



## Einstieg in die Robotertechnik und die AVR-Programmierung

Zwei Neue aus der Lernpaket-Reihe des Franzis-Verlages erregten unsere Aufmerksamkeit: „Roboter selbst gebaut“ und „Mikrocontroller-Programmierung in Bascom und C“, beide traditionell mit dickem Handbuch und randvoller Beispiel- und Tool-CD sowie sofort einsetzbarer Hardware.

### Learning by doing mit dem Franzis-Bot

Die Robotertechnik ist schon eine interessante Sache, kann man doch hier die Verbindung von Elektronik, Mechanik und Programmierung von Steuerungen hautnah erleben. Franzis hat da ein großes Paket gepackt,

das es wirklich in sich hat: ein sofort betriebsbereiter Fahr-Roboter, der Franzis-Bot (Bild 1), einige Elektronikteile, eine CD-ROM und ein 192-seitiges Handbuch im großen A4-Format füllen den voluminösen Karton. Auf der CD-ROM befindet sich ein weiteres Buch als eBook: das 395-seitige „Roboter selbst bauen“, eine riesige Fundgrube für Einsteiger und alte Hasen, in der von den Grundlagen der Bascom- und VB.net-Programmierung angefangen alles rund um die Robotertechnik behandelt wird: Sensortechnik, Antriebstechnik, Kameras, Funksysteme, Roboter-Bewegungs-Algorithmen und eine große Anzahl an ausführlich besprochenen Selbstbau-Projekten. Dieses eBook gehört auf jeden PC am Lötplatz.

Doch zurück zum Hauptinhalt. Den kleinen Fahr-Roboter könnte man eigentlich sofort in Betrieb nehmen. Allein fehlt der Vorab-Hinweis, dass der Roboter vier Micro-NiMH-Akkus zum Betrieb braucht, und wer hat so etwas schon voll geladen im Haus? Batterien sind nicht zugelassen, um nicht über die 5-V-Grenze zu kommen.

Während also die Akkus im Ladegerät fit gemacht werden, geht es an das Studium des Handbuchs, begleitet von der Software auf der CD-ROM. Wer möch-

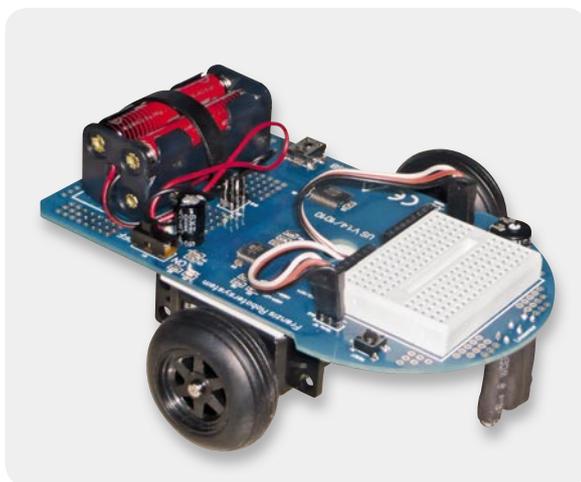


Bild 1: Der Franzis-Bot ist fahrfertig. Hier sind die Sensoren zur Linien-/Kantenfindung bereits montiert.

te, kann sich auch vorab unter [1] mit einigen Videos über einige grundlegende Experimente informieren.

Die Anlage des gesamten Lernpakets geht von einem Mikrocontroller-Einsteiger als Leser aus. So führt das Handbuch nach einem kurzen Ausflug in die Welt der Roboter und der Mikrocontroller-Grundlagen inklusive der ausführlichen Vorstellung des auf dem Franzis-Bot-Board eingesetzten ATmega88 unmittelbar in die ersten Schritte zur Mikrocontroller-Programmierung ein. Dem folgt sofort das konkrete Projekt, der Franzis-Bot. Sämtliche Bauteile werden besprochen und so der Roboter gründlich kennengelernt.

Dann geht es an den Computer. Neben der Installation des Programmierertools für den USB-Schnittstellenbaustein FT232R auf dem Bot-Board wird auch die Entwicklungsumgebung (Demoversion, auf 4 KB Code begrenzt) mit Bascom installiert (Bild 2). Die leicht zu erlernende Programmiersprache „Bascom AVR Basic“ ermöglicht den besonders schnellen Einstieg in eine AVR-Programmiersprache, bereits mit wenigen Befehlen können die ersten Programme realisiert werden. Auch hier führt das Buch zügig, aber sorgfältig in die Entwicklungsumgebung (IDE) ein.

