

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

der Raspberry Pi ist erwachsen geworden. Mit der Hardware der Version 4 ist er ein ganzes Stück in Richtung eines leistungsfähigen Systems gewachsen, ohne seine grundlegenden Vorzüge diesen gegenüber zu verlieren: Er ist weiterhin klein, sparsam, sehr gut erweiterbar und über das Netz administrierbar, ein echter Bastelrechner halt.

Doch auch die Software ist gereift. Nicht nur das zugrunde liegende Betriebssystem macht inzwischen einen weitgehend fertigen Eindruck, auch die Anwendungen werden immer besser. Damit wird der Raspi auch immer universeller: Zum einen kann man ihn wie ursprünglich gedacht als Lerncomputer einsetzen, auf der anderen Seite aber lässt er sich mit der passenden Software einfach als Ersatz für einen stromhungrigen PC nutzen, ohne dass man dazu Linux-Kenntnisse benötigt.

Und der Raspi wird immer besser: Seit kurzem gibt es eine Version mit 8 GByte DRAM und eine erste Version eines 64-Bit-Betriebssystems. Beides werden zwar viele Anwender niemals wirklich benötigen, es verschafft aber noch ein paar Reserven.

In diesem Heft haben wir die besten Artikel rund um den Raspi aus dem vergangenen c't-Jahrgang zusammengetragen und überarbeitet – das alles klappt auch mit den vorhandenen Raspis. Damit verschaffen Sie sich zusätzliche Sicherheit in Ihrem Netzwerk, setzen den Kleincomputer als Multimedia-Server oder Netzwerkspeicher ein oder bauen sich damit einen Internet-Radiowecker oder eine Smarthome-Zentrale. Weiterhin versorgen wir Sie mit tiefgehenden Informationen über die Hardware des Raspi 4. Dazu gehören nicht nur ein Test von besonders für den Raspi geeigneten MicroSD-Karten, sondern auch Tipps zur Leistungserhöhung und zur dazu vielleicht notwendigen Kühlung.

Große Scheu vor dem geballten Wissen brauchen aber auch Raspi-Neulinge nicht zu haben: Für die ersten Schritte nehmen wir Sie an die Hand.

Viel Vergnügen dabei wünscht Ihnen

Lutz Labs

Lutz Labs

Inhalt

RASPI ANWENDEN

Der Raspberry Pi ist mehr als eine Platine, um mit Elektronik zu basteln. Als Media-Center oder Netzwerk-Analysator kann er sich im heimischen Netzwerk nützlich machen.

- 6 Die ersten Schritte
- 8 Filme mit Kodi auf dem Raspi 4 gucken
- 12 Pic'tur 2 als Anzeigetafel
- 16 Raspi als Funkempfänger
- 22 Datenpetzen finden und bändigen
- 24 Funktionen des c't-Raspion
- 30 Raspberry Pi für Netzwerkanalyse
- 32 Hinter den Kulissen des c't-Raspion
- 36 ntopng speist Datenbank

RASPI VERSTEHEN UND ERWEITERN

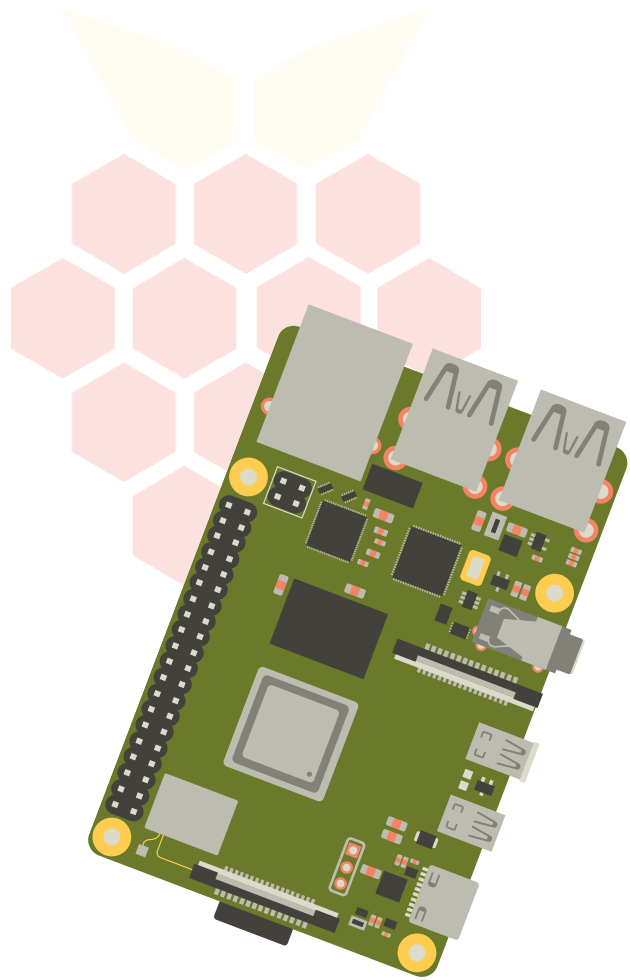
Schon in der Grundausstattung ist ein neuer Raspberry Pi recht leistungsfähig. Mit einigen Modifikationen und dem richtigen Zubehör holen Sie noch mehr aus dem Einplatinen-computer heraus.

- 40 Der Raspi-Prozessor im Detail
- 48 MicroSD-Karten für den Raspberry Pi 4
- 56 Übertakten beim Raspberry Pi 4
- 62 Kühlösungen für den Raspberry Pi 4
- 68 Raspberry Pi 4 ausnutzen
- 74 Raspberry Pi 4 am iPad Pro
- 80 Raspberry Pi als Radiowecker

RASPI ALS SERVER

Auch als Server für zu Hause oder zum Experimentieren macht der Raspberry Pi eine gute Figur. So nutzen Sie ihn als NAS oder bauen ein ausfallsicheres Cluster.

- 86 Der Raspberry Pi 4 als NAS-Basis
- 90 Schnell gemacht: Der Raspi als NAS
- 94 Server für Web-Apps aufsetzen
- 100 VPN-Server mit dem Raspi
- 110 Kubernetes auf dem Raspi
- 118 Linux auf ARM: Mit Haken und Ösen
- 130 openSUSE Leap 15.1 auf Raspberry Pi
- 132 Windows-Benachrichtigungen



RASPI ALS SMART-HOME-ZENTRALE

Ein Raspberry Pi ist perfekt geeignet für den Eigenbau einer Hausautomationszentrale. Mit Open-Source-Werkzeugen bauen Sie ein herstellerunabhängiges Smart-Home.

