

# Editorial

---

Liebe Leserin, lieber Leser,

---

vor zehn Jahren wurde der Raspberry Pi vorgestellt und seitdem hat sich viel geändert – nur eins nicht: Der Raspi ist immer noch ein kleiner und günstiger Bastelrechner, der für viele Projekte ausreichend Rechenleistung hat. Seine Fangemeinde wächst von Jahr zu Jahr und auch in der Redaktion kommen uns immer wieder neue Ideen, was man mit dem Raspi alles erledigen kann.

Gehören Sie auch zu den Raspi-Fans? Dann dürfen Sie unsere kleine Geschichtsstunde über die Entwicklung vom ersten Raspberry Pi bis zu den heutigen Modellen nicht verpassen; dazu gehören auch zwei aktuelle Ableger des Raspi. Dann geben wir Tipps zur komfortablen Erstinstallation – dazu braucht man nicht mal mehr einen PC, der Raspi holt sich sein Betriebssystem neuerdings einfach selbst aus dem Netz.

Diverse Raspi-Projekte aus diesem Sonderheft vereinfachen den Alltag. So lässt sich der Einplatinencomputer etwa als Server für ein Backup aller PCs im heimischen Netz einrichten, auch Android- und iOS-Smartphones sichern Fotos dort. Oder Sie speichern darauf Ihre Passwörter, statt sie einem anonymen Dienst im Internet anzuvertrauen. Auch im Wohnzimmer macht der Raspi übrigens eine gute Figur, sei es als Grundlage für einen Streaming-Client oder eine Retro-Spielkonsole.

Wer lieber selbst programmiert, findet eine Einführung, wie sich die GPIO-Pins des Raspi einfach in Python ansprechen lassen. Und damit bei all dem die Sicherheit nicht zu kurz kommt, zeigen wir, wie automatische Updates funktionieren. Viel Spaß bei alten und neuen Projekten wünscht

*Lutz Labs*

Lutz Labs

# Inhalt

## DAS RASPI-UNIVERSUM VERSTEHEN

Raspi 1 bis Raspi 4, Raspi Zero und seine Ableger: Grundlage aller Projekte ist die Hardware. Wir geben einen Überblick und erklären die Technik unter der Haube.

- 6 10 Jahre Raspberry Pi
- 14 Zahlen, Daten, Fakten zum Raspi
- 18 Test Raspberry Pi Zero 2 W
- 20 Der Mikrocontroller RP2040 im Detail

## MIT DEM RASPI LOSLEGEN

Die Einrichtung des Raspi-Betriebssystems ist viel einfacher als eine Windows-Installation. Dazu braucht man nicht mal mehr einen PC mit SD-Kartenleser.

- 26 Raspi superschnell einrichten
- 34 Autonome Linux-Installation
- 38 FAQ: Raspberry Pi

## NÜTZLICHES ZUM MITMACHEN

Ein Teil unserer Raspi-Projekte dient der Sicherheit: Der Raspi schützt vor Einbrüchen ins WLAN und als Backup- oder Passwort-Server. Er hilft aber auch beim Streaming oder dem 3D-Druck.

- 42 Raspberry Pi für den Alltag
- 44 Passwortmanager in Eigenregie hosten
- 52 Backups mit Syncthing
- 56 Syncthing-Backup einrichten
- 64 Raspi meldet Angriffe auf Ihr WLAN
- 72 Fernbedienung fürs Game-Streaming
- 78 Octoprint bringt 3D-Drucker ins Netz

## HARD- UND SOFTWARE AUSREIZEN

Zur flexiblen Anbindung externer Hardware dienen die GPIO-Pins. Ihre Ansteuerung programmiert man am besten in Python.

- 84 GPIO-Pins mit Python programmieren
- 92 Servos und Sensoren ansteuern
- 102 Automatische Paket-Updates anpassen

## RASPI IM WOHNZIMMER

Der Raspi kann nicht nur Nützliches, er hilft auch bei der Unterhaltung. Er spielt Audio-Streams und 4K-Filme ab oder dient als Ersatz für alte Spielkonsolen.