Danach geht es sofort in die Praxis. Bereits zur ersten Funktionsüberprüfung des Roboters werden die Bascom-Programme genutzt. Wir nehmen Kontakt mit dem Franzis-Bot auf, testen Anzeigen, Antriebe, die Sensoren und messen die Akkuspannung.

Nach diesen ersten Erfolgen folgen die Mühen der Ebene – ein ausführlicher Bascom-Lehrgang. Sehr gut und in dieser Form in Deutsch kaum woanders zu finden: Von den ersten Grundlagen bis zum letzten Bascom-Befehl ist jeder Schritt mit einem Übungsprogramm hinterlegt, so lernt man Befehl für Befehl praktisch kennen. Abgeschlossen wird der Bascom-Lehrgang mit der Beschreibung von Standard-Prozeduren wie I/O-Konfiguration, ADC-Programmierung, Interruptbehandlung, UART-Bedienung, Sound usw.

Ab Kapitel 18 geht es wieder in die Praxis. Mit den ersten Fahrroutinen bringen wir dem Franzis-Bot bei, nach Programm zu fahren. Die Richtungssteuerung erfolgt hier über die beiden Antriebsmotoren, dies sind von ihren Endanschlüssen befreite Modellbauservos, die zur Richtungssteuerung mit unterschiedlichen Rechteck-Impulsfolgen angesteuert werden. Wieder wird hier von Beginn an mit Beispielprogrammen dem Bot das Fahren beigebracht, einschließlich sanftem Anfahren, Bremsen und den ersten Navigationsübungen. Danach wendet man sich den bereits angebauten und mitgelieferten, einfach über das auf dem Board installierte Steckbrett steckbaren Sensoren (Bild 3) zu.

Besonders spannend ist dabei die Arbeit mit dem mitgelieferten Infrarot-Sensor, einem Infrarot-Empfänger des Typs TSOP1736. Der ermöglicht es letztendlich, den Roboter via normaler RC5-IR-Fernbedienung zu steuern. Auch die automatische Wandabstandsregelung und Hindernisumfahrung, wie sie ja ähnlich in den modernen Saugrobotern arbeitet, macht richtig Spaß. Besonders anschaulich ist auch das Beispiel einer klassischen PID-Regelung, bei der der Franzis-Bot sauber und flüssig sogar einer vorgezeichneten Schlangenlinie folgen kann. Insgesamt zeigen schon die Lernbeispiele, z. B. auch die Tischkantenerken-

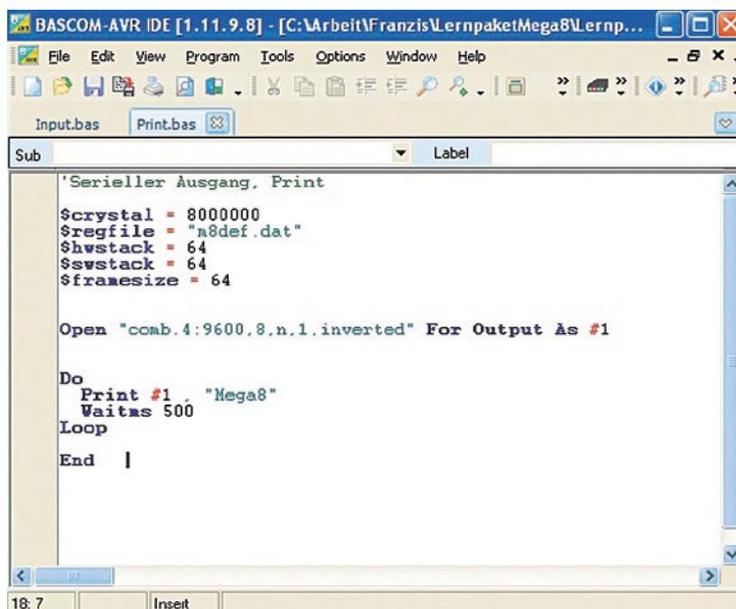


Bild 2: Die Bascom-IDE, hier mit einem Lernprogramm

nung, dass es relativ einfach ist, den Roboter sich geschickt autonom bewegen zu lassen.

