

Raspberry Pi – Himbeeruchen im Unterricht

CHRISTIAN DATZKO

Zusammenfassung: Seit der Raspberry Pi, ein Computer auf einer Platine, im Februar 2012 allgemein verfügbar wurde, wurde er millionenfach verkauft und in vielen Ländern im Unterricht eingesetzt, nicht nur für Informatik. In diesem Artikel wird er vorgestellt und das Potential für den Unterricht und darüber hinaus dargelegt. Der Autor bezieht sich dabei nicht nur auf theoretische Überlegungen, sondern auch auf seine Erfahrungen im Unterrichtseinsatz im Ergänzungsfach Informatik.

Abstract: Raspberry Pi: Raspberry pie in the classroom. Since the Raspberry Pi, a computer on a single circuit board, was made available in February 2012, it has been sold million times over and used in classrooms in many countries, not only for computer science classes. This article presents an overview of its capabilities and its potential for regular classes and beyond. The author not only gives theoretical thoughts but bases his remarks also on his experience in this in classes on the Ergänzungsfach Informatik (Ergänzungsfach is anobligatory elective subject in the swiss high school system that, in addition to the Schwerpunktfach, allows for specialization).

Key words: computer sciences, Raspberry Pi, teaching practice, obligatory elective subject, computer subject.



Der Raspberry Pi 2 B, wie er ausgeliefert wird.

1 Einleitung

In den Jahren nach der Dotcom-Blase (ca. 2000) waren die Zahlen der Informatikstudierenden rückläufig (Schodl 2011), nicht nur in der Schweiz, sondern auch an englischen Universitäten. 2006 entwickelten Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang und Alan Mycroft des Computer Laboratory der University of Cambridge das Konzept eines handlichen und bezahlbaren Computers, der für Kinder geeignet sein sollte (Raspberry Pi Foundation 2015). Sie liessen sich dabei bewusst von ihrer persönlichen Entwicklung inspirieren. So schreibt Peplow (2015), dass Eben Upton feststellte, dass sich viele Kinder heute zwar viel mit Computern im weiteren Sinne¹ beschäftigen, jedoch selten in tiefere Verständnisebenen vordringen.

Diese Beobachtungen kann der Autor als Altersgenosse von Eben Upton aus Sicht eines Informatiklehrers sehr gut nachvollziehen: Fast jeder Lernende, der ihm bisher begegnet ist, besitzt ein Smartphone und hat zuhause zumindest Zugang zu einem Computer, häufig besitzt er sogar einen eigenen. Viele verbringen Stunden mit diesen Geräten, sie kennen die neuesten

¹ Der Begriff Computer beinhaltet neben dem klassischen Desktop-Computer und dem Notebook PC auch Smartphones, Spielekonsolen oder den neuesten Trend der Smartwatches; all diese sind sogar, wenn man es genau betrachtet, Computer im engeren Sinne, auch wenn sie mit modernen Benutzerschnittstellen im positiven Sinne ihr «Computer-sein» möglichst verschleiern.

Kommunikationsapps und spielen die angesagtesten Spiele. Die Grundlagen der Informations- und Kommunikationstechnologie² hingegen müssen in der Regel neu erlernt werden, und Lernende, die sich an dem «Dahinter» bei Computern interessieren, sind dünn gesät.

2 Was ist der Raspberry Pi?

Der Raspberry Pi wurde im Gegensatz zu heutigen Computern nicht als Black Box entworfen, sondern bewusst als nackte Platine, mit offen liegenden Kontakten und Schnittstellen. Er enthält bewusst kein Gehäuse, kein Netzteil, keinen Monitor, keine Tastatur oder Maus. Lediglich die zentralen Komponenten, die ein Computer benötigt, sind vorhanden: Prozessor, Arbeitsspeicher sowie Schnittstellen für die Ein- und Ausgabe.

Konkret verwendeten die ersten Raspberry Pi einen Prozessor, der schon bei der Entwicklung des ersten Raspberry Pi im Jahr 2006 alt, dafür aber günstig und in hohen Stückzahlen verfügbar war, da er beispielsweise in vielen Smartphones eingesetzt wurde (Wikipedia 2015b). Die aktuelle Generation, der Raspberry Pi 3 B, setzt einen neueren Prozessor mit vier Kernen ein (Wikipedia 2015a). Mit dabei ist zudem ein vergleichsweise leistungsstarker Graphikchip, der auch HD-Videos ohne Ruckeln darstellen kann. Als Arbeitsspeicher steht beim aktuellen Raspberry Pi 1 GB zur Verfügung (Wikipedia 2015c). Der nicht-flüchtige Speicher wird aktuell in Form einer microSD-Karte realisiert. Schnittstellen für die Ein- und Ausgabe sind USB-Anschlüsse, digitale und analoge Videoausgabe, digitale und analoge Audioausgabe sowie Steckerleisten mit verschiedenen Ein- und