- 140 Heimautomation mit Node-Red
- 146 FAQ Node-Red
- 150 Dashboards für Node-Red
- 156 Tado-Heizungssteuerungen
- 160 Daten visualisieren mit Grafana
- 166 Daten in InfluxDB speichern

ZUM HEFT

- 3 Editorial
- 170 Impressum



c't RASPI
Projekte zum Basteln, Steuern, Vernetzen

Raspberry Pi tunen

- 68 ● Unbekannte USB-C-Funktionen nutzen
- 56 ● Volle Leistung durch Übertakten
- 62 ● Prozessor optimal kühlen

Raspi als Server

- 140 ● Smart-Home-Zentrale einrichten
- 110 ● Kubernetes auf dem Raspi
- 86 ● NAS im Eigenbau

Raspi-Hardware

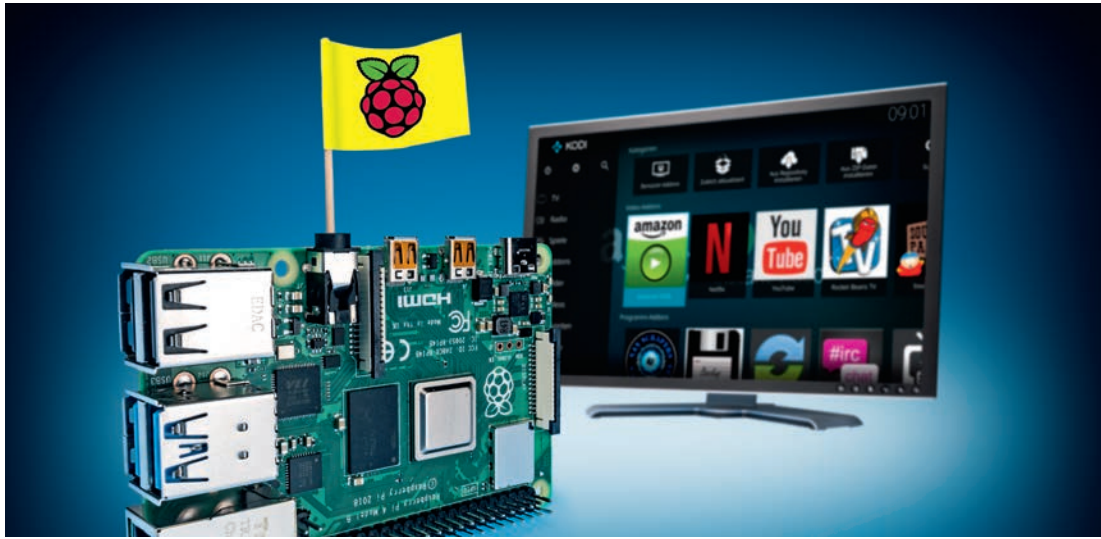
- 80 ● Internet-Radiowecker mit Touch-Display
- 12 ● Anzeigetafel auf zwei Monitoren
- 48 ● Robuste MicroSD-Karten

Das eigene Netzwerk sichern

- 22 ● Datenschleudern im Heimnetz ermitteln
- 100 ● VPN-Server einrichten • Zurückschnüffeln
- 30 ●

€ 14,90
0 002 2 8
4 19266 74 1939 02

www.ctspecial.de



Filme mit Kodi auf dem Raspi 4 gucken

Der Raspberry Pi 4 spielt mit einer Vorabversion des Mediacenters Kodi bereits jetzt Filme in 4K-Auflösung ab. Die Installation geht einfach und schnell von der Hand. Inhalte von etwa Netflix und YouTube laufen aber nur in Full HD.

Von Dennis Schirmmacher

Als der Raspi 4 im Juni 2019 überraschend auf der Bildfläche erschien, ließ die erste Alpha-Version des Mediacenters Kodi auf LibreELEC-Basis nicht lange auf sich warten. LibreELEC ist ein abgespecktes Linux-Betriebssystem, das einzig darauf ausgelegt ist, das Mediacenter zu starten. Kodi spielt Filme direkt von beispielsweise USB-Sticks ab und streamt Videos aus dem lokalen Netzwerk. Dank vieler Add-ons hat man auch Zugriff auf aus dem Internet gestreamte Inhalte von beispielsweise Amazon, Netflix und YouTube.

Mittlerweile ist eine für den Mini-Rechner optimierte Beta-Version von LibreELEC mit Kodi 18.6 ver-

fügar. Eine Test-Installation zeigte: Damit geht schon ganz schön viel und das System läuft bereits durchweg stabil. So konnten wir problemlos mit HEVC/H.265 kodierte Filme im MKV-Container mit 3840 × 2160 Bildpunkten flüssig abspielen und auch Netflix läuft spürbar besser als auf einem Raspi 3. Doch die 4K-Wiedergabe funktioniert noch nicht perfekt.

Grund dafür ist das neue SoC des Raspi 4. Es bietet im Vergleich zu den Vorgängern deutlich mehr Leistung. Um diese auszuschöpfen, sind jedoch umfangreiche Software-Anpassungen nötig. Dementsprechend müssen die Entwickler unter anderem

am Linux-Kernel schrauben, damit Kodi mit vollem Funktionsumfang läuft. Beispielsweise setzt die Wiedergabe von 4K-Videos mit erhöhtem Kontrastumfang (HDR) den Kernel 5.2 voraus. Derzeit nutzt LibreELEC auf einem Raspi 4 aber noch einen angepassten Kernel 4.4. Die Entwickler haben also noch einiges zu tun, bis HDR-Videos laufen. Wie lange die Anpassung dauern wird, ist derzeit nicht bekannt. Aber keine Angst: 4K-Filme mit HDR laufen trotzdem, aber eben ohne den erhöhten Kontrastumfang.

Unseren Tests zufolge reicht für dieses Projekt übrigens der günstigste Raspi 4 mit 1 GByte RAM aus. Selbst bei der Wiedergabe von 4K-Videos war bei unserem Modell mit 2 GByte im Schnitt nur weniger als 15 Prozent des Speichers belegt.

Kodi installieren

Um die aktuelle LibreELEC-Version auf einen Raspi 4 zu bringen, benötigt man neben dem Kleinstcomputer eine microSD-Karte (hier genügen 8 GByte), einen Kartenleser und einen Computer, um das bootbare Multimediasystem auf die microSD-Karte zu kopieren. Am einfachsten und bequemsten funktioniert das mit der Anwendung „LibreELEC USB-SD Creator“, die es für Linux, macOS und Windows gibt (siehe ct.de/wvhp). Alternativ klappt das Kopieren des LibreELEC-Images auf eine SD-Karte unter Windows beispielsweise auch mit dem kostenlosen Win32 Disk Imager.

Beim LibreELEC-Installations-Tool klickt man unter „Version auswählen“ auf „Raspberry Pi 4“ und wählt die am Computer eingesteckte microSD-Karte aus. Anschließend klickt man auf „Image schreiben“. Dann lädt der Assistent das passende Image herunter und schreibt es direkt bootbar auf die Karte. Diese muss man dann nur noch in den Slot am Raspi 4 stecken und den Kleinstcomputer starten. Die Ersteinrichtung, bei der man unter anderem die Sprache auswählt und die Verbindung zum Netzwerk herstellt, ist selbsterklärend.