Richtige Intelligenz bekommt der Roboter bei der Programmierung als State-Machine eingehaucht. Hier entscheidet er, zeit- und taktgesteuert, folgernd aus seinem vorherigen Zustand und neuen Ereignissen wie Sensoreingaben, was er als nächstes Fahrmanöver ausführen wird – ein interessanter Einblick in ein abstraktes Softwarekonzept.

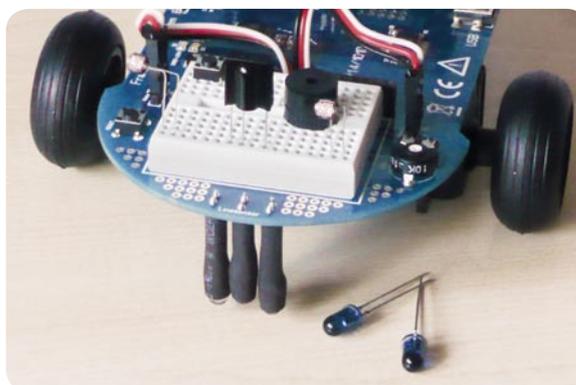


Bild 3: Mit im Lernpaket: mehrere Sensoren, hier die LDRs zur Steuerung des Bots per Licht sowie der IR-Sensor für die RC5-Steuerung bzw. automatische Abstandssteuerung. Für die werden auch die beiden mitgelieferten IR-Sendediode unten rechts benötigt.



Bild 4: Der Lehrgang zeigt auch, wie man mit Visual Basic eine direkte Steuerung des Franzis-Bots vom PC aus realisieren kann. Hier eine modifizierte Version der Lehrgangsoftware.

Abgeschlossen wird das Experimentier-Kapitel mit dem Einsatz des Roboters als Messstation, z. B. für Temperaturen und Spannungen, und der direkten Fahrsteuerung vom PC aus. Hier kommt VB.NET (Bild 4) zum Einsatz, man lernt, wie man ganz einfach Daten und Bedienoberflächen visualisiert und entwirft.

Ganz zum Schluss widmet sich das Buch der hohen Schule der Robotik – Prof. Brooks Subsumptionsarchitektur. Diese beschäftigt sich damit, wie man mit relativ geringer Rechenleistung dennoch komplexe Echtzeitalläufe realisieren kann, sie kombiniert verteilte Echtzeitprozesse mit sensorgesteuerten Verhaltensweisen des Roboters, er kann sich so z. B. wie ein Insekt bewegen, indem er Hindernissen elegant ausweicht, vor bestimmten Einflüssen, z. B. einem kurzen Lichtblitz, flüchtet usw.

Hat man die über 50 Praxis-Experimente nachvollzogen, ist man nun in der Lage, die gewonnenen Erkenntnisse direkt in eigene Lösungen umzusetzen. Weiterführend bietet sich hier das am Anfang erwähnte eBook an, das eine unendliche Vielfalt an Lösungen und Anstößen zur Programmierung von Robotern jeder Art anregt. In diesem Zusammenhang ist dann auch der Weg zum Roboternetz [2], der größten deutschen Roboter-Fan-Community, der nächste Schritt zum perfekten Roboter nach eigenen Ideen.

Fazit zum Lernpaket: Nicht nur für AVR-/Bascom-Einsteiger bietet das Lernpaket eine Menge Spaß, auch dank des zusätzlichen eBooks und der immer mit Beispielen hinterlegten Experimente ist das Paket auch etwas für fortgeschrittene Programmierer, die sich mit der Steuerung von Robotern beschäftigen wollen. Insgesamt kann man sich dieses Lernpaket auch als ideales und hochwertiges Geschenk für kleine und große Männer vorstellen.

