

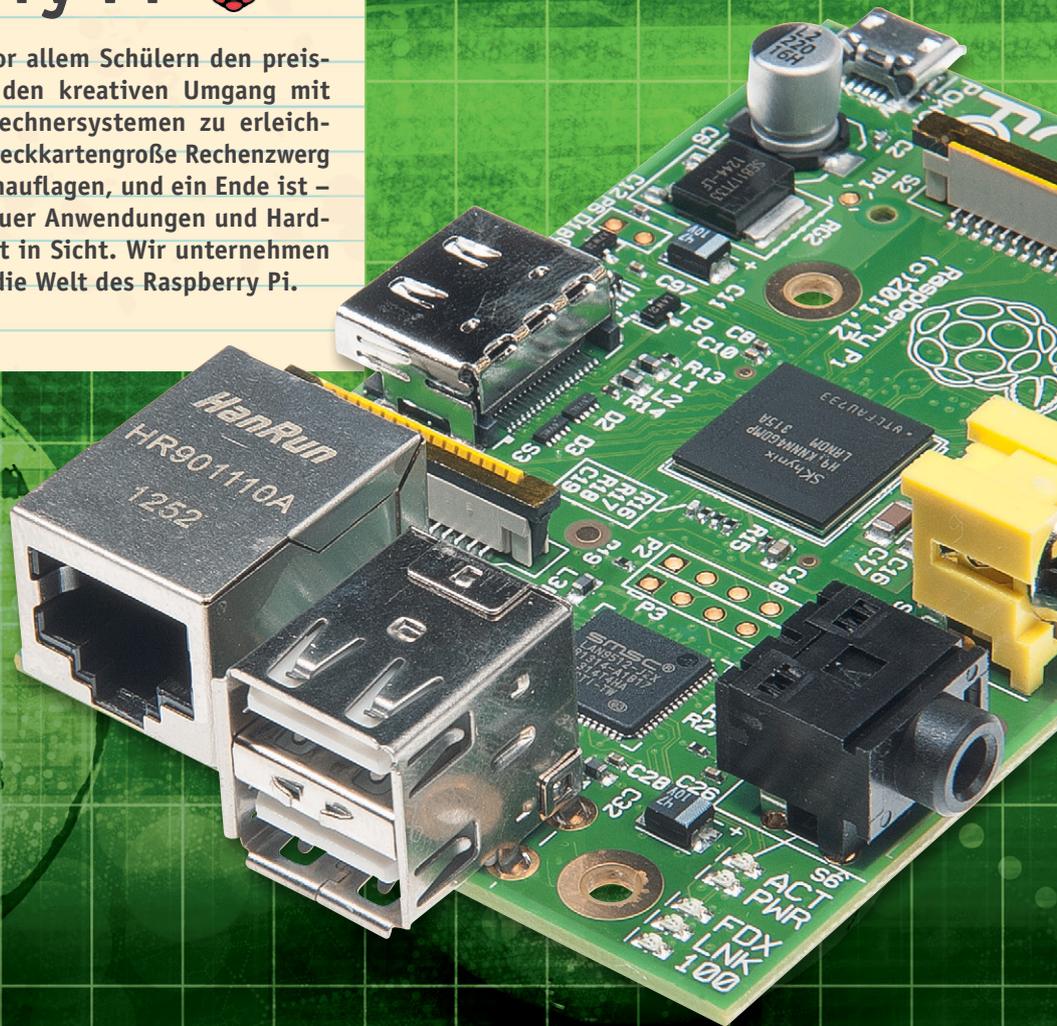


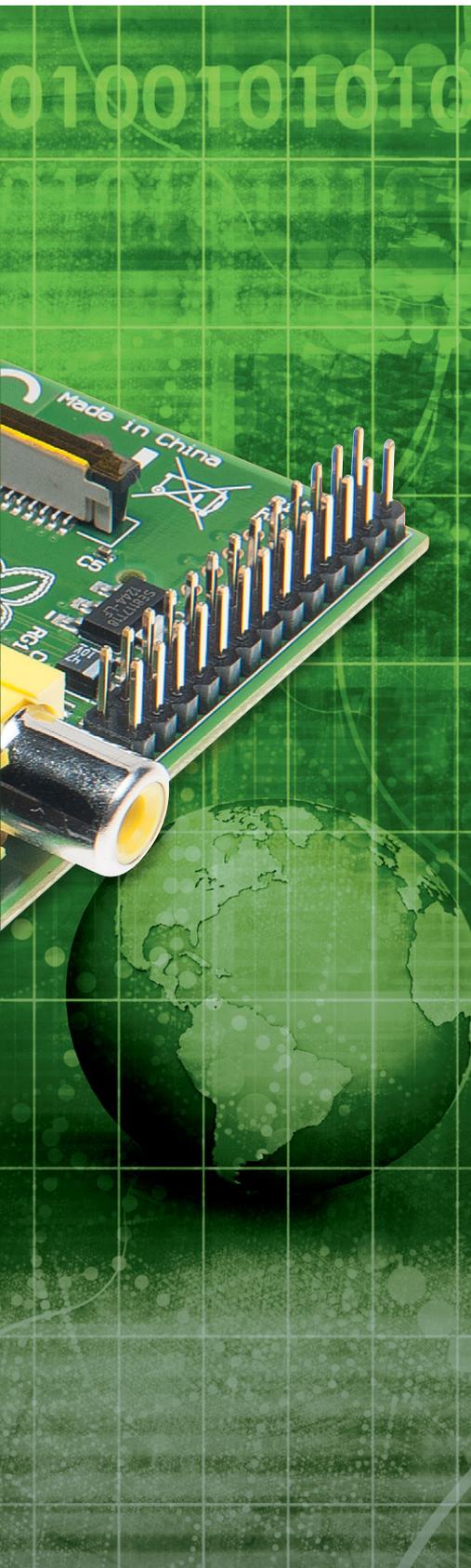
Raspberry Pi – Mikrorechner für die Massen

Neben dem Arduino hat kein Mikrorechnersystem in der letzten Zeit mehr Furore gemacht als der

Raspberry Pi

Einst erdacht, um vor allem Schülern den preiswerten Einstieg in den kreativen Umgang mit kleinen ARM-Mikrorechnersystemen zu erleichtern, erreicht der scheckkartengroße Rechenzweig inzwischen Millionenaufgaben, und ein Ende ist – auch dank immer neuer Anwendungen und Hardware-Zusätze – nicht in Sicht. Wir unternehmen einen Exkurs durch die Welt des Raspberry Pi.