² IKT, oftmals auch als englisch ICT abgekürzt, beschäftigt sich mit dem Anwenden des Computers; in der Regel ist damit neben den Grundlagen im Umgang mit dem Betriebssystem auch die Anwendung von Textverarbeitung, Tabellenkalkulation und Präsentationssoftware gemeint. IKT wird auf der einen Seite durch Medienbildung ergänzt, die sich dem Umgang mit digitalen Quellen wie dem Internet widmet, und auf der anderen Seite durch die Informatik, die sich mit den technischen Grundlagen von Computern, mit der Programmierung, aber auch mit darüberstehend theoretischen Konzepten und Implikationen beschäftigt.

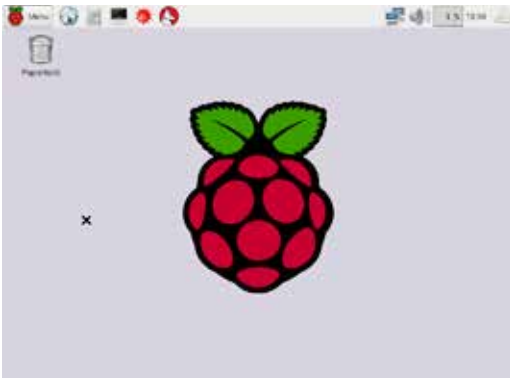


Abb. 1: Der Desktop von Raspbian.

Ausgabepins, beispielsweise für GPIO (siehe Abschnitt 4), aber auch für eine Kamera und ein LCD-Display. Die meisten Raspberry Pi's bieten zudem einen Netzwerk-Anschluss.

Da der Raspberry Pi erst einmal nur eine Platine ist, braucht man zum Verwenden eines Raspberry Pi einige zusätzliche Komponenten: zumindest eine microSD-Karte sowie eine Stromversorgung. Im Gegensatz zu manchem Gadget, das heutzutage verkauft wird, wurde jedoch darauf geachtet, dass Standardkomponenten verwendet werden können: in vielen Haushalten sind microSD-Karten beispielsweise in digitalen Fotoapparaten vorhanden, als Stromversorgung genügen die meisten Handy-Ladegeräte (wenn diese nicht einen herstellereigenen Anschluss haben).

Auch weitere sinnvolle Komponenten sind häufig schon vorhanden: ein Fernseher oder ein Bildschirm³ sowie Tastatur und Maus, die via USB angeschlossen werden⁴. Ein Netzwerk-Kabel respektive ein WLAN-Adapter sorgen für die Verbindung ins Internet. Die Idee dahinter ist, dass schon im Haushalt vorhandene Komponenten genutzt werden können, was sowohl den Geldbeutel als auch die Umwelt schont. Die Kompatibilität auch mit älteren Geräten soll vor

³ HDMI-kompatible Bildschirme und Fernseher kann man direkt anschließen, mit dem analogen Videoanschluss ist es sogar möglich, alten Röhrenfernsehern mit einem einfachen SCART-Adapter ein neues Leben einzuhauchen, für alle anderen üblichen Bildschirmanschlüsse gibt es Adapter.

⁴ Auch hier gibt es für ältere Varianten mit PS/2-Anschluss entsprechende Adapter.

allem sicherstellen, dass die finanziellen Verhältnisse nicht in dem Masse über die Verwendungsmöglichkeit entscheiden wie bei «normalen» Computern.

Auf der Softwareseite bietet der Raspberry Pi mehrere Optionen. Die meisten Betriebssysteme für den Raspberry Pi basieren auf Linux, wobei Raspbian mit Abstand am meisten eingesetzt wird. Aufgrund der Architektur kann jedoch kein Windows oder Mac OS laufen (die Ausnahme der Regel ist Windows 10 IoT, was jedoch nicht mit dem Desktop-Betriebssystem verwechselt werden sollte).

Raspbian ist eine angepasste Debian-Distribution. Sie enthält daher alle üblichen Programme, die ein Linux-Computer bietet: Büroprogramme, Internetbrowser und Medienspieler, aber auch Programmierumgebungen, wissenschaftliche Anwendungen und, typisch für Linux, auch die verschiedensten Server-Komponenten, beispielsweise Webserver, Datenbankserver oder Dateiserver. Die Breite der Anwendungen erlaubt es, den Raspberry Pi in vielen Situationen flexibel einzusetzen. Zudem bietet Raspbian einige Dinge, die andere Distributionen (noch) nicht bieten: Bibliotheken, um die GPIO-Schnittstellen ohne grossen Aufwand von einer Programmiersprache aus anzusprechen (vgl. Abschnitt 4), sowie eine (für die nichtkommerzielle Verwendung) kostenlose Lizenz des Mathematik-Pakets Mathematica (Wolfram Research 2015).