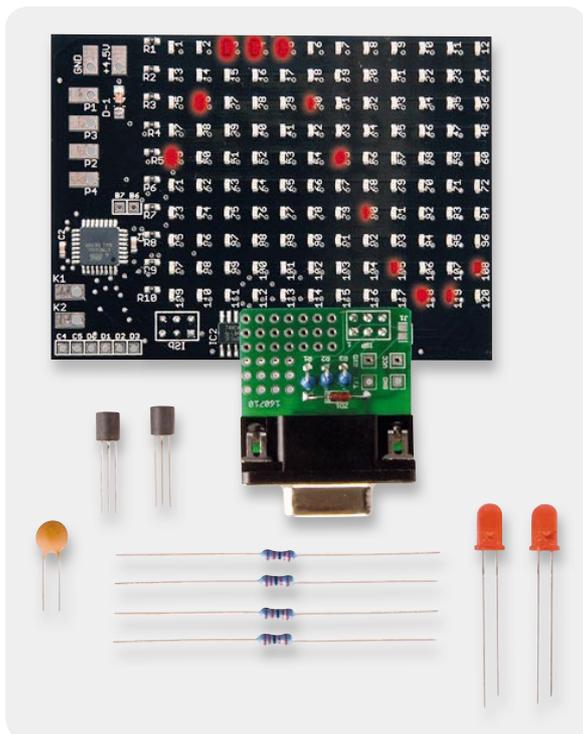


Bild 5: Das AVR-Board des Bascom-/C-Lernpakets mit den mitgelieferten Elektronikbauteilen. Der Programmieradapter ist hier schon aufgebaut.



Bild 6: Das mit dem AVR-Board aufgebaute Franzis-Ping-Pong. Eine Diffussorscheibe sorgt für eine flächigere Darstellung der einzelnen Leuchtpunkte.

### Der ATmega8 und 120 LEDs ...

... bilden die Hardware-Grundlage des zweiten Lernpakets, das wir hier vorstellen wollen. „Mikrocontroller-Programmierung in Bascom und C“ wendet sich nicht nur an Programmier-Einsteiger, sie ist auch eine hervorragende Experimentiergrundlage für den, der schon programmieren kann und sofort mit praktischen Experimenten beginnen möchte. Das lässt sich auch aus der interessanten Hardware des Lernpakets herleiten. Deren Grundlage ist ein AVR-Board mit dem ATmega8 und einem großen Display mit 120 roten Leuchtdioden (Bild 5). Weiter liegen dem Paket ein selbst zu lötfender ISP-Adapter sowie einige weitere Bauteile für Experimente bei. Auch hier sind wir neugierig und widmen uns zunächst der Hardware. Denn der AVR ist bereits ab Werk mit dem Spieleklassiker „Ping-Pong“ programmiert, und die Schachtel, in der sich die Bauteile befinden, ist so gestaltet, dass das Spiel hier direkt eingebaut und ge-

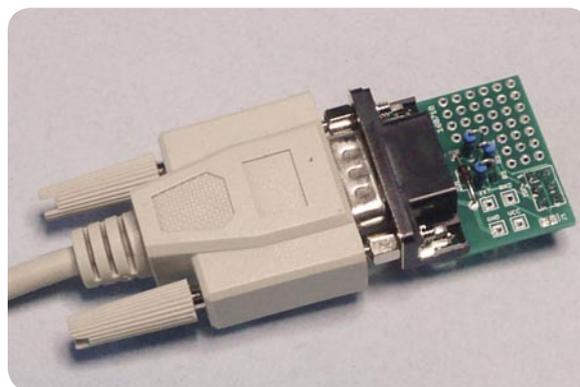


Bild 7: Der ISP-Adapter besteht aus nur wenigen Bauteilen und muss selbst aufgebaut werden.

spielt werden kann. Also zunächst Kapitel 12 des mitgelieferten 160-seitigen Handbuchs aufgeschlagen, und nach wenigen Minuten Montage- und Lötarbeit ist „Ping-Pong“ spielbereit (Bild 6). Nach der Befriedigung des ersten Spieltriebs, wobei wir jetzt wissen, dass die Platine funktioniert, wenden wir uns dann dem eigentlichen Thema zu. Weil aber der Lötcolben schon einmal angeheizt ist, sollte man gleich noch nach der Bauanleitung in Kapitel 1 des Begleitbuches den Programmieradapter (Bild 7) aufbauen und die

Programmierschnittstelle in das AVR-Board einlöten. Mit Hilfe einer mitgelieferten Programmiersoftware kann die (serielle) Verbindung zwischen AVR-Board und PC getestet werden. Wenn der eingesetzte PC keinen seriellen COM-Port mit DB9-Anschluss hat, kann man auch ein USB-Seriell-Adapterkabel einsetzen.