- 106 Retro-Spiele auf dem Raspi Zero 2 zocken
- 110 Raspi als Client für Spotify und AirPlay
- 112 4K-Filme in HDR auf dem Raspi 4

## ZUM HEFT

- 3 Editorial
- 101 Impressum



# Raspi superschnell einrichten

Einschalten und wohlfühlen: Mit dem Raspberry Pi Imager geben Sie Ihrem Raspi schon vor dem ersten Hochfahren alle wichtigen Einstellungen mit auf den Weg, einschließlich der WLAN-Konfiguration. So ist Ihr Raspi sofort startklar.

Von **Ronald Eikenberg**

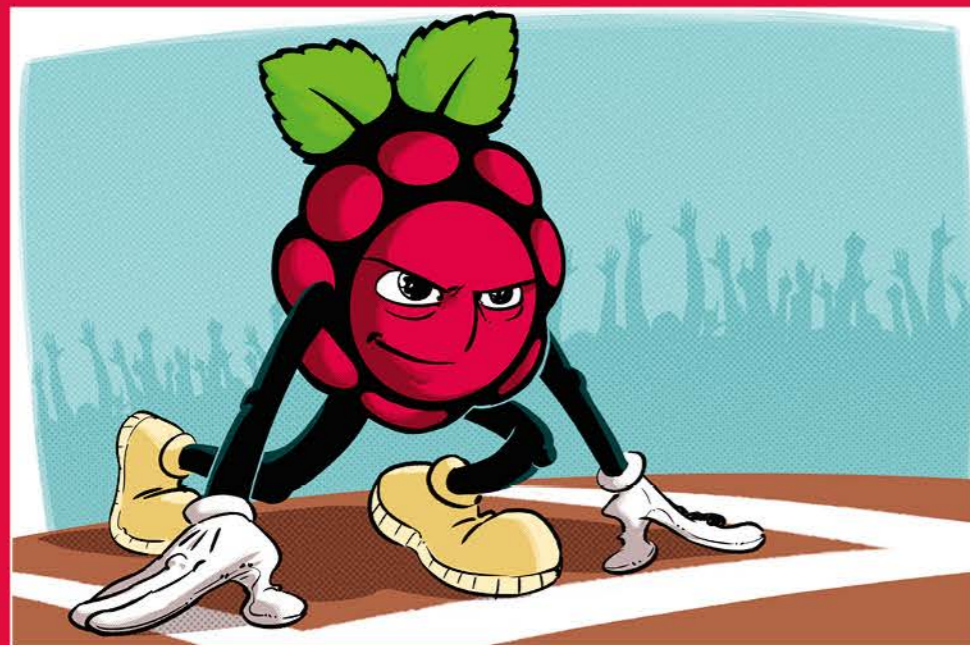


Bild: Albert Heijn

Raspi superschnell einrichten	26
Autonome Linux-Installation	34
FAQ zu Betriebssystem, Hardware und Kamera	38

Die Ersteinrichtung eines Raspis haben wir schon oft beschrieben. Und doch gibt es einen weiteren Artikel dazu: Denn dank einer recht neuen Funktion des offiziellen Image-Tools „Raspberry Pi Imager“ geht das leichter denn je von der Hand. So schreiben Sie die wichtigsten Einstellungen direkt mit auf die Micro SD-Karte. Anschließend verbindet sich Ihr Raspi schon beim ersten Start wie von Geisterhand mit Ihrem WLAN und nimmt Befehle per SSH entgegen. Die passende Tastaturbelegung ist auch schon eingestellt und das unsichere Standardpasswort „raspberrypi“ geändert. Sie können direkt loslegen. Wer häufiger neue Raspis in Betrieb nimmt, kann so richtig viel Zeit sparen – und Einsteiger kommen leichter ans Ziel.

Das offizielle Imager-Tool der Raspberry Pi Foundation hat im Wesentlichen einen Zweck und diesen erfüllt es mit Bravour: Es schreibt Betriebssystem-Images auf Micro SD-Karten, und zwar genau so, dass sie vom Raspi gebootet werden können. Um diesen Prozess so einfach wie möglich zu gestalten, bietet der Imager neben dem Standardbetriebssystem „Raspberry Pi OS“ eine Auswahl weiterer Images an, etwa die genügsame Lite-Variante ohne grafische Oberfläche, LibreELEC für den Einsatz als Medienabspieler und RetroPie, das den Raspi in eine Retro-Spielekonsole verwandelt. Die Images lädt das Tool bei Bedarf automatisch aus dem Internet nach. Zudem kann man eigene Images wählen oder die