Videos abspielen

Nun kann man direkt loslegen und Videos beispielsweise von USB-Sticks oder aus dem lokalen Netzwerk abspielen. Das funktioniert, ohne weitere Einstellungen vornehmen zu müssen. Filme startet man aus dem Dashboard mit dem LibreELEC-Logo, man kann sich unter

Einstellungen/Medien eine Bibliothek an. Dabei scannt Kodi zum Beispiel Filme, die auf einem NAS liegen, und präsentiert diese in einer hübschen Darstellung inklusive Filmcovern und -infos.

Obacht: Der Raspi 4 kann 4K-Videos nur im HEVC-Format mit Hardware-Unterstützung dekodieren und so ruckelfrei darstellen. Sind 4K-Inhalte mit dem Vorgänger-Standard H.264 kodiert, ist nicht an eine flüssige Wiedergabe zu denken. Die H.264-Hardware-Decodierung greift nämlich nur bis maximal 1080p. Das spielt aber keine allzu große Rolle, da man die Kombination von H.264 und 4K nur vergleichsweise selten antrifft. Im Test konnten wir mit HEVC kodierte 4K-Filme mit 23,976 Bildern pro Sekunde fehlerfrei wiedergeben. Bei ultrahochoflösenden HEVC-Inhalten mit 60 Bildern pro Sekunde kam es ab und an zu leichten Rucklern. Vermutlich müssen die Kodi-Entwickler hier noch nachbessern.

Um Mehrkanalton an einen Audio/Video-Receiver weiterzuleiten, muss man unter Einstellungen/System/Audio den Punkt „Passthrough erlauben“ aktivieren und die mit dem eigenen Heimkino-Verstärker kompatiblen Soundformate anwählen.

Auf dem Papier kann der Raspi 4 mit den Surround-Formaten Dolby Atmos, Dolby True HD und DTS HD Master Audio umgehen. Den Kodi-Entwicklern zufolge ist der Code dafür derzeit aber noch lückenhaft und in der Praxis klappt das noch nicht ganz reibungslos. So konnten wir Dolby Atmos nur wiedergeben, wenn als Kern Dolby Digital Plus genutzt wird. Mit Dolby TrueHD klappte das nicht – es kam nur PCM-Stereo-Ton am AV-Receiver an. Auch die Unterstützung von DTS-HD MA müssen die Entwickler noch nachreichen, momentan spielt Kodi nur den DTS-Kern ab.

YouTube gucken

Mit ein paar Erweiterungen kann Kodi auch Videos aus dem Internet streamen – unter anderem von Amazon, Netflix und YouTube. Damit man über die Dienste hochauflösende Videos schauen kann, muss man zuerst das Streaming-Add-on „Input-Stream Adaptive“ installieren. Dafür wählt man im Hauptmenü die Rubrik „Add-ons“ aus und klickt dann auf „Aus Repository installieren“. Nun schaut man im Repository nach „LibreELEC Add-ons“ unter „Videoplayer Input-Stream Add-ons“ und installiert die aktuelle Version. Jetzt

ist alles für die Wiedergabe in HD-Auflösung vorbereitet. Auf dem Raspi 4 ist das Homekino nun fast fertig.

Lesen Sie mehr in c't Raspi 2020



Funktionen des c't-Raspion

Der Vorwurf der Datenschleuderei ist schnell ausgesprochen – unser als Projekt angelegtes Werkzeug c't-Raspion liefert Beweise. Es klinkt sich in den Datenstrom ein und visualisiert ihn. Hier lernen Sie das Werkzeug und die Arbeitstechniken kennen.

Von Peter Siering

Der c't-Raspion spannt ein separates WLAN auf, mit dem Sie die Geräte verbinden, die Sie unter Beobachtung stellen wollen. Sie brauchen dafür nur einen Raspberry Pi 3 oder 4. Den schließen Sie per Kabel an Ihr bestehendes Netz an, über das er den Geräten dann Zugang zum Internet gewährt („Uplink“). Somit kann der c't-Raspion allen Netzwerkverkehr zwischen den zu beobachteten Geräten und dem Internet sehen – er arbeitet letztlich wie ein Router.

Erste Schritte

Für die ersten Gehversuche mit den Werkzeugen zur Beobachtung des Netzes genügt es, beispielsweise

ein Smartphone in das WLAN einzubuchen. Den Namen des WLAN und das Passwort gibt die Installation (siehe Seite 30) am Ende aus. Dazu haben Sie wahrscheinlich einen PC benutzt, der mit demselben Router verbunden ist wie der c't-Raspion. Den PC brauchen Sie weiter, um im Webbrowser die Werkzeuge der Schnüffelstation zu bedienen. Tipps, wie Sie die IP-Adresse des c't-Raspion herausfinden, gibt der folgende Artikel zum Einrichten.

Benutzen Sie jetzt Ihr Smartphone in dem beobachteten WLAN ein wenig. Rufen Sie Webseiten ab, checken Sie Ihre Mails ... Nach ein paar Minuten öffnen Sie auf dem Beobachtungs-PC im Browser die Startseite des c't-Raspion (mit `http://raspion` oder seiner IP-Adresse), klicken Sie beim Dienst „Pi-hole“

auf „Öffnen“ und sehen Sie sich dort das „Query Log“ an. Die Liste der DNS-Anfragen stammt von Ihrem Smartphone. Sie enthält oft schon überraschend viele Einträge, die man mit Aktivitäten auf dem Gerät mengenmäßig kaum zur Deckung bringen kann.

Wichtige Lektion daraus: Wenn in ein Beobachtungsszenario ein Smartphone gehört, sollten darauf nur die Apps laufen, die Sie auch analysieren möchten, etwa die zur Konfiguration eines Smart-Home-Geräts. Vergewissern Sie sich, wie viel Netzwerkverkehr das Smartphone ohne Aktivität allein schon verursacht oder Apps, die im Hintergrund aktiv werden.

Das gilt gleichermaßen für andere Geräte, etwa ein Notebook. Je weniger Apps und je weniger Geräte im Beobachtungsnetz aktiv sind, desto eher sehen Sie die Dinge, die wirklich interessant sind. Rechnen Sie immer damit, dass jemand dazwischenfunkt, den Sie nicht auf dem Zettel hatten. Im Idealfall nutzen Sie ein altes Smartphone, auf dem ausschließlich die zu überwachende App installiert ist.