In bewährter Weise nimmt Autor Burkhard Kainka den Programmier-Einsteiger an die Hand und erarbeitet Schritt für Schritt die beiden Programmiersprachen Bascom und C anhand von sofort auf dem AVR-Board nachvollziehbaren Programmbeispielen. Dabei bleibt dem Anwender überlassen, welche Programmiersprache er wählt. Für beide befinden sich auf der mitgelieferten CD-ROM Entwicklungsumgebungen. Für Bascom ist dies die Bascom-IDE (siehe Bild 2) in der freien Demoversion, die auf einen Codeumfang von (für die meisten Anwendungen vollkommen ausreichenden) 4 KB begrenzt ist. Für C werden eine AVR-Studio-Version (Bild 8) sowie der C-Compiler „Win-AVR“ mitgeliefert.

Im Gegensatz zum Roboter-Lernpaket werden hier jedoch nicht die Programmiersprachen von Grund auf vermittelt, sondern sofort nach kurzer Einführung deren Anwendung, wenn auch mit sehr einfachen Programmen beginnend. Spätestens hier erkennt man: das Lernpaket ist stark praxisorientiert. Die fehlende Einführung in die Grundlagen der Programmiersprache selbst ist aber kein Manko – ein Blick ins Web zeigt, dass es Anleitungen dazu zuhauf gibt, z. B. unter [3].

Nach einigen einführenden Experimenten mit LED-Ansteuerungen geht der Autor im Bascom-Teil konkret auf einige Funktionsbereiche des AVR ein, so den Einsatz des A/D-Wandlers, von Schieberegistern, Timern, Interrupts. Nach diesen Grundlagen wird das LED-Display richtig genutzt, so zur Signaldarstellung (Bild 9), für das „Malen“ eines Bildes auf dem Display mit Hilfe der Ping-Pong-Potis, als Oszilloskop oder als einfaches Spiel.

Das folgende Kapitel widmet sich der Datenübertragung über die serielle Schnittstelle des Mikrocontrollers (UART), hier lernt man u. a. auch etwas über die Pegelanpassung zwischen verschiedenen Systemen.

Nach den Grundlagen folgen dann eine Reihe interessanter Anwendungsbeispiele, die ihre zahlreiche Fortführung auf [4] finden. Hier geht es unter „Elo Online-Redaktion -> Mikrocontroller und Programmierung -> Ping-Pong“ zu einer sehr umfangreichen Sammlung von Anwendungen des AVR-Boards – das übrigens inzwischen unter Elektronikern eine Art Kultstatus genießt –, vorwiegend von Anwendern kreiert (Bild 10). Hier gab es auch einmal einen Programmierwettbewerb, der äußerst kreative Lösungen hervorbrachte. Einige davon haben es auch in das Begleitbuch des Lernpakets geschafft.

Zwei davon, sowohl eines aus dem Buch als auch eines von der Elo-Webseite, sollen hier kurz vorgestellt werden. Im Kapitel 8.4. des Begleitbuches wird eine Radiosteuerung mit I<sup>2</sup>C-Bus vorgestellt, die auf der Anbindung des äußerst interessanten Multiband-Radio-Chips Si4735 von Silabs [5] an das AVR-Board basiert. Dieser ohne eine Adapterplatine (Bild 11) kaum für den normalen Elektroniker zu verarbeitende

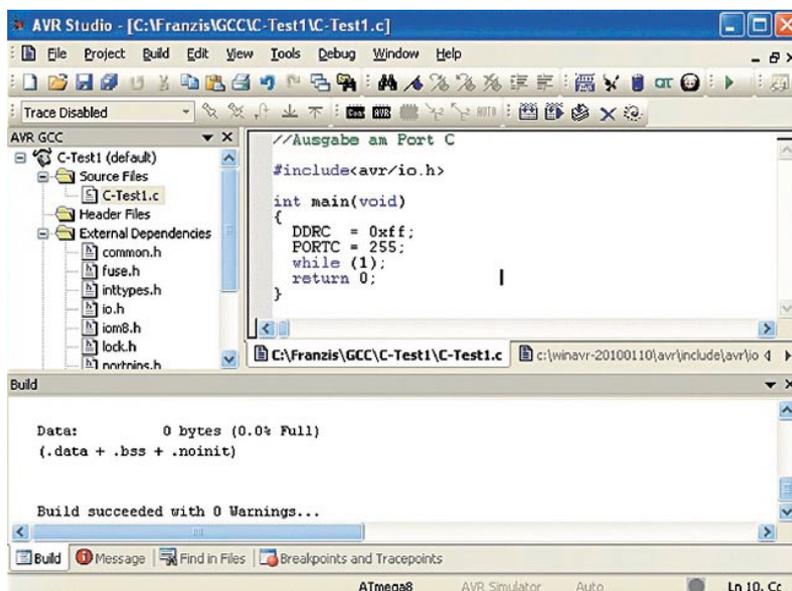


Bild 8: Für die Arbeit mit C wird die Entwicklungsumgebung „AVR-Studio“ sowie der Compiler WIN-AVR mitgeliefert.