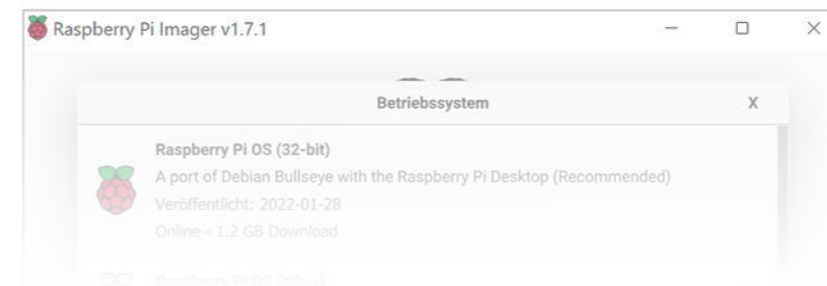


**Der Raspberry Pi Imager bespielt SD-Karten mit dem gewünschten Betriebssystem.**

SD-Karte einfach nur FAT32-formatieren, falls sie nach dem Einsatz im Raspi wieder einem anderen Zweck dienen soll.

Normalerweise fängt die Arbeit nach dem Beschreiben der Speicherkarte jedoch erst an: Je nachdem, welche Aufgabe der vielseitige Mini-PC erfüllen soll, sind einige weitere Schritte nötig, um ihn betriebsbereit zu machen; etwa die Einrichtung von WLAN und SSH-Server, das Ändern des Passworts für den „pi“-User und die Wahl von Tastaturlayout und Zeitzone. All das ist nicht sehr kompliziert, jedoch etwas fummelig. Und es kostet Zeit. Seit Version 1.6.1 des Raspberry Pi Imager fällt das alles flach, denn das Tool schreibt die wichtigsten Einstellungen auf Wunsch gleich mit auf die SD-Karte. Sie müssen lediglich einmalig die gewünschten Vorgaben einstellen und können anschließend beliebig viele SD-Karten damit bespielen. So können Sie nicht nur für sich selbst, sondern auch für Familie und Freunde individuelle Raspis vorbereiten, die vom ersten Start an ohne weitere Handgriffe einsetzbar sind.

Installieren Sie zunächst die aktuelle Version des Raspberry Pi Imager für Windows, macOS oder Linux (siehe [ct.de/w924](https://ct.de/w924)). Mit dem Befehl `sudo apt install`



Lesen Sie mehr in c't Raspi-Toolbox 2022

# Raspberry Pi für den Alltag

Als Bastelplattform hat der Raspi einen festen Platz nicht nur in den Herzen der Maker. Wer professionell in der IT arbeitet, lernt den Minicomputer schnell für besondere Angelegenheiten zu schätzen. Mal ersetzt er teure Profitechnik und mal erfüllt er Aufgaben, für die es keine fertigen Lösungen gibt.

Von **Peter Siering**



Raspi statt Profi-Technik	42
Passwortmanager in Eigenregie hosten	44
Backups mit Syncthing	52
Syncthing-Backups einrichten	56
Raspi meldet Angriffe auf Ihr WLAN	64
Fernbedienung fürs Game-Streaming	72
Octoprint bringt 3D-Drucker ins Netz	78

Die Liste der skurrilen Projekte aus der Makerszene rund um den Raspi ist lang: Witzig ist zum Beispiel eine Ausgabe der Lobbyistenaktivität in den USA über ein analoges Zeigerinstrument. Jüngst geriet ein Projekt in die Schlagzeilen, das einen Raspi per Laser Mücken eliminieren ließ. Sie finden diese und alle im Folgenden vorgestellten Projekte unter [ct.de/wt8e](http://ct.de/wt8e). Die in den folgenden Artikeln vorgestellten Projekte erfüllen höhere Ansprüche und sind ausgesprochen nützlich. Sie verwandeln den Minicomputer in ein Utensil für IT-Administratoren und -Enthusiasten. Dieser Artikel liefert Inspiration, was Sie mit Ihren Raspis noch anstellen könnten.

## Ad-hoc starten

Dass ein Raspi für ITler, Netzwerkbetreuer und PC-Enthusiasten attraktiv ist, liegt daran, dass er wenig kostet und leistungsmäßig an einen PC von vor einigen Jahren heranreicht. Je nach Version verbrät er trotzdem nur wenig Energie. Obendrein hat er viele Schnittstellen, um ihn mit anderen Geräten zu verbinden, zum Beispiel Temperatursensoren. Er eignet sich etwa als günstige Messsonde, die sich problemlos und sicher mit einem bestehenden Netzwerk verknüpfen lässt.