Sie können Pi-hole anweisen, DNS-Anfragen zu blockieren. Sie müssen allerdings damit rechnen,

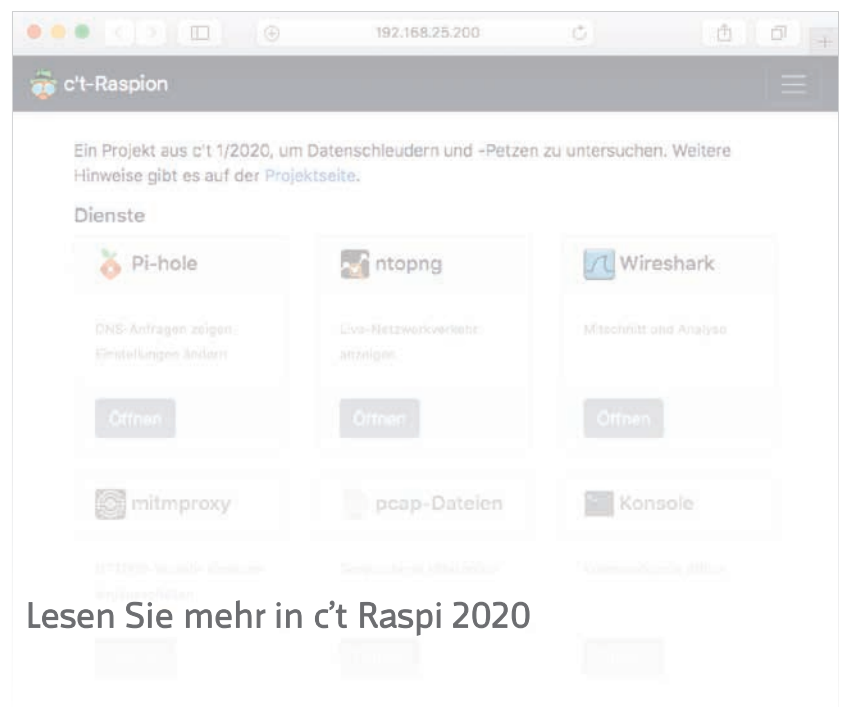
dass sich Geräte dann anders verhalten. Erhält ein Gerät unerwartete Antworten auf solche Nachfragen, weicht sein Verhalten unter Umständen von der regulären Funktionsweise ab. Sie sollten DNS-Anfragen also nur blockieren, um Theorien zu überprüfen, etwa ob das Smart-TV mit dem Eintragen eines bestimmten Hosts auf der Blacklist keine Werbung mehr auf seinem Startbildschirm anzeigt.

Vogelperspektive

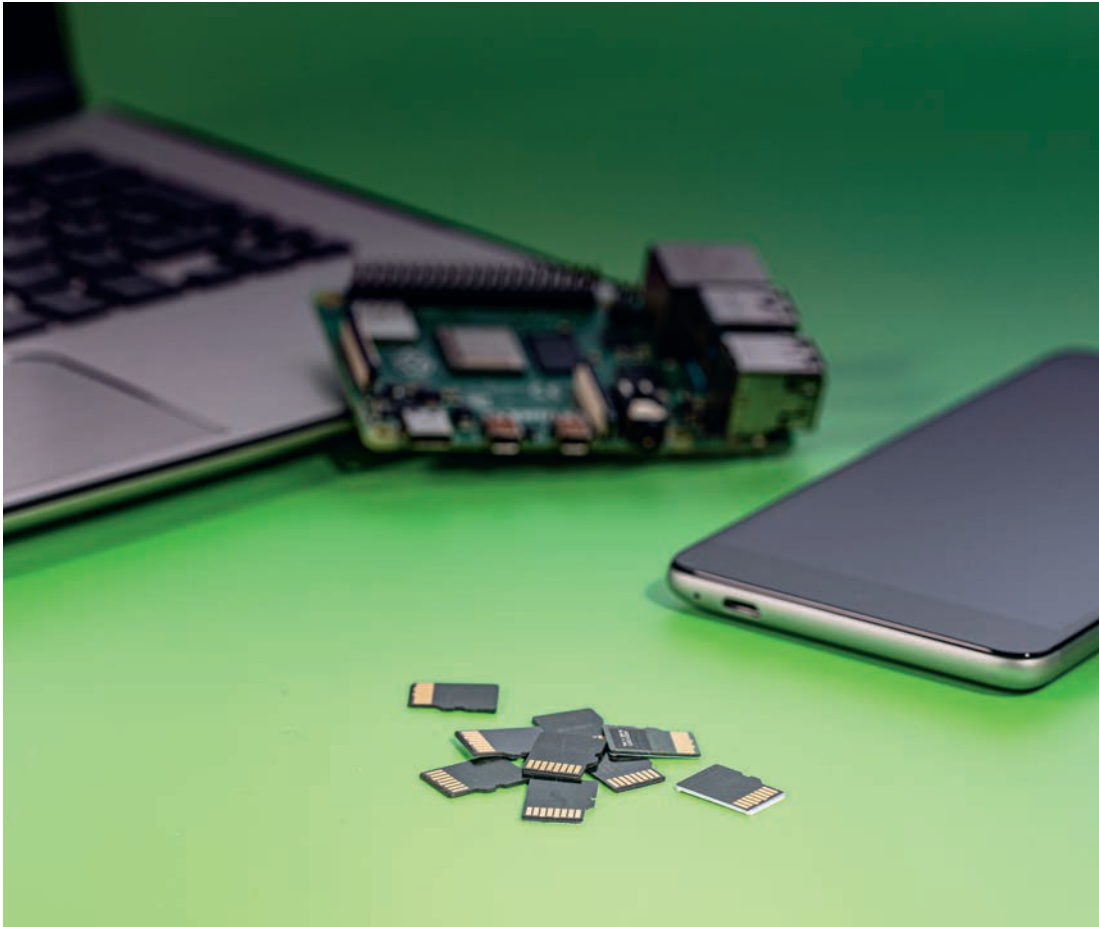
Während Pi-hole nur die DNS-Anfragen zeigt, liefert ntopng einen Überblick aus der Vogelperspektive über alles, was gerade live im Netzwerk geschieht. Es fasst dazu den Netzwerkverkehr zu sogenannten Flows zusammen. Die enthalten die beteiligten Kommunikationspartner, das Netzwerkprotokoll und Angaben zu Dauer und Volumen. Die Inhalte der Pakete, die im Netzwerk hin- und herflitzen, zeigt ntopng nicht. Es analysiert aber die Flows und liefert Hinweise, welche Anwendung da kommuniziert, etwa Skype, BitTorrent et cetera, und liefert Statistiken.

Beim Aufruf von ntopng landen Sie im „Traffic Dashboard“. Dort zeigt es eine Visualisierung gerade

Unsere Schnuffelstation c't-Raspi



Lesen Sie mehr in c't Raspi 2020



MicroSD-Karten für den Raspberry Pi 4

MicroSD-Karten haben sich als universelles Speichermedium etabliert, sowohl in Smartphones und Kameras als auch in Mini-Computern wie dem Raspberry Pi. Neun der getesteten Karten sind besonders robust, drei bieten besonders viel Speicherplatz.