Embedded Systems in der Praxis

Was in den 1990er-Jahren mit dem 8051 oder dem 80C32 und den PIC-Mikrocontrollern begann, bekam in den letzten 10 bis 12 Jahren ein rasantes Tempo mit den AVR-Prozessoren aus dem Hause Atmel – kleine, eigenständige Rechnerlösungen ohne umfangreichen Hardwareaufwand mit den für die anstehende Aufgabe gerade ausreichenden Ressourcen, dazu einfach mit gängigen Hochsprachen programmierbar. Kaum ein Elektroniker kommt heute ohne sie aus, ob es der ATtiny für die ganz kleine Rechnerlösung sein soll, oder eben der abermillionenfach verbreitete Arduino in all seinen Erscheinungsformen. Und vor allem in der kommerziellen Anwendung spielen Embedded-Lösungen heute eine nicht mehr wegzudenkende Rolle, vom AVR oder PIC bis zum MSP430 oder anderen Prozessorgrundlagen.

Dazu kommen heute Entwicklungsumgebungen, die es ausdrücklich – so z. B. die Prämisse des Arduino-Systems – jedem erlauben, Programme selbst zu entwickeln. BASCOM, Arduino IDE, Komplet-IDEs wie Atmel AVR-Studio, Blocks oder WebIDE für den Raspberry Pi sind Beispiele dafür. Dank standardisierter Programmierschnittstellen ist auch das Programmieren der Chips einfach, Bootloader-Systeme erleichtern das Programmieren weiter.

Raspberry Pi – Entstehung „aus Notwehr“

Trotz allem sind einzelne Mikrorechnerbausteine und Löten nicht jedermanns Sache – zu weit hat sich die Gesellschaft weg entwickelt vom Pioniergeist der 1970er- und 1980er-Jahre, als man seinen Computer, dessen Aufbau, die Technik und die Programme noch verstehen musste, um etwas auf die Beine zu stellen. Der Verlauf der letzten 20 Jahre brachte einen enormen Fortschritt, heute benutzen wir Computer wie früher einen Hammer, einfach als Werkzeug. Allerdings wissen die meisten auch nicht mehr darüber als: Er ist da und funktioniert. Das hat Folgen – immer weniger Menschen interessieren sich für das Dahinter. Die Hochschulen bekamen dies schmerzlich zu spüren. Wohl gab und gibt es viele Bewerber um Studienplätze, aber deren Vorkenntnisse wurden im Lauf der Zeit immer dünner, sodass die Hochschulen zum Teil gezwungen sind, eigentlich vorausgesetzte Grundlagen dem Studium voranzustellen. Mit der Folge, dass für das eigentliche Studium weniger Zeit bleibt.

Ähnliche Gedankengänge, wenn auch auf anderer Ebene, lagen auch dem Arduino-Konzept zugrunde: Ein italienischer Professor suchte für die praktische und kreative Lösung von Anwendungsaufgaben eine leicht handhabbare, möglichst wenig Elektronikkenntnisse voraussetzende Rechnerplattform, die vor allem ein Handwerkszeug für Kreative sein sollte. Der Rest ist dem Leser unseres ELVjournals bekannt, der Arduino befindet sich inmitten einer steilen Karriere und ist die einfach handhabbare Plattform für AVR-Anwendungen.

Eben Upton, ein wissenschaftlicher Mitarbeiter am St. John's College in Cambridge, hatte den Umstand der stetig abnehmenden Vorkenntnisse seiner Informatikstudenten bereits Anfang der 2000er-Jahre erkannt und kam auf die naheliegende Idee, dort gegenzusteuern, wo es am sinnvollsten ist, nämlich bereits in der Schule. Warum nicht den Lehrern

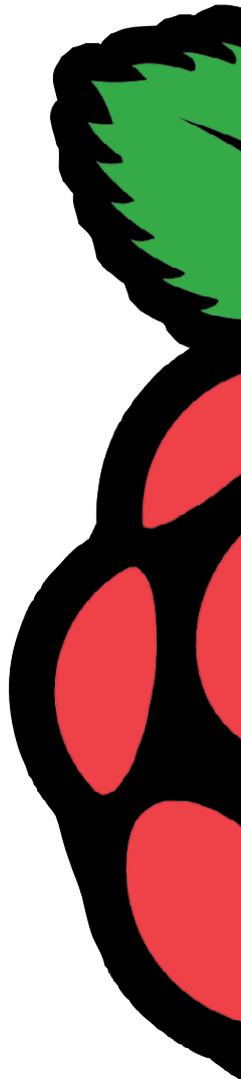




Bild 1: Mit gerade 85,6 x 53,98 mm nur so groß wie eine Scheckkarte – der Raspberry Pi, hier das Modell B

und Schülern eine ganz einfach handhabbare Plattform in die Hand geben, die eine hardwarenahe und kreative Nutzung eines Mikrorechnersystems erlaubt und Ideen erst weckt?

So kam es 2006 zur Gründung der Raspberry Pi Foundation [1], einer gemeinnützigen Gemeinschaft von Technikern, Wissenschaftlern und Unternehmern, die sich zum Ziel gesetzt hat, bereits in den Schulen beginnend wieder Kreativität, technisches Verständnis und den Willen zur Lösung von Aufgaben zu fördern – ohne dass man erst wochenlang mühsam Platinen bestücken und löten muss. Schließlich richtete sich das Angebot an zukünftige Informatiker.