Hinzu kommt ein stabiles Linux-Betriebssystem, das eine Fülle von Standards unterstützt. Software sprudelt aus einem schier unerschöpflichen Vorrat. Die Dokumentation profitiert von fleißigen Communities. So genügt für die Inbetriebnahme gängiger Projekte für den Raspi eine SD-Speicherkarte mit der Lite-Ausgabe von Raspberry Pi OS. Typischerweise übernehmen einfache Shell-Skripte die Regie beim Einrichten der oft anspruchsvollen Software-Stacks der Raspi-Projekte. Der Nutznießer ist der ITler, der binnen Minuten ein nützliches Gerät in der Hand hält, zum Beispiel mit Pi-hole oder AdGuard. Sie filtern Werbung und Malware nicht nur für einen einzelnen PC, sondern auch für kleine Netze.

Eine weitere Quelle für nützliche Fertigsoftware für den Raspi erschließt sich der Einplatinencomputer über Container. Wenn erst mal Docker eingerichtet ist (die nötigen Schritte dazu erklärt am Beispiel Bitwarden der Artikel ab Seite 44), steht die gesamte Docker-Welt offen: Die E-Mail-Stacks Mailu und mailcow sind Beispiele für solche Docker-Umgebungen, die Raspis im Handumdrehen in einen vollwertigen E-Mail-Server verwandeln.

## Ausreizen

Für passionierte ITler liegt der besondere Reiz des Raspis jenseits fertiger Projekte: Mit einer Minimalinstallation plus VPN-Client und SSH-Server schaffen sie sich vorübergehend ein Sprungbrett in fremde Netze. Sie werfen den Raspi dort ab. Der VPN-Client verbindet sich automatisch mit einer Gegenstelle unter Ihrer Kontrolle. Per SSH springen Sie dann ins fremde Netz.

Bei SSH führen mehrere Wege zum Ziel: Es kann einzelne TCP-Ports durch einen Tunnel weiterleiten. SSH kann aber als SOCKS-Proxy auch das fremde Netz zum Gateway für den lokalen Browser oder andere Dienste machen. Das ist sehr nützlich, wenn man dort Geräte warten soll und deren Webinterface nicht ins Internet öffnen möchte. Solcherlei Treiben setzt freilich das Wissen und Einverständnis des Betreibers des fremden Netzes voraus.

Ein Raspi eignet sich als kleiner Server, wie openmediavault als Projekt für den NAS-Selbstbau zeigt. Der Kleincomputer kann aber auch Protokollbrücken für Dateidienste auf Basis von SMB, also Windows-Freigaben bilden. So kann er veraltete, nur SMB1-taugliche Geräte gefahrlos an ein längst auf SMB2 umgestelltes Netz ankoppeln: Der Raspi spricht dabei in einem privaten Netz mit dem gefährdeten SMB1-Altgerät. Er reicht dessen Dateien schließlich per SMB2 oder 3 ins externe Netz weiter. Ins private Netz gerichtet arbeitet er als Server, ins externe Netz als Client.

Lesen Sie mehr in c't Raspi-Toolbox 2022



Bild: Sven Hauch

# WLAN-Alarmanlage

WLAN ist praktisch, birgt aber auch viele Risiken: Jeder in Funkreichweite kann Router und Clients attackieren – und zwar weitgehend unbemerkt. Ein Raspi mit Nzyme schlägt Alarm, wenn sich jemand an Ihrem Netz zu schaffen macht.

Von **Tomas Jakobs**

**D**rahtlose Netzwerke sind vielen Gefahren ausgesetzt: Mittels Deauthentication können Angreifer WLAN-Clients beispielsweise zwingen, die Verbindung zur Basisstation zu trennen. Das geschieht entweder aus Spielerei oder um sie zu einer Verbindung mit einem Zugangspunkt unter Kontrolle der Angreifer zu animieren, der das WLAN-Netz der ursprünglichen Basisstation imitiert. Das Ziel ist, den Datenverkehr auszulesen oder zu manipulieren (Man-in-the-middle-Attacke). All das ist längst kein Hexenwerk mehr, es gibt sogar einsatzfertige Hacking-Gadgets, die Standardangriffe auf Knopfdruck ausführen [1].