Von Lutz Labs

MicroSD-Karten dienen als Speichererweiterung im Smartphone, als Fotolager in Digi-cams und als Startlaufwerk in Mini-Computern. Doch bei der Auswahl der Speicherkarte ist Vorsicht geboten, wenn man Wert auf Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit legt. Die günstige No-Name-Karte vom Grabbeltisch ist dann sicher nicht die beste Wahl.

Gerade im Raspberry Pi werden Speicherkarten hoch belastet, schließlich sind die Anforderungen dort ähnlich wie an SSDs im Desktop-PC: Blitzschneller Start von Betriebssystem und Anwendungen ist genauso gefragt wie das schnelle Speichern großer Datenmengen und jahrelanger störungs-freier Betrieb.

In Raspi-Foren liest man oft Fragen nach guten Speicherkarten. Wir haben eine Reihe von Herstellern gefragt, welche ihrer Karten sie dafür empfehlen – schließlich sollten sie ihre Produkte am besten kennen. Aus den ersten Antworten kristallisierte sich bereits heraus, dass sie Modelle mit hoher „Endurance“ favorisierten – diese werden als besonders robust vermarktet, vertragen also viele Schreibzugriffe.

Zum Test in der Redaktion trafen sich dann Adata High Endurance, Integral High Speed microSD Card, Kingston High Endurance, Kioxia (Toshiba) Exceria M303, PNY microSDHC Elite, Samsung Pro Endurance, SanDisk High Endurance und Transcend High Endurance. Zudem haben wir noch eine Industriekarte vom Schweizer Hersteller Swissbit mit in den Test genommen, die S-45u. Die Kapazität der Testmuster liegt mit einer Ausnahme bei 32 GByte: Die Kioxia-Karte haben wir nur mit 64 GByte auftreiben können; die 32-GByte-Version ist in Deutschland nicht erhältlich. 32 GByte reichen für ein einfaches Raspi-System, kleinere Modelle sind kaum billiger.

besonders hoher Kapazität von jeweils 512 GByte gekauft: Kingston Canvas Select Plus, Lexar High-Performance und PNY Pro Elite. Solche Karten eignen sich nicht nur zum Speichern umfangreicher Musiksammlungen im Smartphone, sondern auch als Dateiablage in einem kleinen NAS (siehe S. 86). Bei der Auswahl dieser Karten haben wir uns nicht von den Herstellerempfehlungen leiten lassen, sondern vom Preis: Die drei Karten waren zum Zeit-

MicroSD-Karten mit 32 und 512 GByte - Benchmarks unter Windows und Android

	seq. Transferraten schreiben/lesen ¹ [MByte/s]	IOPS schreiben/ lesen ²	IOPS schreiben/ lesen ³	PCMark 10 Quick System Drive	PCMark 10 Data Drive
Adata High Endurance (32 GByte)	besser ▶ 73/96	besser ▶ 674/2923	besser ▶ 637/2857	besser ▶ 194	besser ▶ 185
Integral High Speed microSD Card (32 GByte)	25/93	687/2380	1774/1841	180	215
Kingston High Endurance (32 GByte)	33/98	1019/2986		211	
Kioxia Exceria M303 (64 GByte)	72/94	432/1389	797/2385	195	206
PNY microSDHC Elite (32 GByte)					
Samsung Pro Endurance (32 GByte)					
SanDisk High Endurance (32 GByte)					
Swissbit S-45u (32 GByte)					
Lexar High Performance (512 GByte)					

Lesen Sie mehr in c't Raspi 2020



Kühlösungen für den Raspberry Pi 4

Wenn der Prozessor im Raspberry Pi 4 gut zu tun hat, wird er heiß – und ab 80 Grad Celsius senkt er seine Taktfrequenz. Aktiv oder passiv gekühlt kann er länger auf die Tube drücken. Lösungen für 2 bis 25 Euro zeigen, worauf es ankommt.

Von Ingo T. Storm

Das System-on-Chip (SoC) im Raspi 4 wird unter Volllast so heiß, dass es sehr schnell die Taktfrequenz der ARM-Rechenkerne von 1500 MHz auf 1000 MHz drosseln muss: im offiziellen Gehäuse nach wenigen Sekunden, ohne Ge-

häuse nach eineinhalb Minuten. Übertaktet man auf bis zu 2000 MHz, kommt das SoC noch schneller ins Schwitzen – siehe auf Seite 56. Da hilft wie beim PC nur Kühlung. Die (sinnvolle) Auswahl beginnt bei kleinen, passiven Alu-Kühlkörpern für

rund 2 Euro und endet beim aktiven Tower-Kühler mit Discobeleuchtung für 25 Euro. Dazwischen tummeln sich passiv oder aktiv kühlende Gehäuse mit sehr unterschiedlicher Optik.

Die schlechte Nachricht: Die perfekte Kühllösung gibt es nicht. Die gute Nachricht: Es ist ohne großen Aufwand und Krach möglich, einen auf 2000 MHz übertakteten Raspi unter dauernder Volllast unter 80 °C zu halten, sodass er nie drosselt. Dann kann man aber keine Aufsteckplatinen (HATs) mehr benutzen oder kommt nicht mehr an die internen Anschlüsse für Kamera und Display und die Pfostenleiste mit den GPIO-Ports ran.

Aktive Kühlung mit Lüfter geht auch nicht ge-

jedoch wesentlich leiser, als man es von 25- bis 40-Millimeter-Lüftern erwarten würde. Steht der Raspi beim Basteln vor einem, hört man alle. In irgendeiner entfernten Zimmerecke fallen sie nicht mehr auf.

Wenn Ihr Raspi als Mediacenter neben dem Fernseher steht, kommt die Optik ins Spiel. Eine „offene Lösung“ macht sich da nicht so gut wie ein passiv kühlendes Gehäuse. Anhand unserer Messungen können Sie abschätzen, welcher Kompromiss zu den Aufgaben Ihres Raspi passt.