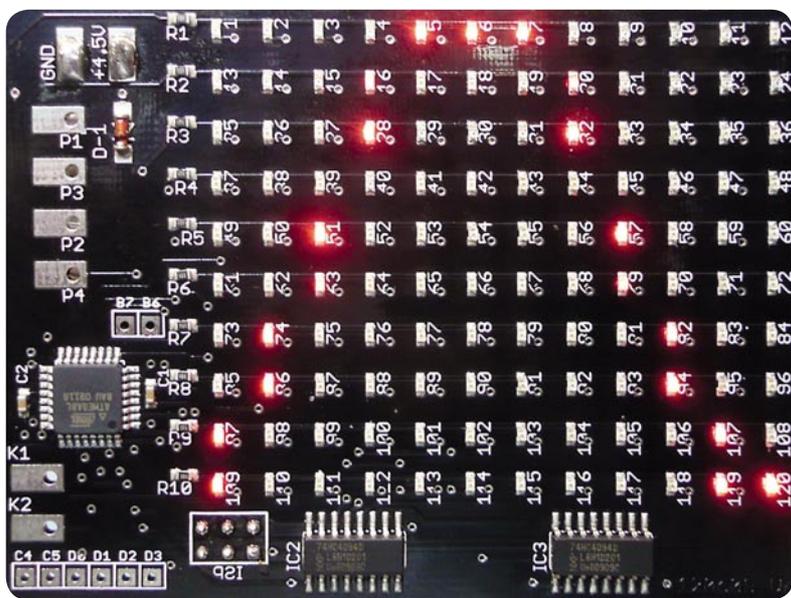


Bild 9: Erster Versuch zur Signaldarstellung unter Nutzung des A/D-Wandlers

winzige Chip ist ein wahrer Alleskönner, der sowohl nahezu lückenlos alle AM-Bänder bis 21,85 MHz als auch das FM-Band von 64 bis 108 MHz (inkl. RDS) empfangen kann. Der Chip wird über einen I<sup>2</sup>C-Bus gesteuert, bei uns vom ATmega8 des AVR-Boards, wobei das LED-Display als Radiodisplay genutzt wird. Auch die Senderwahl und die Lautstärkeinstellung erfolgt von den an das AVR-Board angeschlossenen Ping-Pong-Potis. Das Beispielprogramm aus dem Buch arbeitet mit fünf voreingestellten FM-Frequenzen, die mit dem Abstimpfpoti über dessen Drehwinkel angewählt werden. Das LED-Display zeigt die Empfangsfrequenz direkt an. Hier sieht man sehr gut, dass das Display durchaus für komplexere Anzeigen brauchbar ist.

Das zweite Beispiel stammt aus dem Programmierwettbewerb zum Ping-Pong. Es ist die Wordclock von Martin Steppuhn (Platz 3), eine Adaption der weithin bekannten LED-Uhr, die die Zeit mittels eines LED-Displays im Klartext anzeigt. Mit einer entsprechenden Abdeckscheibe versehen, arbeitet unser lediglich um einen externen Uhrenquarz und einen Taster für die Zeiteinstellung erweitertes AVR-Board nun als Wordclock. Bild 12 zeigt einen in wenigen Minuten aufgebauten, mit auf einem Laserdrucker hergestellter Frontfolie versehenen Laboraufbau.