Normalerweise bekommt man von WLAN-Attacken bestenfalls etwas mit, wenn die Angreifer längst ins Netzwerk eingestiegen sind. Doch Sie können vorbeugen und mit Nzyme aktiv nach auf-

fälligen WLAN-Aktivitäten scannen. So bekommen Sie schnell mit, wenn etwa ein neues Netz in der Umgebung auftaucht, das Ihrem verdächtig ähnelt oder Ihre Geräte fremdgesteuert angewiesen werden, die Verbindung zu kappen. Die nötige Hardware kostet nur ein paar Euro und einen passenden Raspi haben Sie vielleicht sogar schon in der Schublade.

Das Open-Source-Projekt Nzyme fungiert als Wireless Intrusion Detection System (WIDS), also als Alarmanlage für Drahtlosnetzwerke. Ende vergangenen Jahres erschien die Version 1.2.2. Das Release bietet eine gute Gelegenheit zu erklären, wie Sie Nzyme in Betrieb nehmen und das eigene WLAN vor neugierigen Augen schützen. Entdeckt Nzyme Anomalien im Funkverkehr, warnt es in der Weboberfläche und versendet auf Wunsch E-Mails an den Administrator.

## Frame-Sammler

Nzyme arbeitet im Hintergrund als Sniffer für die sogenannten WLAN-Management-Frames. Drahtlosgeräte senden Management-Frames meist unverschlüsselt, um Informationen auszutauschen. Sie machen so beispielsweise auf sich aufmerksam oder bereiten einen WPA-Handshake vor. Der Unterschied zu den bekannten sniffern aus Pentesting-Werkzeugsammlungen liegt in der konsequenten Ausrichtung auf automatisiertes Schnüffeln und Warnen. Im Idealfall wird Nzyme stationär auf die Lauer gelegt und sich selbst überlassen. Fachkenntnisse über den Aufbau von WLAN-Paketen sind für den Betrieb von Nzyme nicht nötig. Die Software überwachte für diesen Artikel über einen Monat das heimische Netzwerk des Autors und konnte die eigenen Hackingversuche erfolgreich aufspüren.

Der Nzyme-Entwickler Lennart Koopmann hat das Tool für den Raspi konzipiert. Der Dokumentation zufolge reicht bereits ein Raspi 3 für kleine Heimnetze. Für diesen Artikel diente ein Raspi 4 mit 4 GByte Arbeitsspeicher als Testgerät. Bei Mesh-Drahtlosnetzwerken in Unternehmen empfehlen sich mehrere Raspis mit Nzyme für eine bessere Abdeckung der größeren Fläche. Diese können ihre Daten zur Auswertung an einen zentralen Log-Server im internen Netz schicken, beispielsweise an Gray-



**Für Nzyme genügt ein Raspberry Pi 3 oder neuer. Dazu brauchen Sie einen WLAN-USB-Stick, der den Monitor-Modus beherrscht.**

log, das vom gleichen Entwickler stammt. So kann man kostengünstig auch große Netze scannen.

Zur Überwachung der Funkfrequenzen ist ein WLAN-Modul nötig, das den sogenannten Monitor

## WLAN-Management-Frames

Zur Überwachung des eigenen Netzes sammelt Nzyme WLAN-Management-Frames ein und meldet verdächtige Vorkommnisse, siehe dazu den Kasten „Verdächtige WLAN-Aktivitäten“ auf Seite 70. Neben Management-Frames gibt es auch weitere Arten von Frames, wie „control“, „extension“ und „data“, die für Nzyme nicht relevant sind. Management-

- Der **Association Request** folgt auf Authentication und fragt Ressourcen an der Basisstation an.
- Darauf folgt die **Association Response**. Wenn erfolgreich, dann darf das assoziierte Gerät weitere Frame-Arten senden, beispielsweise „data“ für Datenübertragung.
- Mit Deauthentication verlangt ein Drahtlosgerät die

Lesen Sie mehr in c't Raspi-Toolbox 2022

# Retro-Spiele auf dem Raspi Zero 2 zocken

Der Raspberry Pi Zero 2 W ist deutlich leistungsfähiger als sein Vorgänger. Wir haben eine Emulator-Sammlung darauf installiert und geprüft, wie gut Retro-3D-Spiele am Fernseher und unterwegs in einem Game-Boy-Case laufen.