Es entstand eine Plattform oberhalb der Atmel-Prozessoren, man dachte voraus und machte sofort einen ARM-Prozessor zur Grundlage – schließlich sollte ein Universalrechner entstehen, der sogar die meisten Aufgaben eines Bürocomputers lösen können sollte. Man wählte das Ganze bewusst als Open-Source-Plattform, so mussten nie etwaige Ansprüche Dritter befriedigt werden. Der Name Raspberry (Him-

beere) entstand aus der gleichen Tradition, aus der auch der Apfel zum Apple-Logo wurde, das Pi wurde angehängt, da die Programmiersprache Python als Standard-Programmiersprache zugrunde gelegt wurde. Spricht man es zusammenhängend aus, kommt akustisch das englische Wort für Himbeerkuchen heraus.

Als Betriebssystem kommen Linux-Derivate, neuerdings auch Android zur Anwendung, was eine schlanke Softwarearchitektur sicherstellte, sodass wir unter dieser Oberfläche heute eine relativ schnelle Mini-Rechner-Plattform in der Hand halten, deren Hardwarearchitektur so ausgeklügelt ist, dass sie auch rechenintensive Aufgaben wie etwa im Multimediabereich bewältigen kann.

So gerüstet, sollte der Raspberry Pi, der gerade einmal scheckkartengroß daherkommt (Bild 1), vorwiegend an britischen Schulen verteilt und eingesetzt werden. Von Anbeginn jedoch wurde der Rechner auch frei verkauft und löste damit eine ungeahnte Welle der Begeisterung unter Elektronikentwicklern, Lernenden, Hobby-Elektronikern/Programmierern und sogar kommerziellen Anwendern aus, sodass die Produktion der Nachfrage kaum folgen konnte. Sich anbahnende Qualitätsprobleme bei der anfänglichen Produktion in China begegnete man mit der Installation einer industriellen Produktionslinie in Wales, die auch die riesigen Stückzahlen bewältigt. Bis jetzt sind mehr als 2,5 Millionen dieser kleinen, mit Preisen um die 30 Euro günstigen Scheckkartenrechner verkauft worden. Dazu erscheint inzwischen quasi

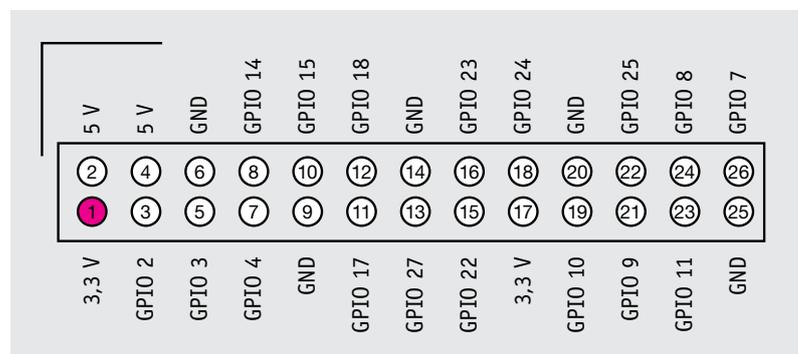


Bild 2: Die Belegung des GPIO-Ports (Rev. 2.0), Pin 2 liegt an der linken, oberen Ecke der Platine

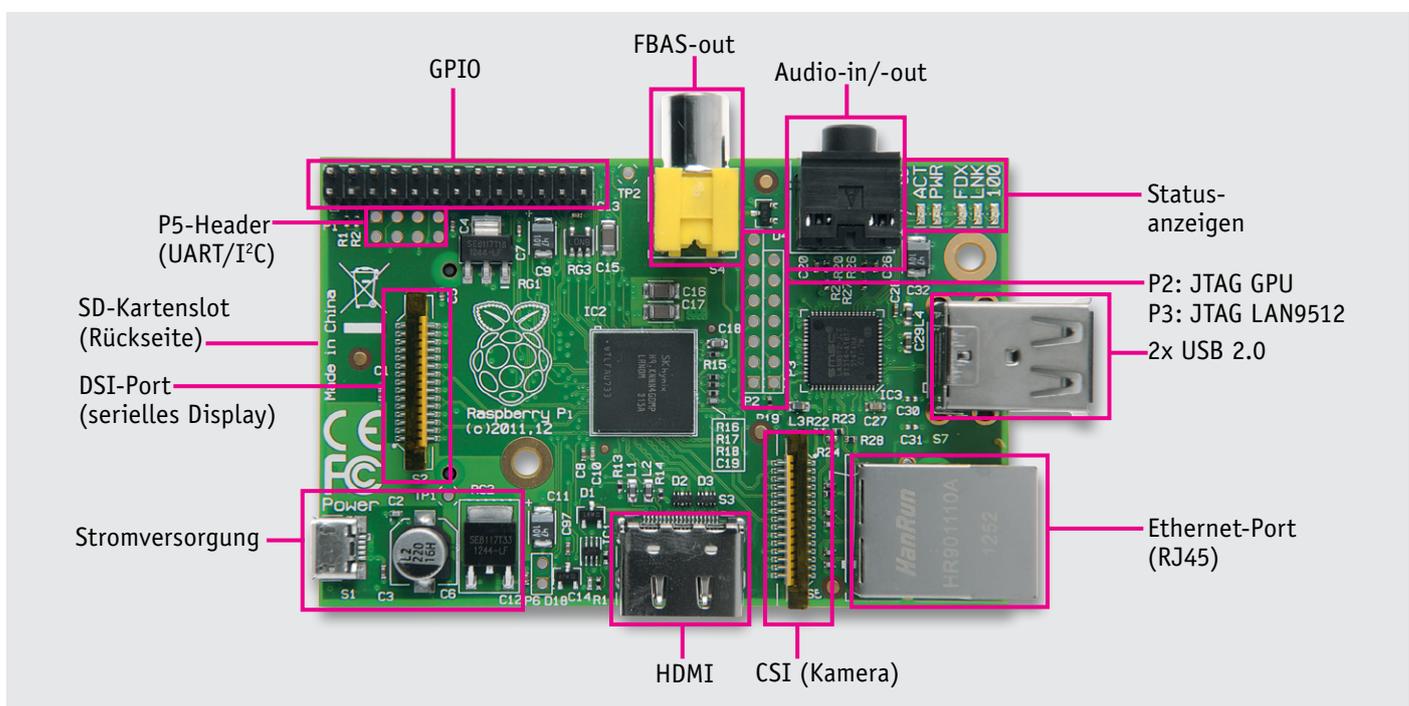
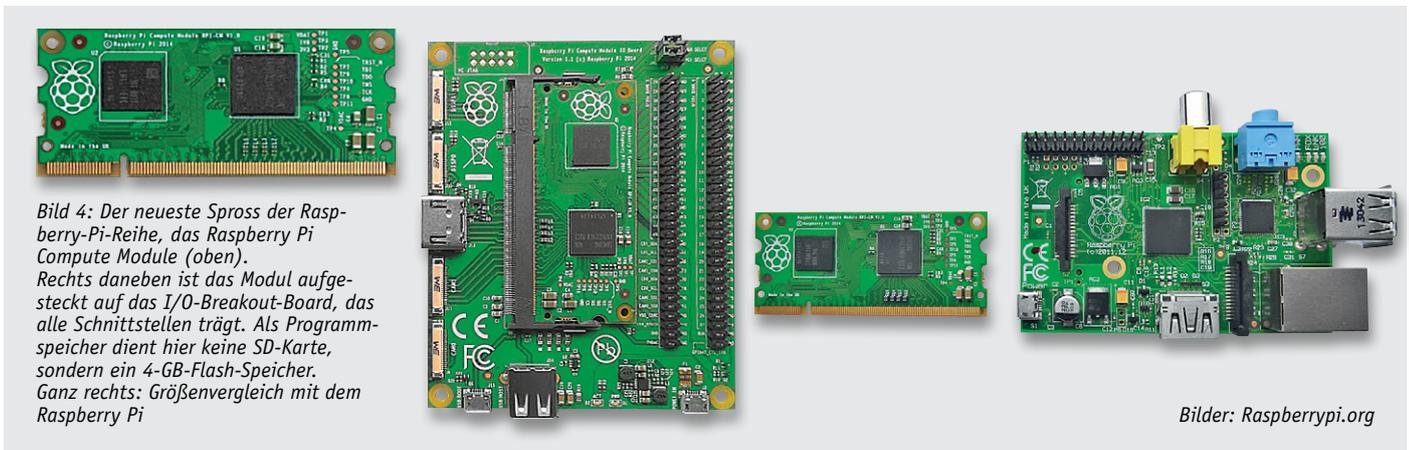


