Home & Office. Wie man Netzwerke einrichtet, Videokonferenzen optimiert und online im Team arbeitet – das sind die neuen Herausforderungen, denen sich Arbeitnehmer, Admins und Chefs stellen müssen. Im Sonderheft gibt es detaillierte Erklärungen von Zusatzdiensten und Funktionen, die hier helfen.

shop.heise.de/ct-ho21

Heft + PDF für nur 19,90 € ›

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

heise shop

shop.heise.de/ct-ho21 ›



B1 Consulting
Managed Service & Support

individuell – umfassend – kundenorientiert

Neue oder bestehende Systemlandschaften stellen hohe Anforderungen an Ihr IT-Personal. Mit einem individuellen Support- und Betriebsvertrag von B1 Systems ergänzen Sie Ihr Team um die Erfahrung und das Wissen unserer über 130 festangestellten Linux- und Open-Source-Experten.

Unsere Kernthemen:

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

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

Zwei Tage Linux-/Open-Source-Consulting zum Preis von einem!
Mail an **info@b1-systems.de** und Aktionscode **CT2021** angeben*!

*Aktionscode einmal pro Unternehmen einlösbar

B1 SYSTEMS

B1 Systems GmbH - Ihr Linux-Partner

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

ROCKOLDING · KÖLN · BERLIN · DRESDEN

www.b1-systems.de · info@b1-systems.de