Von **Dennis Schirmmacher**



Retro-Spiele auf dem Raspi Zero 2 zocken	106
Raspi als Client für Spotify und AirPlay	110
4K-Filme in HDR auf dem Raspi 4	112

**D**er Kleinstcomputer Raspberry Pi hat von Anfang an die Herzen der Retro-Gamer erobert. Schon die erste Version des Zero mit seiner Single-Core-CPU konnte viele Super-Nintendo-Titel flüssig emulieren. Für anspruchsvollere Playstation-1-Titel mit 3D-Grafik reichte die Leistung allerdings nicht aus und aus dem Spielvergnügen wurde eine Diashow.

Ein Blick auf das Datenblatt des Raspberry Pi Zero 2 W weckt Hoffnung: Auf dem Papier zieht er mit seiner Quad-Core-CPU (1 GHz) fast mit dem Raspberry Pi 3B gleich. Wir haben verschiedene Emulatoren und Spiele im Wohnzimmer am Fernseher ausprobiert, den Einplatinencomputer sogar übertaktet und ihn zum Zocken für unterwegs in das Game-Boy-Gehäuse GPI Case verbaut (siehe S. 109).

## Die Qual der Wahl

Wie für andere Raspis gibt es auch für den Zero 2 verschiedene Linux-Distributionen wie RetroPie und Recalbox, die eine ganze Palette an Emulatoren für Retro-Konsolen und -Computer mitbringen. Wir spielen die Einrichtung anhand der Recalbox-Distribution durch. Da sich die Installation und Konfiguration von Recalbox für den Betrieb im GPI Case im Detail von der Nutzung an einem TV-Gerät unterscheidet, gehen wir darauf in einem gesonderten Abschnitt ein.

Am einfachsten gelingt die Installation mit dem kostenlosen Tool „Raspberry Pi Imager“ für Linux, macOS und Windows (siehe [ct.de/w5qy](http://ct.de/w5qy)). Führen Sie die Anwendung aus und klicken Sie auf „OS WÄHLEN“, dann weiter auf „Emulation and game OS/Recalbox/Recalbox - Raspberry Pi Zero 2“. Schließen Sie nun eine MicroSD-Karte mit mindestens 4 GByte an den Computer an und wählen Sie diese im Installer aus. Im Anschluss wird die Karte komplett gelöscht und Recalbox darauf installiert.

## Der erste Start am TV-Gerät

kopieren Sie die Sicherheitskopien Ihrer Spiele (ROMs) darauf. Unter Windows schleicht sich manchmal ein Bug ein und die Partition erscheint nicht im Explorer. Ist das der Fall, rufen Sie in der Computerverwaltung unter „Datenspeicherverwaltung“ den Punkt „Datenspeicher“ auf. Nach einem Rechtsklick auf „SHARE“ wählen Sie die Option „Laufwerksbuchstaben und -pfade ändern“ aus und klicken auf „Hinzufügen“. Nun sollte die Partition auch unter Windows sichtbar sein. Alternativ können Sie ROMs auf einen am Raspi angeschlossenen USB-Stick kopieren oder eine Netzwerkfreigabe mit Spielen einrichten oder die Spiele per WLAN auf die SD-Karte transferieren.