Bild 3: Übersicht über Funktionsgruppen und Anschlüsse des Raspberry Pi, Rev. 2.0



im Wochentakt ein neues Zubehörprodukt – entweder von der Foundation selbst oder Drittherstellern – auf dem Markt.

Die Technik

Die technische Grundlage bildet der SoC (System on a Chip) vom Typ Broadcom BCM2835 mit einem 700-MHz-ARM11-Prozessor, sowie einem VideoCore-IV-Grafikprozessor (GPU) von Broadcom. Der macht den kleinen Rechner dank Full-HD-Fähigkeit und HDMI-Interface zu einer beliebten Grundlage für diverse Mediacenter-Projekte.

Vor allem in der RAM-Ausstattung mit unterscheiden sich die beiden Versionen des Rechners: Während Modell A 256 MB SDRAM an Bord hat, sind dies beim Modell B 512 MB. Unterschiede zwischen beiden Modellen gibt es auch bei der Schnittstellenausstattung: Modell A hat eine, Modell B 2 USB-Ports, dazu verfügt Modell B über einen integrierten Ethernet-Port.

Ansonsten ist die Ausstattung beider Modelle gleich: FBAS-/HDMI-Ausgang, Tonausgabe analog (3,5-mm-Klinkenbuchse) und digital via HDMI, ein SD-Kartenleser und die mögliche Stromversorgung über eine Micro-USB-Buchse.

Von Anfang an hat man daran gedacht, dem kleinen Rechner als Erweiterung eine Kamera zu spendieren, also bekam er ein serielles Kamera-Interface (CSI) für den Anschluss einer entsprechenden Kamera, wie man sie auch in Smartphones oder Laptop-Computern findet.

Für den Nutzer ist die wohl wichtigste Schnittstelle die GPIO (General Purpose Input/Output, Bild 2). Die 26-polige Schnittstelle ist die Anwenderschnittstelle, sie bietet u. a. 17 frei programmierbare I/O-Pins, die z. B. auch als I²C-, SPI- oder UART-Schnittstellen einsetzbar sind.

Bild 3 gibt noch einmal einen Überblick über alle wichtigen Elemente des Raspberry Pi.

Die zum Zeitpunkt der Manuskripterstellung aktuellste Kreation der Raspberry Pi Foundation ist das Raspberry Pi Compute Module (Bild 4), ein funktional voll dem Raspberry-Pi-Modell B entsprechendes Mini-Prozessormodul in Form eines RAM-Speicherriegels (DDR2-SODIMM). Es verfügt über einen 4-GB-Flash-Speicher, der das Betriebssystem aufnimmt. Denn einen SD-Kartenslot sucht man hier ebenso verge-

bens wie andere Schnittstellen. Diese findet man auf dem zugehörigen I/O-Board, das das Compute Modul aufnimmt. Da der Einsatz vorwiegend für den (kommerziellen) Steuerungsbereich vorgesehen ist, gibt es keinen SD-Kartenslot, um Fremdzugriffe zu erschweren. Natürlich ist es dem Anwender freigestellt, das Compute Modul eigenständig in einer Anwendung einzusetzen, das I/O-Board ist ja lediglich ein Break-out-Board. Unter [2] kann man vorab einen Blick auf das ab Juni 2014 verfügbare Board werfen.