3 Methodische Überlegungen

Die Informatik als junge Disziplin wandelt sich teilweise in einem atemberaubenden Tempo. Was vor nicht allzuvielen Jahren noch die Rechenleistung von Grossrechnern war und vor wenigen Jahren von einem typischen Desktop-Computer geleistet wurde, steckt heute in einem Smartphone und in ein paar Jahren möglicherweise in unserem Geschirrspüler (die ersten Geschirrspüler mit WLAN und eigener App werden heute schon regulär verkauft).

Dies gilt umso mehr für die Informatik-Didaktik (Hartmann et al. 2006 S. 17), was ein konsequentes Auseinandersetzen der Informatiklehrpersonen mit den Möglichkeiten aktueller

Trends erfordert. Im Gegenzug bietet dieses Auseinandersetzen die Chance, den Lernenden da zu begegnen, wo zumindest einige von ihnen sich ebenfalls interessieren. So besteht die Chance, dass die Lernenden sich mit den Unterrichtsinhalten durch intrinsische Motivation beschäftigen.

Nach dem Informatikdidaktiker Hubwieser (2007 S. 16) ist diese vielversprechender als extrinsische Motivation. Mit dem Raspberry Pi ist es möglich, diese Motivation hervorzurufen. Er lädt dazu ein, spielerisch seine Fähigkeiten zu entdecken, gleichzeitig stellt er auch, anders als eine Black Box, Hürden, damit er die gewünschten Resultate gibt. Diese Hürden sind, ganz im Sinne des Spiralprinzips (vgl. den Informatikdidaktiker Humbert (2005 S. 34)) und der Binnendifferenzierung (Humbert 2005 S. 75) individuell und vielfältig, jedoch in den meisten Fällen selbstständig überwindbar. So mag, wie der Autor im Unterricht im Ergänzungsfach Informatik selber erleben durfte, für den einen Lernenden die Installation und Konfiguration eines Datenbankservers die ultimative Herausforderung sein, während für einen anderen Lernenden das performante Ansprechen einer selbstgelöteten LED-Matrix ein spannender Lernprozess ist.

Um diese intrinsische Motivation zu befördern, ist es wichtig, dass der Raspberry Pi nicht nur während der Unterrichtszeiten den Lernenden zur Verfügung steht, sondern dass die Lernenden sich auch zuhause damit auseinandersetzen können, was angesichts des günstigen Preises auch möglich ist.

Eine Neuerung, die erst in den letzten Jahren den Informatikunterricht wieder stärker prägt, ist die Beschäftigung mit Hardware im Informatikunterricht. In den Anfängen des Informatikunterrichts in den 70er-Jahren gab es schon einmal einen ähnlichen Ansatz, wenn auch damals mehr grundlagenorientiert dargestellt (wie beispielsweise vom Informatikdidaktiker Baumann, 1996 S. 112).

Viele Jahre wurden hierfür an Schulen Legoroboter eingesetzt. Die dazugehörige graphische Programmiersprache ist jedoch nach Unterrichtserfahrungen des Autors eher etwas für jüngere Lernende. Ältere Lernende mit Pro-

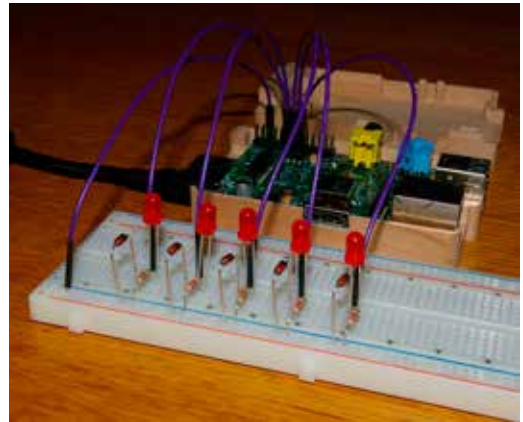


Abb. 2: Ein Raspberry Pi B mit fünf LEDs, die an GPIO-Pins angeschlossen sind.

grammiererfahrung empfinden die Bedienung als umständlich. Die neueste Version EV3 der Legoroboter bietet immerhin die Möglichkeit, sie mit Hilfe von LeJOS (Bagnall et al. 2015) in Java oder mit Hilfe einer darauf basierenden Lernumgebung (Arnold et al. 2015b) in Python zu programmieren.