Gemessen haben wir wie im Artikel zum Übertakten des Raspi 4 (Seite 56) mit den Shell-Skripten `moni_pi.sh` und `stress-and-log.sh`, die Sie über ct.de/wzgq auf GitHub finden. Sie setzen den Raspi in drei Etappen verschiedenen Lasten aus – Netzwerk, Desktop, Volllast – und messen währenddessen laufend Temperatur und Takt. Wir haben sie allerdings noch ein wenig weiterentwickelt. Zum Beispiel können Sie jetzt alle benötigten Zusatzpakete und Programme automatisch installieren lassen. Das dritte Skript namens `howcool.pl` erzeugt mit Gnuplot aus den Logfiles Grafiken, an denen man gut ablesen kann, wie sich Takt und Temperatur des Raspi-SoC bei verschiedenen Lasten entwickeln. Die Basis war immer ein Raspbian Buster mit Desktop und allen Updates bis November

Update-Risiko

Falls Sie selbst nachmessen und nicht exakt die gleichen Verläufe herausbekommen, kann das

derzeit wieder passieren. Im Moment sind die Ingenieure bei der Raspberry Pi Foundation zum Beispiel dabei, noch ein paar Möglichkeiten zum Abschalten unbenutzter Hardware einzubauen. Doch auch andere Änderungen an der Firmware oder auch nur an einem Linux-Kernel-Modul können die Leistungsaufnahme und damit die Wärmeentwicklung beeinflussen.

Außerdem haben wir gezielt gefälscht: Einzelne Taktspürge, die in den Ruhephasen dadurch zustande kommen, dass bei einem Multitasking-Betriebssystem mit laufendem Desktop ständig viele Prozesse laufen, haben wir manuell aus den Log-Dateien entfernt. Diese Peaks würden sonst in den Grafiken den Blick auf die Taktentwicklung durch thermisch bedingtes Drosseln verstellen. Die Grafiken zu allen hier vorgestellten Lösungen finden Sie über ct.de/wzgq. Wir haben jeweils das Verhalten bei 1500, 1750 und 2000 MHz gemessen.

Mehrere Faktoren bestimmen maßgeblich, wie effektiv ein Chip gekühlt werden kann: Der erste ist die Größe der Oberfläche, die Wärme abgeben kann. Der Blechdeckel auf dem Raspi-SoC ist rund 2 cm² groß. Setzt man den schon seit Jahren angebotenen Alu-Kühlkörper mit 20 jeweils 4,5 Millimeter langen Zinken und einem 1 Millimeter dicken Boden drauf, wächst die Fläche auf fast 5 cm². Der zweite wichtige Faktor ist die Differenz zwischen der Temperatur der Oberfläche und der Temperatur des sie umgebenden Mediums – normalerweise also Luft: Je größer die Differenz, desto schneller der Wärmeaustausch.

Heiße Luft

Dieser Effekt schwankt mit der Zeit: Wenn durch Konvektion, also das Aufsteigen der vom SoC erwärmten Luft, oder durch einen Lüfter immer wieder neue, noch kühle Luft an das SoC strömt, kann der Kühlkörper oder SoC-Deckel mehr Wärme pro Zeit abgeben, weil der Unterschied zwischen seiner Temperatur und Umgebungstemperatur länger groß bleibt. Je kleiner und dichter das Gehäuse ist, desto schneller ist die umgebende Luft komplett aufgeheizt und die Kühlwirkung nimmt drastisch ab. Allein deswegen ist das neue Gehäuse von der Raspberry Pi Foundation nur zu gebrauchen, wenn

Lesen Sie mehr in c't Raspi 2020



Der Raspberry Pi 4 als NAS-Basis

Dank Gigabit-Ethernet und USB 3.0 lässt sich der Raspberry Pi 4 als flotter Netzwerkspeicher (NAS) einrichten. Je nach gewünschtem Einsatzzweck führen verschiedene Wege zum Ziel.

Von Christof Windeck

Ein zentraler Netzwerkspeicher ist eigentlich bloß ein spezialisierter Server. Für ein Network Attached Storage (NAS) für ein kleines Netz mit wenigen Nutzern bringt der 2019 vorgestellte Raspberry Pi 4 (RPi4) die wichtigsten Voraussetzungen mit. Er hat einen ausreichend flotten Prozessor mit eingebautem Gigabit-Ethernet-(GE-) Controller sowie einen USB-3.0-Hostadapter. Um den RPi4 in ein NAS zu verwandeln, muss man bloß noch Massenspeicher anschließen und das Betriebssystem passend einrichten. Doch welches Betriebssystem eignet sich am besten für die gewünschte NAS-Nutzung und welche Speichermedien soll man nehmen: eine „große“ MicroSD-Karte, USB-Sticks, externe SSDs oder klassische Magnetfestplatten?

NAS-OS

Das von der Raspberry Pi Foundation gepflegte Betriebssystem Raspbian auf Basis von Debian Linux lässt sich auch als NAS konfigurieren, etwa indem man Verzeichnisse mit Samba (SMB) freigibt. Für alte Linux-Hasen ist das kein Problem, aber für Anfänger ist der Weg recht mühselig und fehlerträchtig. Denn zunächst muss man die gewünschten Massenspeicher einrichten und in Linux einbinden, dann Samba installieren und über eine Textdatei konfigurieren. Dabei schleichen sich leicht Fehler ein, weil man das alles „zu Fuß“ richtig einstellen

griffsrechte Gedanken machen muss.

Eine fertige NAS-Distribution wie OpenMediaVault (OMV) ist da einfacher und nutzerfreundlicher; ab Seite S. 90 beschreiben wir unsere Erfahrungen damit. Es gibt aber auch noch andere Raspi-Betriebssysteme, die Daten im Netz teilen können: Bei der Mediacenter-Distribution LibreElec mit „eingebautem“ Kodi lässt sich SMB leicht als Option freischalten, allerdings ohne Nutzerverwaltung. Das ist ziemlich unsicher und nur für Heimnetze gedacht, in denen man sämtlichen Nutzern vertraut; bei LibreElec dient die SMB-Freigabe als einfacher Weg, um Multimediadaten auf den Raspi zu kopieren.

einem Raspi installieren [1]; welche für ein NAS die optimale ist, hängt vom persönlichen Geschmack

malen“ Raspbian und man kann beliebige Software zusätzlich nutzen, sofern CPU-Leistung, RAM und Speicherplatz ausreichen. LibreElec hingegen ist bewusst abgespeckt: Man kann zwar auch LibreElec enorm erweitern, aber für manche Anwendungen kommt man mit Raspbian schneller zum Ziel.

Speicherplatz

Von entscheidender Bedeutung für ein zuverlässiges, sparsames und leises NAS ist der Massenspeicher. Der RPi4 hat keine SATA-Anschlüsse, aber einen USB-3.0-Adapterchip mit zwei Ports. In neuester Schreibweise arbeitet dieser Adapterchip mit USB 3.2 Gen 1, also mit 5 GBit/s; in der Praxis schafft der RPi4 über 300 MByte/s. Ist der USB-Speicher schnell genug, lassen sich also die mit Gigabit Ethernet möglichen rund 100 MByte/s ausreizen, jedenfalls solange man die Daten nicht verschlüsselt. Mit Verschlüsselung bricht die Transferrate vor allem beim Schreiben auf weniger als die Hälfte ein (dazu unten mehr).