Die Software

Wie bereits erwähnt, dienen als Betriebssystem mehrere, vom Anwender nach Wunsch auswählbare Linux-Distributionen, die unter [3] zum Download bereitstehen. Man kann sie entweder einzeln herunterladen und auf eine SD-Karte übertragen oder gleich die NOOBS-Version (New Out of the Box Software) übernehmen, die alle angebotenen Versionen vorinstalliert anbietet, zwischen denen man beliebig wechseln kann. Das verbreitetste und zunächst für den Einstieg empfohlene System ist Raspbian, ein Debian-Derivat. Für den Einsatz im Multimediabereich empfehlen sich die XBMC-Media-Center-Derivate OpenELEC und Raspbmc. Wer ein „echtes“ Linux sucht, wird bei Arch Linux, einer Light-Linux-Distribution, fündig. Wer ein RISC OS auf dem Raspberry Pi betreiben will, kann zum ebenfalls angebotenen RISC OS greifen. Seit Herbst 2013 ist auch eine auf dem Raspberry Pi lauffähige Android-Version [4], CyanogenMod genannt, verfügbar.

Wer nun „Linux“ hört und sich zunächst nicht mit Kommandozeilen-Tools oder Konsolen beschäftigen will, dem sei die Angst genommen.

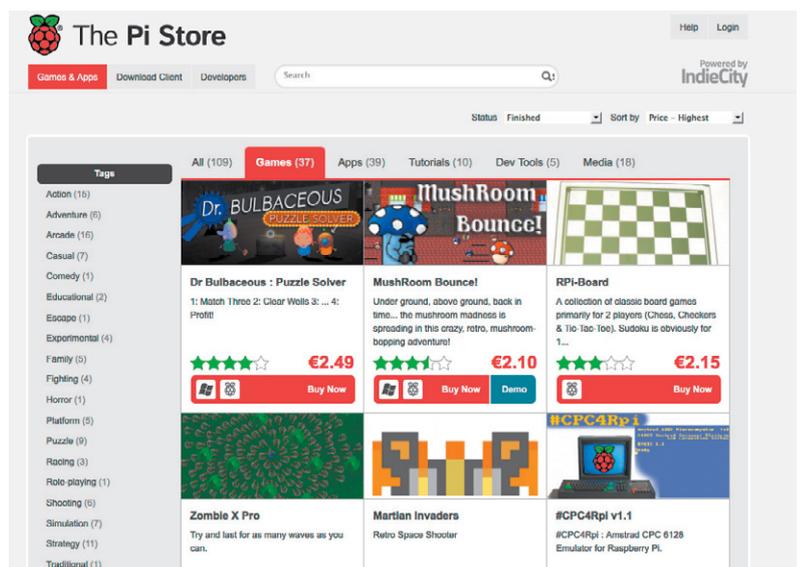


Bild 5: Programme für den Raspberry Pi ganz bequem laden – der Pi Store macht es möglich.

Raspbian etwa bietet eine sehr übersichtliche grafische Benutzeroberfläche, den LXDE-Desktop, wie man ihn etwa von Ubuntu, Debian oder Fedora kennt. Hierüber ist ein einfach handhabbares Dateimanagement ebenso möglich wie der Zugang zu den Systemwerkzeugen. Für die Nutzung des systemeigenen Web-Servers ist eine umfangreiche LAN-/WLAN-Unterstützung im System installiert, denn gerade diese Anwendung ist eine der verbreitetsten Nutzungsvarianten, z. B. für die Messwerterfassung.

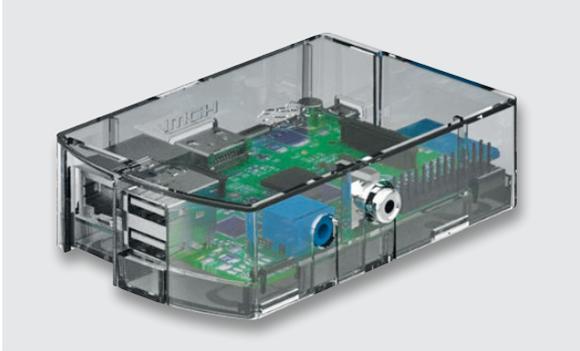


Bild 6: Passende Gehäuse für den Raspberry Pi gibt es in großer Vielfalt, hier eines aus klarem Kunststoff.

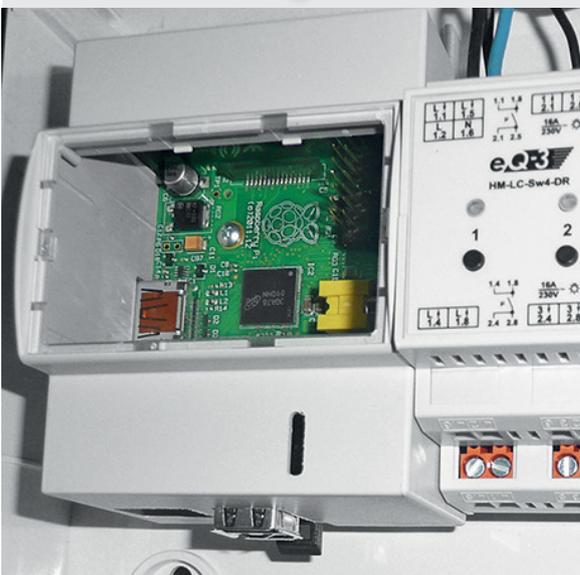


Bild 7: Spezialgehäuse für die DIN-Trageschienen-Montage, so ist der Raspberry Pi einfach integrierbar in eine Gebäudeautomationsanlage. Bild oben: www.modmypi.com

Fertige Programme lassen sich ähnlich wie eine App beim Smartphone aus dem Pi Store [5], Bild 5, direkt via Raspbian auf den Raspberry Pi laden. Wie im App-Store sind hier viele Programme gratis, andere kosten geringe Beträge. Die Installation von Zusatzprogrammen erfolgt Linux-typisch über eine Paketverwaltung, die Programme werden also als Pakete nachgeladen und installiert. Wer den Raspberry Pi als kleinen Universal-(Büro-)Rechner einsetzen will, hat diverse Möglichkeiten, sich eine Office-Umgebung, vom Internet-Browser Iceweasel bis zum Office-Paket LibreOffice, zusammenzustellen. Natürlich bietet Linux selbst zahlreiche Programmieroptionen für Dateioperationen, Konsolenprogramme, Mediacenter-Funktionen, SSH-Zugriff, VNC, PHP-Skripte via Webserver usw.