Inzwischen gibt es auch Projekte, den Raspberry Pi als Roboterplattform einzusetzen. Sehr erfolgversprechend ist das Projekt von Arnold et al. (2015a), das die volle Programmierbarkeit in der einfachen Programmierumgebung TigerJython (Kohn 2015) ermöglicht. Gemäss dem Prinzip des Vermeidens von Black Boxen gibt es auch hier eine Version des Roboters, die noch montiert werden muss (inklusive notwendiger Lötarbeiten), es gibt aber auch vormontierte Exemplare.

Neben dem beliebten Einsatz von Robotern ermöglicht der Raspberry Pi Handlungsorientierung (Baumann 1996 S. 182.) durch das direkte Ansprechen von Hardware mit Hilfe der GPIO-Pins. GPIO, *General Purpose Input Output*, bietet Pins, die entweder mit 0 V oder 3,3 V beschaltet werden können, an denen aber auch gemessen werden kann, ob momentan 0 V oder 3,3 V angelegt sind. So können beispielsweise LEDs angesteuert werden, Schaltvorgänge wahrgenommen oder auch, über entsprechende Verstärker, Motoren gesteuert werden. Diese GPIO-Pins sind eine der grossen Stärken des Raspberry Pi: sie eröffnen eine komplett neue Dimension des Um-

gangs mit Computern, da die Lernenden hier von vorgegebenen Bedienschnittstellen wie Tastatur, Maus oder Touchscreen weg zu eigenen Entwicklungen gehen können.

Dies erlaubt Konstruktivismus in seiner ursprünglichen Intention und nicht nur innerhalb starker Grenzen («Offene, divergente Problemsituationen veranlassen die Lernenden, entsprechend Vorliebe, Vorverständnis und Lernbereitschaft ein Problem in Angriff zu nehmen.», Sjuts 1999 S. 23).

Gleichzeitig bietet dies auch die Möglichkeit, Projekte durchzuführen. Bei Projekten ist immer das Problem des Umfangs und der Offenheit in der Form der Umsetzung. Hartmann et al. (2006, S. 99) schreibt hierzu: Informatiksysteme sind oft gross, komplex und das Werk von Entwicklungsteams. Im Unterricht fehlt die Zeit, um grosse Informatiksysteme zu planen und zu bauen. Die Beschränkung auf kleine Informatiksysteme blendet wichtige Aspekte der Informatik aus. Er schreibt aber auch: Die Projektmethode bietet sich an, um trotzdem wichtige Phasen und Aspekte eines typischen Informatikprojekts aufzuzeigen. Ein GPIO-Projekt, wie in Abschnitt 4 beschrieben, ist hierfür gut geeignet, da es sowohl einen begrenzten Umfang ermöglicht, gleichzeitig aber auch eine Vielfalt an Möglichkeiten.

Letztlich kann der Raspberry Pi nichts, was nicht auch andere Computer, Roboter oder Lernumgebungen bieten. Er ist jedoch ein Gerät, das eine hinreichend geschützte Umgebung (Baumann 1996 S. 175) bietet. Gleichzeitig ermutigt es zum Experimentieren, es ist anschaulich, und es setzt auf Standardlösungen, die auch in der Praxis verwendet werden. Vor allem aber bietet der Raspberry Pi dies in einem Gerät, das zudem noch so günstig ist, dass die Lernenden es sich selber kaufen können und auch nach Ende des Unterrichts weiter verwenden können.

4 Praktische Erfahrungen

Der Autor setzt den Raspberry Pi seit 2013 regelmässig im Ergänzungsfach Informatik ein. Die Lernenden sind in der Abschlussklasse des Gymnasiums und konnten für diesen Kurs unter verschiedenen Ergänzungsfächern wählen. Die

Lernenden sind also überdurchschnittlich an Informatik und indirekt auch an Technik interessiert. Dies zeigt sich an vielen Stellen, insbesondere an der Leistungsbereitschaft und Leistungsfähigkeit. Oftmals erlebte der Autor, dass das Ende der Lektion von den Lernenden übergangen wurde und sie unbekümmert weiterarbeiteten.

Insofern können diese Erfahrungen nicht einfach auf anders zusammengesetzte Lerngruppen übertragen werden. In einem Grundlagenfach Informatik, wie es in diesen Jahren in mehreren Kantonen der Schweiz eingeführt wird, kann die Situation durchaus anders aussehen. Unterrichtserfahrungen des Autors in anderen Ländern in vergleichbaren Lerngruppen zeigen jedoch, dass die allgemeinen Tendenzen wahrscheinlich übertragbar sind.