An den RPi4 lassen sich eine oder zwei USB-Festplatten, USB-SSDs oder USB-Sticks anschließen. Alternativ oder zusätzlich kann man freie Kapazität auf der MicroSD-Karte nutzen, von der der Raspi bootet. Eine MicroSD-Karte mit 512 GByte bekommt man ab 80 Euro (siehe Test ab Seite 48), mehr als 1 TByte gibt es aber bisher nicht in dieser Bauform und schon dafür zahlt man mit mindestens 350 Euro überproportional mehr. MicroSD-Karten arbeiten sehr sparsam und geräuschlos. Der im RPi4 eingebaute Card Reader schafft jedoch nicht mehr als 50 MByte/s, der in älteren Raspis gar nur 25 MByte/s.

Externe Magnetfestplatten im 2,5-Zoll-Format mit USB-3.0-Anschluss fassen derzeit bis zu 5 TByte, aber nur mit „dicken“ Laufwerken mit 15 Millimetern Bauhöhe. Einige dieser 4- und 5-TByte-Platten [2] brauchen bei Zugriffen bis zu 4 Watt; mit zwei davon wäre die Stromversorgung des RPi4 überfordert. Die „normalen“ 7- oder 9,5-Millimeter-Laufwerke speichern maximal 2 TByte; sie sind sparsamer und Probleme mit der Raspi-Stromversorgung daher unwahrscheinlich. Die wenigen externen 2,5-Zoll-Platten mit mehr als 5 TByte sind intern als RAID 0 aus zwei Disks aufgebaut und schlucken

Lesen Sie mehr in c't Raspi 2020



VPN-Server mit dem Raspi

Den Datenverkehr von Smartphone oder Notebook in öffentlichen WLANs sollte man mit VPN-Technik wie WireGuard schützen. Wer keinen VPN-Zugang mieten will, kann günstig und mit überschaubarem Aufwand selbst ein System als WireGuard-VPN-Server herrichten – ein Raspberry Pi genügt.

Von Peter Siering

Für WireGuard als VPN-Zugangstechnik sprechen einige Punkte: Das Protokoll ist Roaming-robust, VPN-Verbindungen überleben Wechsel zwischen WLAN- und Mobilfunkbetrieb ohne spürbare Unterbrechung. Die Einrichtung ist leicht, weil auf beiden Seiten nur je ein Zertifikat notwendig ist. Aufgrund des neuartigen Ansatzes verspricht WireGuard obendrein maximale Geschwindigkeit bei blitzschnellem Verbindungsaufbau.

Die typischen Rollen von Client und Server sieht WireGuard selbst gar nicht vor. Letztlich ist es nur eine Technik, die sichere Tunnel zwischen Systeme-

men (Peers) knüpft. Ein in VPN-Kreisen typisches Road-Warrior-Szenario mit einem Server und Clients wird erst daraus, wenn man einem Peer die besondere Rolle des Servers zuschanzt und ihm als Gateway beibringt, die Pakete der anderen Peers geeignet weiterzuleiten – also letztlich als Router für sie zu arbeiten.

Als WireGuard-Server eignen sich derzeit Linux-basierte Systeme, egal ob ein vollwertiges Serversystem, ein V-Host oder ein Raspberry Pi. Die Clients bauen über einen UDP-Port einen Tunnel zum Server auf und schicken alle Daten dann durch ihn hindurch. Man hat es nicht mit speziellen Protokollen

oder besonderen Portkombinationen zu tun. Es genügt eine einfache Weiterleitung, wenn der Server hinter einer Firewall oder einem heimischen Router steht.

Wer WireGuard nutzt, muss sich darüber im Klaren sein, dass der Erfinder Jason A. Donenfeld noch munter daran arbeitet. Es erscheinen laufend neue Versionen. Das heißt, man wird in nächster Zeit mit den Updates allerhand zu tun haben. Und viel wichtiger: Er rät explizit von produktivem Einsatz ab, weil viele Aspekte noch nicht akribisch untersucht sind. Andererseits sind die Vorzüge verlockend.

Letztlich müssen Sie selbst entscheiden: Sind die Vorzüge das Risiko wert? Als Maßnahme, um in öffentlichen Netzen die Pakete vor den Blicken anderer Nutzer und eventuell der Betreiber zu schützen, ist es sicher eine gute Wahl. Als alleiniges Zugangsprotokoll zur Wartung eines Unternehmensnetzes

mit empfindlichen Daten wird man es eher nicht empfehlen – genauso, wie seine Vorgänger.

Adressen würfeln

Bevor Sie sich den wesentlichen Handgriffen der Installation zuwenden, sollten Sie den zukünftigen WireGuard-Server vorbereiten. Wir zeigen das im Folgenden für Debian und Raspbian. Es lässt sich auf viele andere Distributionen übertragen. Zunächst müssen Sie sich Gedanken darüber machen, welche IP-Adressen Sie den VPN-Clients zuteilen. Die müssen bei WireGuard in einem separaten IP-Netzwerk landen, in dem auch der Server eine Adresse bekommt.

Der WireGuard-Server dient dann als Router. Das heißt, er leitet die von einem WireGuard-Client eingehenden Pakete über seinen Internet-Zugang wei-

Sicher unterwegs

Ein Client in einem nicht vertrauenswürdigen Netz wie einem WLAN-Hotspot verbindet sich mit dem VPN-Server. Der Client greift dann nicht mehr direkt auf Dienste im Internet zu, sondern schickt alle Daten verschlüsselt durch den Tunnel zum VPN-Server. Der packt sie aus und schickt sie an andere Systeme im Internet weiter. So laufen durch das nicht vertrauenswürdige Netz nur verschlüsselte Daten. Oft kommt solche Technik zum Einsatz, um sicheren Zugriff auf ein firmeneigenes Netzwerk einzurichten.

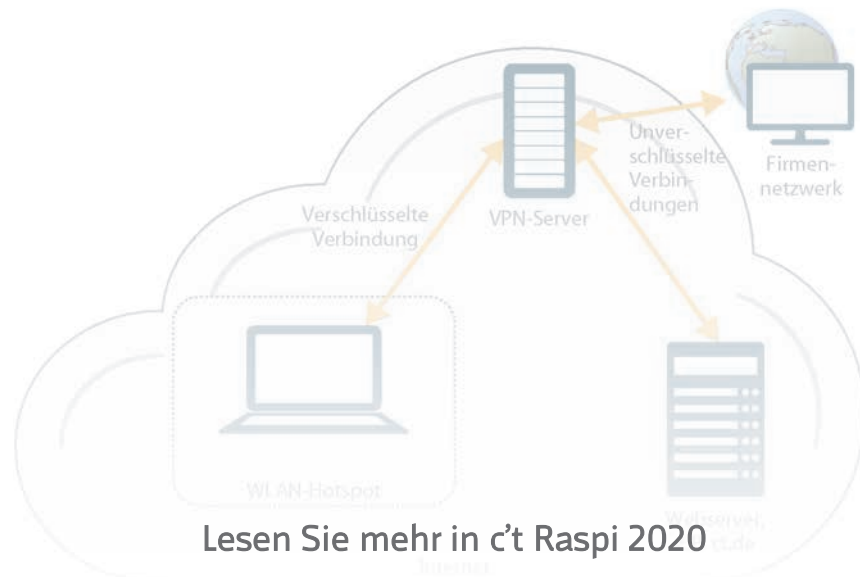




Bild: Albert Hülm

Heimautomation mit Node-Red

Vernetzte Geräte sollen ihren Besitzern das Leben leichter machen. Hersteller bezeichnen sie deshalb gern als „smart“. Doch damit das Licht angeht, wenn es draußen dämmt und jemand zu Hause ist, muss erst ein Mensch eine Regel erstellt haben. Mit Node-Red geht das in einer leicht verständlichen Oberfläche.