Ein ganz wesentliches Augenmerk für das Programmieren auf dem Raspberry Pi wurde von den Erfindern des Rechners auf die Anwendung einer einfachen Programmiersprache gelegt, die auch von Kindern und Jugendlichen leicht erlernbar sein soll – das ist Python [6]. Python ist eine plattformunabhängige und sehr einfach und klar strukturierte Programmiersprache, die bereits im Betriebssystem vorinstalliert und damit sofort nutzbar ist. Das erste kleine Programm, das eine an einen GPIO-Port angeschlossene LED blinken lässt, ist schnell mit wenigen einfachen Zeilen geschrieben. Über die physische Schnittstellenkonfiguration muss man sich keine Gedanken machen, denn hier steht bereits – wie für andere Aufgaben auch – eine Python-GPIO-Bibliothek (RPi.GPIO) zur Verfügung. Lediglich der Port-Pin und seine Funktion sind noch festzulegen, ansonsten erledigt die Bibliothek alles im Hintergrund.

Noch einfacher ist die grafische Programmieroberfläche Scratch aufgebaut, hier werden Programme durch das Zusammensetzen von Befehlsbausteinen auf dem Desktop erstellt.

Im Übrigen gibt es eine umfangreiche deutschsprachige Literatur für die Programmierung rund um den Raspberry Pi [7], ebenso zu empfehlen sind die periodisch erscheinenden Magazine [8], [9] und natürlich die zahlreichen Foren [10].

Die RasPi-Peripherie

Natürlich entstand, wie es ja auch beim Arduino zu beobachten war, sehr schnell mit dem Erscheinen des kleinen Rechners der Wunsch nach ebenso einfach handhabbaren Peripheriebaugruppen. Die Entwickler hatten ja schon die Saat in Form der Kameraschnittstelle gelegt. So boten sie auch bald das erste HD-Kameramodul, die Pi Camera, samt zugehöriger Python-Bibliothek an (Tabelle 1, Seite 90/91). Der folgte ebenfalls aus gleicher Quelle die auf Nachtsicht spezialisierte Kamera Pi NoIR (Tabelle 1).

Auch passende Gehäuse (Bild 6) erschienen in großer Formen- und Farbenvielfalt auf dem Markt, bis hin zu per 3D-Drucker selbst herstellbaren Gehäusen oder der adäquaten Behausung für den Einsatz des Rechners auf einer Hutschiene in der Unterverteilung (Bild 7).

Die Vielfalt der von Drittanbietern angebotenen Module [11] mit den zugehörigen Bibliotheken ist



kaum noch zu übersehen. In [Tabelle 1](#) sind zahlreiche dieser Module kurz beschrieben. Es gibt Module für die Anbindung an die Haustechnik per Standard-Funkprotokoll, Aktormodule, solche umfangreichen Erweiterungen wie das Gertboard und Displaymodule. Erwähnenswert ist sicher auch das Embedded Pi-Board ([Bild 8](#)), das als Brücke zwischen der Arduino-Welt mit ihren unendlich vielen Shields, dem Raspberry Pi und einer auf dem Board vorhandenen ARM-Cortex-M3-Entwicklungsplattform (STM32) dient. Auch dafür gibt es eine Bibliothek. Neben den Arduino-kompatiblen Shields aller Art sind auf dem Board auch die TinkerKit-Shields mit Arduino-Ports einsetzbar.

Selbstverständlich ist es jedem Anwender unbenommen, eine eigene Applikation zu entwickeln, die er auf den GPIO aufsteckt. Das kann ein eigenes GPS-Modul ebenso sein wie eine einfache serielle Schnittstelle, wie z. B. im interessanten Temperatur-Erfassungssystem unter [\[12\]](#) beschrieben. Gerade ein solches Beispiel illustriert hervorragend, wie vielfältig und kreativ sich der kleine, nur scheckkartengroße Minicomputer einsetzen lässt.

Natürlich gehört es auch dazu, abschließend zu erwähnen, dass es inzwischen zahlreiche ähnliche, zum Teil noch leistungsfähigere (aber auch teurere) Minicomputer auf dem Markt gibt, die über eine ähnliche Funktionalität verfügen, wie etwa das Cubieboard [\[13\]](#), [Bild 9](#), oder den ebenso leistungsfähigen BeagleBone Black [\[14\]](#), [Bild 10](#).

All diese Plattformen bieten den Anwendern unendliche Möglichkeiten, zu eigenen, gegenüber einem PC auch erheblich ressourcen- und stromsparenden Stand-alone-Rechnertlösungen zu kommen, die viele alltägliche Aufgaben, so auch die des „Internets der Dinge“, erfüllen. Der Raspberry Pi war hier Vorreiter und wird es auf seinem Gebiet auch sicher noch eine Weile bleiben.

ELV

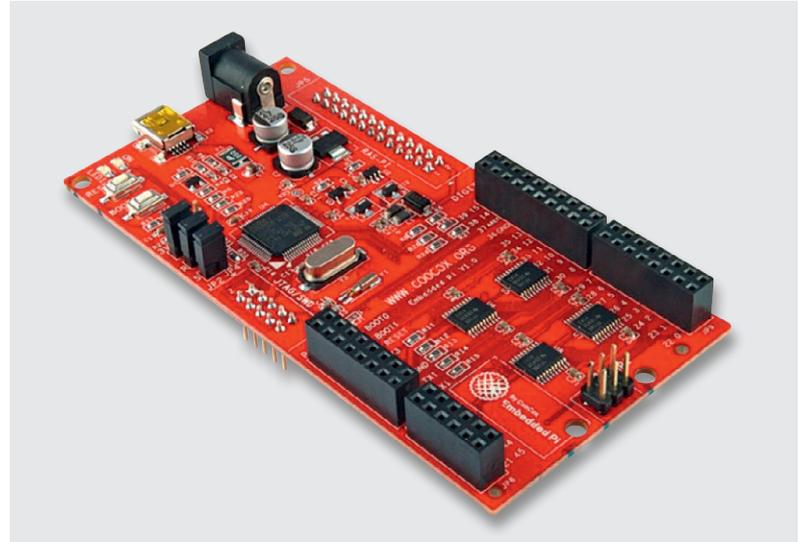


Bild 8: Verbindet die Welten des Raspberry Pi und des Arduino-Shields und beinhaltet zusätzlich eine STM32-Entwicklungsplattform – das Embedded Pi-Board