4.1 Raspberry Pi als Unterrichtsgegenstand

Für viele Lernende, auch im Ergänzungsfach Informatik, ist der Umgang mit nackter Hardware ungewohnt (vgl. Abschnitt 1). Hinzu kommt, dass Geräte wie Monitor, Maus oder Tastatur in der Regel selten neu verbunden werden, wenn sie nicht sowieso schon in einem Notebook PC fest verbaut sind. Hieraus ergeben sich Fragen und Unsicherheiten, die im konkreten Schulumfeld dadurch verstärkt werden, dass aus Kostengründen einige Sonderlösungen gefunden werden mussten, wie HDMI-DVI-Adapter oder USB-PS/2-Adapter. Gleichzeitig kann dies auf die Lernenden auch eine gewisse Faszination ausüben.

Auch die Installation der Software und der für viele ungewohnte Umgang mit Linux muss thematisiert werden. Hier zeigt sich die Heterogenität jeder Lerngruppe besonders: Während einige wie selbstverständlich Befehle in die Linux-Kommandozeile eintippen, haben andere dies offensichtlich noch nie zuvor in ihrem Leben gemacht und müssen erst einmal diese neue Art der Computerbedienung für sich erschliessen. Hier bietet der Raspberry Pi jedoch verschiedene Hilfestellungen: Neben dem Basis-Konfigurationsprogramm `raspi-config`, das viele Befehle für den Benutzer übernimmt, können fast alle Einstellungen und Vorgänge auch mit Hilfe

der graphischen Benutzeroberfläche vorgenommen werden. Anleitungen, die den Lernenden vom Autor in Form eines passwortgeschützten Wikis zur Verfügung gestellt werden, helfen hierbei.

Neben den konkreten Lösungen für Probleme, erarbeiten die Lernenden sich dabei automatisch die Fähigkeit, sich in neuen Systemen zurechtzufinden. Diejenigen, die sich nach der Schule weiter mit Informatik im weiteren Sinne beschäftigen werden, haben zudem gleichzeitig grundlegende Erfahrungen im Umgang mit Linux gelernt.

Als Unterrichtsgegenstand bietet der Raspberry Pi also auf unterschiedlichen Ebenen vielfältige Möglichkeiten, sich mit Fragestellungen zumindest im weiteren Sinne der Informatik auseinanderzusetzen.

4.2 Raspberry Pi als Werkzeug, um allgemeine Konzepte zu unterrichten

Der Raspberry Pi alleine ist jedoch nicht Selbstzweck. Er bietet, wie in Abschnitt 2 erwähnt, eine Fülle von Softwaresystemen, die als Standard bezeichnet werden können und möglicherweise sowieso im Unterricht eingesetzt worden wären. Für den Unterricht des Ergänzungsfaches Informatik fordert der Lehrplan beispielsweise eine eingehende Beschäftigung mit Datenbanksystemen. Dies setzt der Autor mit Hilfe eines SQL-Servers, wie er beispielsweise in Form des MySQL-Servers als Standardpaket für Raspbian angeboten wird, um. Die Lernenden können ihn auf der Kommandozeile bedienen, aber auch mit Hilfe üblicher Webfrontends, wie phpMyAdmin. Hinzu kommen natürlich noch theoretische Grundlagen wie Datenbankentwurf (ER-Diagramme, Normalformen) oder die Beschäftigung mit Abfragesprachen (Relationenalgebra, relationales Tupelkalkül und natürlich SQL). Gegenüber der klassischen Lösung, mit XAMPP diese Komponenten einem Schulhaus-PC zur Verfügung zu stellen, hat der Raspberry Pi den Vorteil, uneingeschränkt konfigurierbar zu sein und vor allem nicht potentiell gegen Schulhausregelungen zur Installation von zusätzlicher Software zu verstossen.

Ein weiteres zentrales Thema ist Webpublishing. Auch hier bietet der Raspberry Pi mit dem Apache-Webserver ein Standardpaket für Raspbian. Skriptsprachen wie PHP können problemlos hinzuiinstalliert werden. Der Autor nutzt die Vielfalt der möglichen Umsetzungen, indem die Lernenden sich hier in kleinen Gruppen ein eigenes Projekt suchen sollen, das sie dann umsetzen. Die Lernenden haben in der Vergangenheit Spiele programmiert, ein Kiosk-System für die automatisierte Pensum-Anzeige umgesetzt oder sich an der Lösung von Zauberwürfeln versucht. Allen Projekten war gemein, dass sie das Prinzip Server-Client ausgelotet, Informationen verarbeitet, an geeigneter Stelle gespeichert und die Schnittstelle zum Benutzer gestaltet haben. Auch hier wäre die klassische Lösung XAMPP eine Alternative gewesen.

Neben diesen beiden Beispielen für den Einsatz spezieller Software hat der Autor den Raspberry Pi jedoch für jegliche andere Fragestellung vom Lösen von Strategiespielen bis hin zur Kryptoanalyse eingesetzt, da für die im Unterricht eingesetzten Programmiersprachen Java und Python jeweils ein Compiler respektive Interpreter zur Verfügung steht. Hier ist jedoch zumindest für die älteren Raspberry Pi-Versionen ein deutlicher Geschwindigkeitsunterschied zwischen dem Schulhaus-PC und dem Raspberry Pi offensichtlich geworden. Beim schnelleren Raspberry Pi 2/3 B ist dies nicht mehr so stark ein Thema.