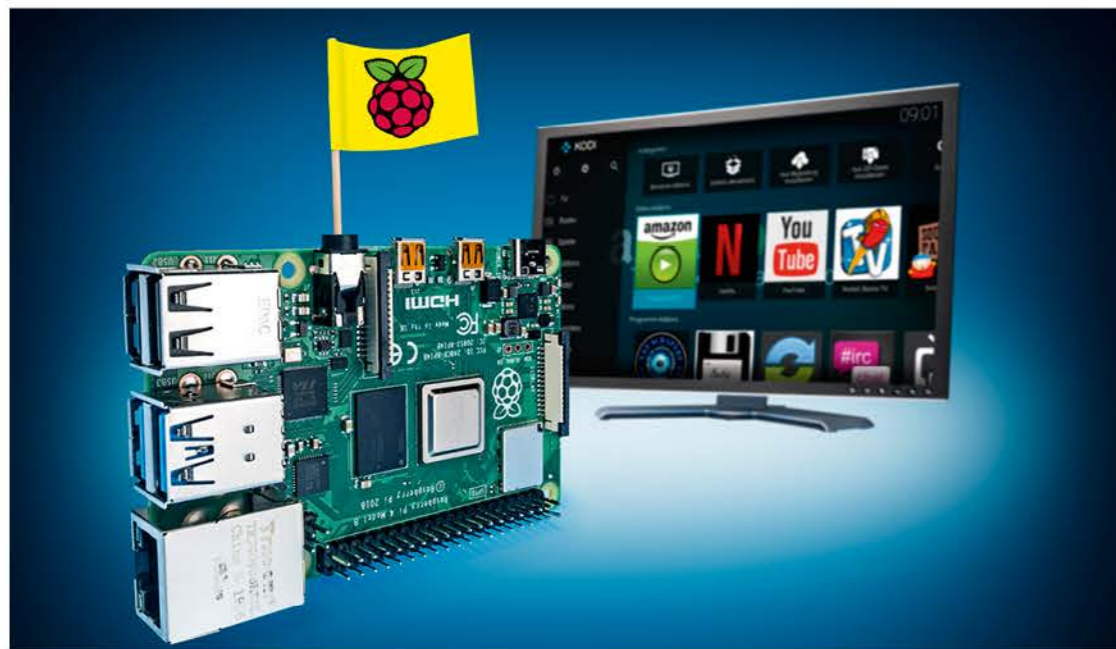
Mit aktiver Internetverbindung aktualisieren Sie Recalbox in den Einstellungen. Die Entwickler veröffentlichen immer wieder neue Versionen etwa mit zusätzlichen Funktionen. Über das Menü ist ein Scraper erreichbar, der aus freizugänglichen Spiele-Datenbanken Screenshots und weitere Infos lädt. Damit können Sie das Auswahlmenü für Spiele anreichern.

Die Bedienung von Recalbox ist voll auf Gamepads ausgelegt, zum Beispiel über einen PS4-Controller, der via Bluetooth oder USB Anschluss findet. In den Einstellungen konfigurieren Sie die Tastenbelegungen. Ein PS5-Controller machte im Test allerdings Probleme: Der Sound kam aus dem Lautsprecher des Gamepads, außerdem wurden Eingaben oft nicht erkannt.

## Stilgerecht zocken

Wer das GPI Case besitzt, muss bei der Installation mit dem „Raspberry Pi Imager“ den Eintrag „Recalbox - GPI Case + Raspberry Pi Zero“ auswählen und das System auf einer SD-Karte installieren. Die Bedienung, das Kopieren von ROMs et cetera ist identisch mit der normalen Recalbox-Version. Bei der speziellen Distribution sind unter anderem die Bildausgabe und die Tastenbelegungen für das Gehäuse optimiert. Wer das Case bereits mit einem Zero 1

Lesen Sie mehr in c't Raspi-Toolbox 2022



# 4K-Filme in HDR auf dem Raspi 4

Die aktuelle Version des Open-Source-Mediacenters Kodi spielt Filme auf dem Raspi 4 nicht nur in 4K ab, sondern auch mit HDR. Sogar 3D-Sound geht.

Von **Dennis Schirmmacher**

Das Mediacenter Kodi ist seit Erscheinen des Raspi 4 im Jahr 2019 kompatibel mit dem Einplatinencomputer. Filme liefen bereits in einer frühen Entwicklerversion mit 3840 × 2160 Bildpunkten. Blockbuster mit erhöhtem Kontrastverhältnis und erweitertem Farbumfang (High Dynamic Range, HDR) spielte der Raspi 4 trotz kompatibler HDMI-2.0-Ausgänge aber nur in SDR ab. Nun haben die Kodi-Entwickler nachgelegt und die HDR-Kompatibilität für das übliche Format HDR10 implementiert. Die dynamische HDR-Variante Dolby Vision wird nicht

unterstützt. Besitzer älterer Raspi-Modelle kommen nicht in den Genuss ultrahochoauflösender Bilder, denn das Abspielen von 4K-Inhalten klappt ausschließlich mit dem Raspi 4.

Als Basis für Kodi auf einem Raspi dient die auf die Medienwiedergabe spezialisierte Linux-Distribution LibreELEC. Während des Abspielens eines mit HEVC/H.265 kodierten 4K-Films mit HDR im MKV-Container auf unserem Raspi 4 mit 2 GByte RAM waren rund 30 Prozent des Arbeitsspeichers belegt. Demzufolge sollte Kodi auch problemlos auf einem Raspi 4

mit 1 GByte RAM laufen. Maximal findet die Bildausgabe in 4K mit 60 Bildern pro Sekunde statt.