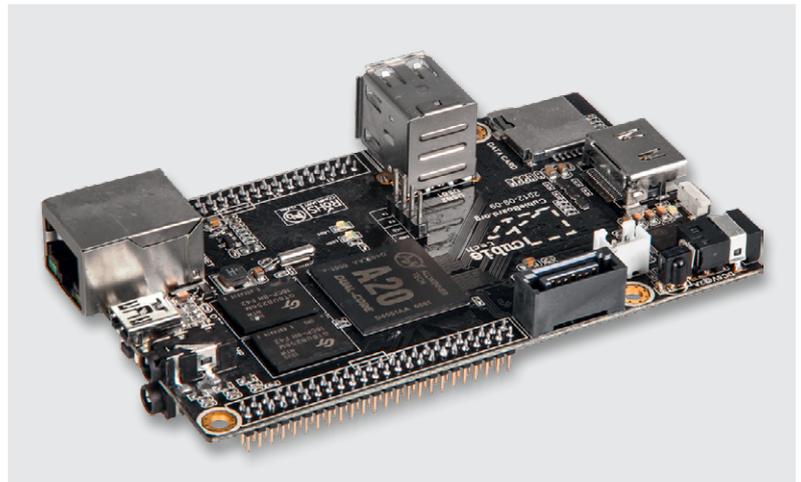


Bild 9: Eine Klasse höher angesiedelt: das 1-GHz-ARM7-Board Cubieboard 2 A20



Weitere Infos:

- [1] www.raspberrypi.org
- [2] www.raspberrypi.org/raspberry-pi-compute-module-new-product
- [3] www.raspberrypi.org/downloads
- [4] www.androidpi.wikia.com/wiki/Android_Pi_Wiki
- [5] <http://store.raspberrypi.com/projects>
- [6] www.raspberrycenter.de/handbuch/python-programmierung
- [7] www.elv.de Webcode #1305
- [8] www.themagpi.com
- [9] www.raspberry-pi-geek.de
- [10] www.raspberrypi.org/forums
- [11] www.elv.de Webcode #1306
- [12] www.s-huehn.de/elektronik
- [13] www.elv.de Webcode #1307
- [14] www.beagleboard.org/Products/BeagleBone+Black

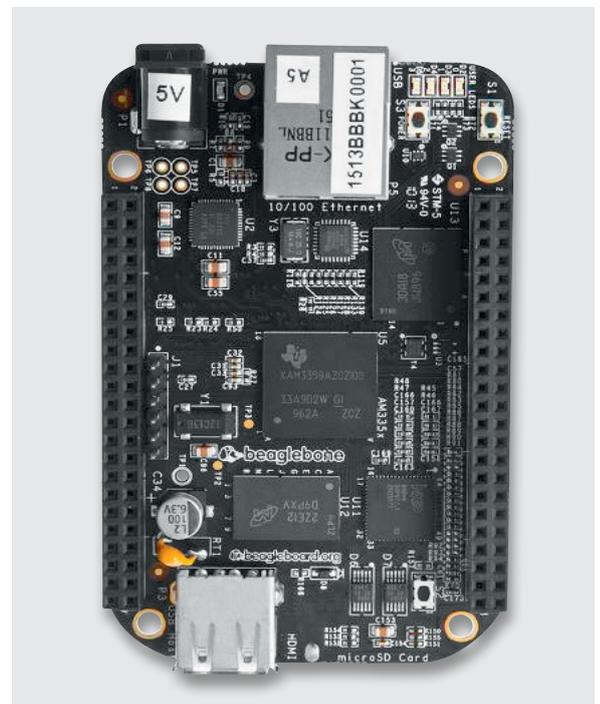
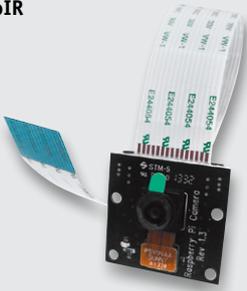
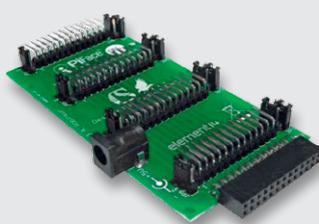


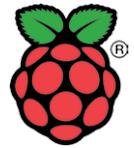
Bild 10: Noch ein Kleinrechner mit reichlich Rechenpower, der BeagleBone Black. Bild: Beagleboard.org

Raspberry-Pi-Zusatzbaugruppen (Auswahl)