Von Jan Mahn

Für ein vernetztes Zuhause braucht es auf der einen Seite Sensoren, also Geräte, die auf ihre Umwelt reagieren. Sie messen die Temperatur oder reagieren auf einen Tastendruck. Auf der anderen Seite stehen Aktoren, also Geräte, die auf Befehl etwas schalten: eine Lampe, eine Heizung oder ein Rolll.

Damit die Aktoren sinnvolle Schaltbefehle bekommen, braucht es eine Zentrale, die der Heimautomatisierer mit Regeln füttert. Sie wertet Sensorwerte aus und reagiert auf Ereignisse. Viele Hausautomationsprodukte bringen eigene Schalt-

zentralen mit – meist als Dienst in der Cloud, gesteuert per App und beschränkt auf ein Herstelleruniversum. Damit Geräte unterschiedlicher Hersteller und Eigenbauprojekte in einem Haushalt zusammenspielen, braucht es offene Schaltzentralen wie Node-Red.

Zusammengestöpselt

Node-Red wurde ursprünglich von IBM entwickelt und 2016 unter Apache-Lizenz als Open-Source-Projekt veröffentlicht. Die Software macht den Zusam-

menbau von Regeln sehr anschaulich und einfach. Der Nutzer zieht im Browser aus einem Inventar sogenannte Nodes auf die Arbeitsfläche und verbindet sie mit der Maus zu einem Flussdiagramm. Die visuelle Schnittstelle ist dabei keinesfalls nur für Programmierlaien gedacht. Die Nodes geben Nachrichten untereinander als Objekte weiter. Wer JavaScript beherrscht, kann an jeder Stelle mit Code in den Verlauf eingreifen. Das macht Node-Red auch für komplexe Aufgaben interessant. Fertige Nodes als Schnittstellen gibt es nicht nur für viele Hausautomationsprodukte, sondern auch für Webdienste und Programme. Die Software ist damit nicht auf die Vernetzung des Zuhauses beschränkt und könnte auch im Unternehmen beispielsweise Cron-Jobs und Skripte ersetzen.

Vor dem Start

Node-Red ist eine Node.js-Anwendung und läuft unter Windows, Linux und macOS sowie auf dem Raspberry Pi oder BeagleBone. Da eine Zentrale für die Hausautomation rund um die Uhr laufen soll, eignet sich ein Raspberry als kostengünstiger und stromsparender Server, der nebenbei auch problemlos andere Heimserver-Aufgaben erledigen kann. Der kürzeste Weg zu einem Node-Red-Server führt auf allen Systemen über einen Docker-Container, der alle Abhängigkeiten enthält.

Für die ersten Versuche mit Node-Red soll der Server zusammen mit dem MQTT-Broker Mosquitto

gestartet werden. MQTT ist ein Protokoll, das aus der Industrie stammt und mit dem Geräte Nachrichten austauschen können. Die komplette Docker-Umgebung haben wir zu einem GitHub-Repository zusammengepackt. Laden Sie es per Git herunter und wechseln Sie anschließend in den Ordner:

```
git clone https://github.com/ct-Open-Source/ct-smart-home.git
cd ct-smart-home
```

Hier liegt bereits ein Startskript bereit, das das Container-Setup vorbereitet und startet. Es legt außerdem den Unterordner „data“ an, in dem alle Konfigurations- und Nutzdaten liegen. Ausgeführt wird das Skript mit:

```
sudo ./start.sh start
```

Herunterfahren kann man die Container mit folgendem Befehl:

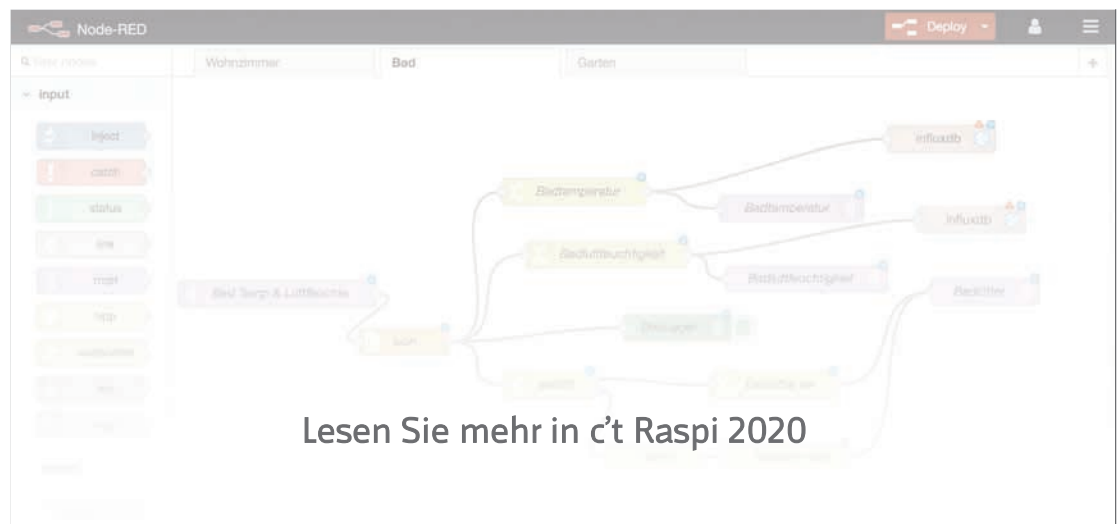
```
sudo ./start.sh stop
```

Um auf die neueste Version zu aktualisieren und frische Container-Abbilder herunterzuladen, reicht die Zeile

```
sudo ./start.sh update
```

Das Skript start.sh arbeitet mit den Docker-Compose-Befehlen docker-compose up und down und wählt je nach Prozessorarchitektur das passende Com-

Auch komplexe Abläufe – wie die Steuerung



Lesen Sie mehr in c't Raspi 2020