## Installation

Wer auf dem Raspi 4 bereits Kodi nutzt, sollte aufgrund von massiven Änderungen im Kernel eine Neu-Installation vornehmen. Am einfachsten gelingt die frische Installation auf einer SD-Karte mit dem offiziellen Installations-Tool „LibreELECUSB-SD Creator“ für Linux, macOS und Windows. Alternativ kann man das Image beispielsweise unter Windows mit dem kostenlosen Win32 Disk Imager auf eine SD-Karte kopieren.

Nach dem Start des offiziellen Tools wählen Sie bei „Version“ im linken Reiter „Raspberry Pi 4 and 400“ und im rechten Feld „LibreELEC-RPi4.arm-10.0.2.img.gz“. Nun müssen Sie im mit „3“ gekennzeichneten Feld noch die am Computer angeschlossene SD-Karte auswählen. Nach einem Klick auf „Schreiben“ startet der Kopiervorgang. Im Anschluss stecken Sie die SD-Karte in den Raspi 4.

## Anschließen

Vorsicht beim Anschluss des Raspis an einen Fernseher beziehungsweise AV-Receiver: Die Micro-HDMI-Buchsen des Kleinstcomputers sind nur aufgelötet

und sie reagieren sehr empfindlich auf ruckelnde Stecker. Wir haben trotz aller Vorsicht beim Hantieren mit einem Micro-HDMI-auf-HDMI-Adapter einen der zwei HDMI-Ausgänge zerstört. Dank standardmäßig aktivem HDMI-CEC-Plug-in gelingt die Bedienung von Kodi bequem über die Fernbedienung des Fernsehers.

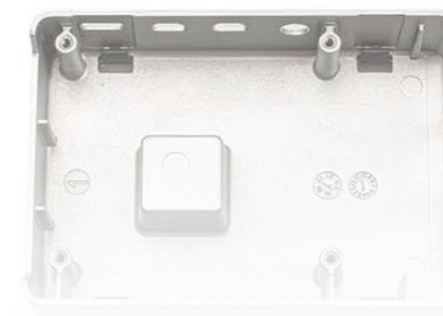
Nicht wundern: Sollte sich Ihr TV-Gerät wie von Geisterhand einschalten, ist Kodi dafür verantwortlich. Das passierte bei uns einige Male. Aufgrund von Marotten des CEC-Standards kommt es bei der Kommunikation von verschiedenen Geräte via CEC manchmal dazu, dass aus unerfindlichen Gründen ein TV-Einschaltbefehl gesendet wird. Leider konnten wir das Problem in unseren Tests trotz verschiedener Einstellungen unter System/Eingabe/Peripheriegeräte/CEC Adapter nicht beheben.

Nach dem ersten Einschalten des Raspis schließen Sie die Ersteinrichtung ab und verbinden ihn unter anderem mit Ihrem Netzwerk. Via WLAN war eine flüssige 4K-HDR-Wiedergabe nicht möglich und Kodi warnte vor einer „zu langsamen Quelle“. Deswegen wählten wir eine LAN-Verbindung – und erlebten tatsächlich keinerlei Aussetzer beim Abspielen von 4K-Filmen von einem NAS.

## Bild und Ton

Damit die Bedienung im Kodi-Menü so flüssig wie möglich von der Hand geht, stellen Sie unter Einstellungen/System die Auflösung auf 1920 × 1080 Pixel und die Bildwiederholrate auf 60 Bilder pro Sekunde ein. So muss der Raspi weniger Bildpunkte berechnen, was der Performance zugutekommt. Angst vor unscharfen Filmen müssen Sie wegen der Einstellungen nicht haben: Sie betreffen nur die Darstellung der Benutzeroberfläche, die Filme selbst laufen in 4K-Auflösung.

Damit Kinofilme nicht ruckeln, aktivieren Sie in den Einstellungen ganz unten durch mehrmaliges Klicken auf das Zahnradchen die Expertenansicht.



Das Flirc Case kühlt den Raspi passiv und somit

Lesen Sie mehr in c't Raspi-Toolbox 2022