Der Raspberry Pi eignet sich also besonders als Werkzeug, um spezielle Software, die aus Sicherheits- oder Aufwandsgründen auf Schulhaus-PCs möglicherweise nur eingeschränkt oder gar nicht eingesetzt werden darf, zu verwenden.

4.3 Raspberry Pi als Werkzeug, um spezielle Konzepte zu unterrichten

Besondere Leistungen kann der Raspberry Pi dort zeigen, wo er Fähigkeiten mitbringt, die ein Schulhaus-PC nicht bietet. Das ist insbesondere seine GPIO-Schnittstelle. Hier zeigt sich, dass der Raspberry Pi im Umfeld der Maker Culture zuhause ist. Schon ein paar wenige Programmzeilen, eine LED und ein Widerstand können

spannende Funktionalität zeigen. Das folgende Python-Programm lässt eine LED am Pin 11, in Reihe geschaltet mit einem 220Ω-Widerstand eine Sekunde lang leuchten (siehe auch Abbildung 2):

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(11, GPIO.OUT)
GPIO.output(11, True)
time.sleep(1)
GPIO.output(11, False)
GPIO.cleanup()
```

Eine grosse Einschränkung neben der Anzahl der GPIO-Pins (26 Pins beim Raspberry Pi A+/B+ sowie beim Raspberry Pi 2/3 B, bei älteren Modellen nur 17 Pins) ist der maximale Strom, den ein einzelner Pin zur Verfügung stellt: pro Pin dürfen maximal 15mA verwendet werden, alle Pins zusammen dürfen nicht mehr als 50mA verwenden (Abb. 3). Leider sind die Pins nicht gegen zu hohe Spannungen abgesichert. Der Autor hat zwar weder bei sich noch bei seinen Lernenden defekte Raspberry Pi's durch Überspannungen erlebt, ausgeschlossen ist dies aber nicht. Daher sollte frühzeitig das Verwenden von Zenerdioden zur Absicherung und Verstärkung für grössere Ströme thematisiert werden.

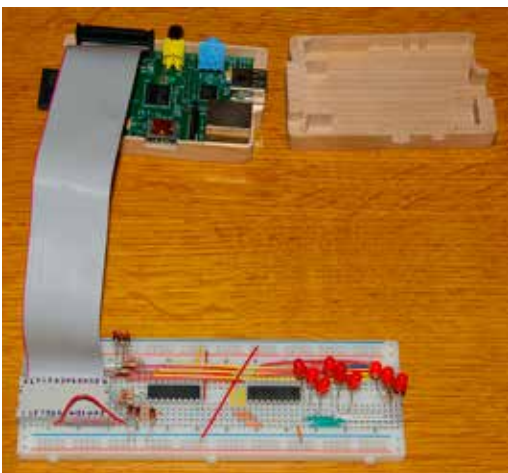


Abb. 3: Eine 3x3-LED-Matrix mit Verstärkern, am Raspberry Pi angeschlossen.

Im Ergänzungsfach Informatik setzt der Autor diese Fähigkeit des Raspberry Pi ebenso wie das Webpublishing als Projekt ein. Die einzige Vorgabe an die Lernenden ist, dass sie ein Projekt durchführen müssen, das Hardware (mit Hilfe der GPIO-Pins angesteuert) und Software (die die Hardware steuert, die durch die Hardware gesteuert wird oder beides) beinhaltet. Die Lernenden haben unter anderem folgende Projekte durchgeführt:

- Ein Tic-Tac-Toe-Spiel, das komplett ohne Bildschirm und Tastatur nur mit LEDs und Schaltern entweder alleine gegen den Computer oder zu zweit gespielt werden kann.
- Eine LED-Matrix (Abb. 4), die Conways Game of Life zeigt.
- Eine 7-Segment-Anzeige, die über WLAN Zahlen empfängt und anzeigt.
- Ein Tetris-Spiel, das komplett ohne Bildschirm und Tastatur nur mit einer LED-Matrix und Schaltern gespielt werden kann.
- Eine LED-Matrix, auf der mit Hilfe eines Auswahlbildschirms verschiedene kleine Spielchen wie Snake gespielt werden können.

Natürlich gab es auch Projekte, die nicht erfolgreich abgeschlossen wurden. Ein Versuch, ein Raspberry Pi-Gehäuse mit sich selbst öffnendem Deckel zu bauen, scheiterte daran, einen geeigneten Schrittmotor zu finden. Ein anderer Versuch, einen elektronischen Flipperkasten zu bauen, scheiterte an der fehlenden Zeit der Lernenden. Aber auch diese Fehlschläge boten für die Lernenden hinreichend viele Lernmöglichkeiten, so dass zumindest ein gewisser Lernerfolg trotz fehlendem Endprodukt attestiert werden konnte.

Was erstaunt, ist die Zeit und der Aufwand, die die Lernenden in solche Projekte investieren können. Von der Beschaffung der Teile über das Nutzen der Werkstatt von Eltern oder Grosseltern bis hin zu stundenlangem Programmieren zeigt, dass die Lernenden deutlich über das übliche Mass Bereitschaft zeigen können, wenn sie eine Aufgabe fasziniert. Dies ist zu einem Grossteil dem Raspberry Pi zuzuschreiben, der es einfach macht, ein Projekt anzufangen und