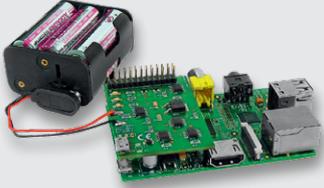
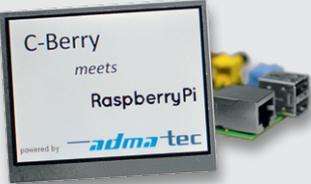
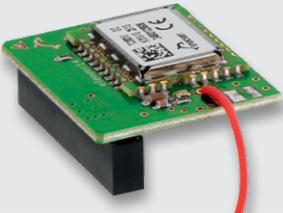
Bezeichnung	Beschreibung	Best.-Nr.	Preis
Camera 	HD-Kamera-Modul: · Anschluss über CSI-Schnittstelle · Fix-Fokus · 5-Megapixel-Sensor · Standbildauflösung: 2592 x 1944 Pixel · Max. Videoauflösung: 1080p · Max. Einzelbildrate: 30 fps · Größe: 20 x 25 x 10 mm	J3-11 18 22	€ 26,95
NoIR 	Kamera ohne IR-Filter für den Betrieb unter schlechten Lichtverhältnissen mit IR-Beleuchtung: · 5-Megapixel-Sensor (1/4") · Einzelbildauflösung: 2592 x 1944 Pixel · Full-HD-Videoauflösung: 1920 x 1080 Pixel · 30 fps · Fester Fokus, ohne IR-Filter · AEC, AWB, ABF, 50-/60-Hz-Detektion, ABLC	J3-11 56 27	€ 29,95
PiFace 	I/O-Erweiterungsboard: · 2 Relais mit Umschaltkontakt, max. Last 20 V/5 A · 4 Drucktaster · 8 digitale Eingänge · 8 Open-Collector-Ausgänge · 8 LEDs · Interrupt-Support	J3-11 51 09	€ 32,95
Gertboard 	GPIO-Erweiterung für Raspberry Pi – die universelle Ergänzungsplattform: · 12 gepufferte I/O-Ports · 3 Taster, 12 LEDs · 6 Open-Collector-Ausgänge (50 V/0,5 A) · Motorcontroller L6203 (18 V/2 A) · AVR ATmega 328, vom Raspberry Pi aus über das Arduino-IDE-Paket für den Raspberry Pi programmierbar · 2-Kanal-DA-Wandler (8/10/12 Bit) · 2-Kanal-AD-Wandler (10 Bit) · Alle Bauteilanschlüsse frei auf Steckerleisten geführt, alle ICs austauschbar auf Sockel · 5-V-Versorgung vom Raspberry Pi, 3,3-V-Erzeugung on Board	J3-11 45 68	€ 44,95
PiRack 	Erweitert die GPIO um 4 weitere Steckplätze: · Mehrere PiRack-Boards kaskadierbar · Komplette GPIO-Herausführung · Eigene Stromversorgungsbuchse für die Zusatzboards (5 V) · I ² C-Re-Adressierung über Jumper möglich · SPI-Chip-Enable-Leitungen durchgeführt	J3-11 40 63	€ 16,95
RasPiComm Extension Board 	Erweiterungsboard mit zahlreichen Kommunikationsschnittstellen: · Serieller RS485-Kanal bis 230.400 Baud · Serieller RS232-Kanal bis 115.200 Baud · Echtzeituhr/Kalender, batteriegestützt · 5 digitale Eingänge · Integrierter Joystick (4-Wege und Druck) · 2 digitale Ausgänge, jeweils max. 5 V/100 mA · Steckverbinder für seriellen SPI-Kanal · 2 Steckverbinder für seriellen I ² C-Kanal · Stromversorgungssteckverbinder	J3-11 18 26	€ 44,95



Alle Produkte zum Raspberry Pi finden Sie im ELV Web-Shop unter www.raspberrypi.elv.de



Raspberry-Pi-Zusatzbaugruppen (Auswahl)

Bezeichnung	Beschreibung	Best.-Nr.	Preis
Pi USB Hub 	V2DIP-USB-Modul erweitert den Raspberry Pi um zusätzliche USB-Ports: <ul style="list-style-type: none"> · 1x USB-Anschluss Typ A (Host) · 2x USB-Anschluss Typ A · Hub-Controller mit EEPROM für individuelle Speicherung von Konfigurationen, PID/VID usw. · USB-2.0-High-Speed-Hub-Controller zur Unterstützung von 3 nachgelagerten USB-Anschlüssen 	J3-11 40 64	€ 59,95
Raspberry USV 	Sichert ein definiertes Herunterfahren oder einen Weiterbetrieb bei Ausfall der regulären Hauptstromversorgung: <ul style="list-style-type: none"> · USV-Klassifikation nach IEC 62040-3: Stufe 1, Klasse 3 (VFD), keine Akku-Ladefunktion · Anschluss an 5-V-Stromversorgung (USB, Hauptversorgung) · Akku-/Batteriespannung: 7,5–25 V · Max. Strom bei Batteriebetrieb: 1 A · Diagnose- und Überwachungssoftware 	J3-11 45 75	€ 29,95
C-Berry 	SPI-TFT-Modul für Direktanschluss an den GPIO: <ul style="list-style-type: none"> · TFT-Display, 600 cd/m², 76,9 x 63,9 x 7 mm, 320 x 240 Pixel · Integrierter, programmierbarer Grafikkontroller RA8870, Parallel-Interface 8080 · TFT-Adapter seriell/parallel, mit GPIO-Anschluss 	J3-11 51 40	€ 39,95
Razberry Z-Wave 	Funkmodul nach Z-Wave-Standard, z. B. für die Anbindung an die Haustechnik: <ul style="list-style-type: none"> · Z-Wave-Transceiver-Modul Sigma Design 3102 mit externem 32-KB-SPI-Flash-Speicher · Gedruckte On-Board-Antenne · Kommunikation über Z-Wave-Funkprotokoll und Z-Wave-Firmware 	J3-11 59 55	€ 54,95
EnOcean 	Das Funkmodul schlägt die Brücke zu den batterielosen Funkmodulen von EnOcean und ermöglicht so die Nutzung des Raspberry Pi als günstige Gateway-Box z. B. für Smart-Home-Anwendungen: <ul style="list-style-type: none"> · UART-Schnittstelle · Bidirektionale Funkkommunikation über serielle Schnittstellen · Repeaterfunktion 	J3-11 56 26	€ 29,95
NFC 	Direkt aufsteckbares NFC-Board für alle 3 NFC-Modes: <ul style="list-style-type: none"> · Basiert auf dem NXP-PN512-Chip (13,56 MHz) · Realisiert 3 NFC-Modes: Reader, P2P und Card-Emulation · Softwarepaket für P2P (Datentransfer vom Smartphone), Card-Emulation, basiert auf NXP Reader Library für Linux (SPI) 	J3-11 59 56	€ 24,95