Abb. 4: Eine LED-Matrix, die am Raspberry Pi angeschlossen und einen Lauftext darstellen kann.

gleichzeitig alle Möglichkeiten bietet, auch komplexe Projekte umzusetzen.

Nicht unerwähnt soll an dieser Stelle ein Kuriosum bleiben, das den Raspberry Pi in der heutigen Zeit einzigartig macht: Dadurch dass er kein Gehäuse mitbringt, sind die Lernenden aufgefordert, eines zu besorgen. Der Autor fordert die Lernenden immer heraus, dass sie sich ein eigenes Gehäuse bauen sollen. Neben Gehäusen aus Pappe oder vorgefertigten Kisten gab es auch schon Raspberry Pi's in LEGO, in einem ausgehöhlten Buch oder einer Metall-Pralinenschachtel (natürlich isoliert). Dies fördert ganz nebenbei das In-Besitz-Nehmen des eigenen Raspberry Pi. An dieser Stelle zeigt der Raspberry Pi deutlich, dass in ihm mehr als in einem Schulhaus-PC steckt, dass er das Erschaffen von Neuem geradezu herausfordert, und somit seinen ursprünglichen Zweck, Lernende mehr mit Informatik in Kontakt zu bringen, erfüllt.

5 Alternativen

Der Raspberry Pi ist natürlich nicht die einzige Möglichkeit, die Inhalte des Ergänzungsfachs Informatik zu unterrichten. Als direkte Konkurrenz gibt es eine Vielzahl von verschiedensten Einplatinenrechnern, die ähnliche Funktionen bieten.

Einige dieser Alternativen adressieren die relativ geringe Leistungsfähigkeit der CPU, indem sie wie beispielsweise der Banana Pi mehr Kerne, mehr Arbeitsspeicher und eine schnellere Schnittstelle für den nicht-flüchtigen Speicher anbieten.

Andere dieser Alternativen adressieren die nichtabgesicherten und nur geringe Ströme erlaubenden GPIO-Pins, wie die Arduino/Genuino-Plattform. Allgemein ist diese Plattform für hardwarenahe Projekte besser geeignet, da sie auch schneller auf Signale reagieren kann.

Zusätzlich zu diesen direkten Alternativen kann für viele Dinge auch der Schulhaus-PC eingesetzt werden, entweder mit dem dort vorhandenen Betriebssystem und zusätzlicher Software wie XAMPP oder durch Booten von einem USB-Stick beispielsweise mit dem Lernstick der PH FHNW.

Alle diese Alternativen können aber nicht das gesamte Leistungsspektrum des Raspberry Pi bei gleichzeitiger weiter Verbreitung und so günstigem Preis bieten. Daher sind sie zwar jeweils in einzelnen Details besser, aber das Gesamtpaket des Raspberry Pi macht ihn momentan für den Unterrichtseinsatz einmalig.

6 Fazit und Ausblick

Viele Unterrichtsmaterialien oder Lernplattformen lassen zu wünschen übrig, weil sie häufig entweder nur für einen Teil der Lerninhalte passend sind oder bestimmte pädagogische Weltbilder voraussetzen. Echt flexibel Einsetzbares ist selten. Der Raspberry Pi ist eines von diesen Materialien. In Anlehnung an Hartmanns Formulierung von Kriterien für fundamentale Ideen (Hartmann et al. 2006 S. 32) kann man formulieren:

- *Horizontalkriterium:* Der Raspberry Pi kann in vielen Bereichen des Informatikunterrichts sinnvoll eingesetzt werden.
- *Vertikalkriterium:* Der Raspberry Pi bietet für Lernende auf verschiedenen Altersstufen und auf verschiedenen Leistungsniveaus interessante Lernmöglichkeiten.
- *Zeitkriterium:* Die im Raspberry Pi umgesetzten Lösungen sind erprobt und schon teilweise seit vielen Jahren im produktiven Einsatz, so dass berechtigte Hoffnung besteht, dass anhand dieser Lösungen erlernte Kompetenzen auch in späteren Jahren noch relevant sind.
- *Sinnkriterium:* Durch das Verwenden von Standardlösungen, die produktiv eingesetzt werden, ermöglicht der Raspberry Pi eine Beschäftigung mit ganz konkreten Fragestellungen, aber auch mit abstrakten Grundsatzüberlegungen, so dass ein echter Alltagsbezug möglich ist.
- *Repräsentationskriterium:* Der Raspberry Pi ermöglicht es, ihm auf den verschiedensten Ebenen zu begegnen, vom hardwarenahen Löten über visuelles Programmieren bis hin zum Anwenden der Kommandozeile.

Die erläuterten Projekte aus der Unterrichtspraxis des Autors zeigen, dass der Raspberry Pi für das Ergänzungsfach Informatik gut geeignet ist. Auch ein Freifach Informatik zieht potentiell Lernende an, die von den Möglichkeiten eines Raspberry Pi fasziniert sein können und so besonders motiviert werden können.

Auch ein Grundlagenfach Informatik, das möglicherweise demnächst schweizweit an den Gymnasien eingeführt wird, könnte vom Einsatz des Raspberry Pi vor allem deswegen profitieren, weil er die Gefahr verringert, dass der Unterricht zu theorielastig wird. Bücher wie Weigend (2014), aber auch das Online-Lehrmittel Arnold et al. (2015c) können hierfür eine Grundlage zumindest für das strukturierte Programmieren als Teil eines solchen Grundlagenfachs Informatik bieten, für andere Teile bietet der Raspberry Pi ebenfalls die notwendigen Grundlagen.

Es bleibt also nur zu hoffen, dass die Entwickler der Raspberry Pi die Plattform wie bisher sanft weiterführen und die Stärken erhalten. Die aktuelle Modellpflege mit dem Raspberry Pi 2/3 B scheint dies zu bestätigen.

Literatur

- Arnold, J., T. Kohn & A. Plüss (2015a): jython Low-Budget Robotik mit Pi2Go. URL: <http://www.jython.ch/pi2go/>.
- Arnold, J., T. Kohn & A. Plüss (2015b): jython Robotik (neu auch mit EV3!). URL: <http://www.jython.ch/robotik/>.
- Arnold, J., T. Kohn & A. Plüss (2015c): Programmierkonzepte mit Python und der Lernumgebung TigerJython. URL: <http://www.tigerjython.ch/>.
- Bagnall, B., L. Griffiths & A. Shaw (2015): LeJOS-Java for LEGO Mindstorms. URL: <http://www.lejos.org/>.
- Baumann, R. (1996): Didaktik der Informatik. Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
- Hartmann, W., M. Näf & R. Reichert (2006): Informatikunterricht planen und durchführen. Springer-Verlag, Berlin.
- Hubwieser, P. (2007): Didaktik der Informatik. Springer-Verlag, Berlin.
- Humbert, L. (2005): Didaktik der Informatik. Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Kohn, T. (2015): TigerJython. URL: <http://jython.tobiaskohn.ch/>.
- Peplow, M. (2015): Eben Upton: The Raspberry Pi Pioneer. IEEE Spectrum, March 2015. URL: <http://spectrum.ieee.org/geeklife/profiles/eben-upton-the-raspberry-pi-pioneer>.
- Raspberry Pi Foundation (2015): About us. URL: <https://www.raspberrypi.org/about/>.
- Schodl, H. (2011): Informatikstudium: War früher alles besser? Computerworld. URL: <http://www.computerworld.ch/management/karriere/artikel/informatikstudium-war-frueher-alles-besser-58557/>.
- Sjuts, J. (1999): Mathematik als Werkzeug zur Wissensrepräsentation – Theoretische Einordnung, konzeptionelle Abgrenzung und interpretative Auswertung eines kognitions- und konstruktivismustheoriegeleiteten Mathematikunterrichts, Band 35 von Schriftenreihe des Forschungsinstituts für Mathematikdidaktik. Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik, Osnabrück.
- Weigend, M. (2014): Raspberry Pi programmieren mit Python. mitp, Heidelberg.
- Wikipedia (2015a): ARM Cortex-A53. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ARM_Cortex-A53.
- Wikipedia (2015b): ARM11. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ARM11>.
- Wikipedia (2015c): Raspberry Pi. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi.
- Wolfram Research (2015): Wolfram Language & Mathematica – Pilot Release for the Raspberry Pi. URL: <http://www.wolfram.com/raspberry-pi/>.

*Christian Datzko
Tiefenmattstrasse 14
CH-4434 Hölstein
christian@datzko.ch*