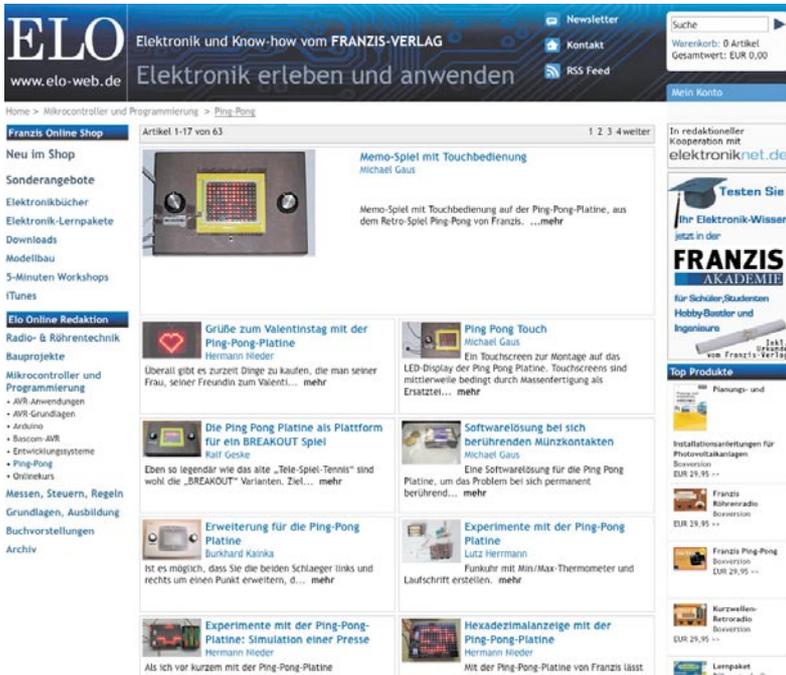


Bild 10: Im ELO-WEB findet man eine sehr große Anzahl von Anwendungen für das AVR-Board.

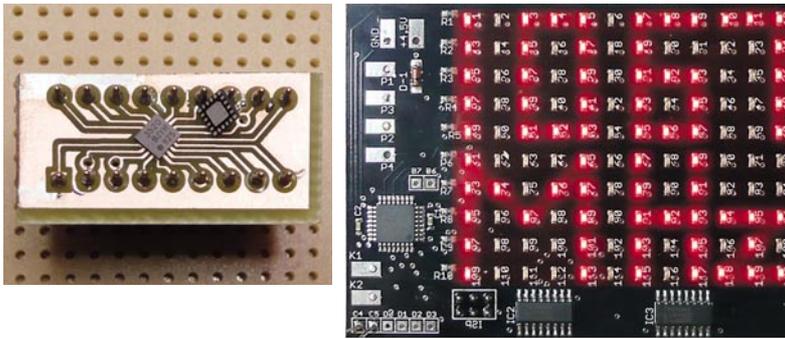


Bild 11: Ein digitaler Weltempfänger mit dem Si4735. Der Chip ist so klein, dass man einen Adapter benötigt, um ihn verarbeiten zu können. Rechts auf der Platine ist der QFN-Chip von unten zu sehen. Die Frequenzanzeige (hier gegenüber dem Original modifiziert) und die Steuerung erfolgen via AVR-Board und LED-Display.



Bild 12: Wordclock in Aktion, links die laufende Zeitanzeige, in der mitte die Anzeige beim Stellen. Bereits am einfachen Laboraufbau mit einer auf dem Laserdrucker gedruckten Papierfolie kann man die Anzeige gut erkennen. Mit einem Abstandshalter, der das Überstrahlen der einzelnen LEDs verhindert, sowie einer Acrylplatte erhält man ein optisch sehr attraktives Ergebnis, wie in [4] zu sehen. Das erst die Frontplatte ein ablesen möglich macht, zeigt das Bild rechts (11:25 Uhr).

Mit einer edlen Acrylglas-Scheibe und einem Abstandshalter, der die LEDs untereinander entkoppelt, wie auf der Projektseite in [4] zu sehen, gelangt man so zu einer sehr edlen und originellen Uhr.

Kommen wir nach diesem Ausflug in die Praxis, die nach dem Durcharbeiten des Lehrgangs logischerweise folgt, noch kurz zum C-Programmierteil.

Auch hier wird die beschriebene Systematik vom einfachen LED-Blink-Programm bis zu komplexen Anwendungen wie einem Voltmeter Stück für Stück abgearbeitet, so dass es anschließend nahtlos mit eigenen C-Programmen weitergehen kann. Auch hier zeigt sich, wie vielfältig das kleine AVR-Board nutzbar ist.

Irgendwann wird man dann doch einmal eine eigene AVR-Applikation mit eigener Hardware bauen. Da ist der ISP-Adapter ebenfalls einsetzbar und erspart die Anschaffung eines weiteren Programmieradapters.

Fazit zu diesem Lernpaket: Ein inzwischen in Form der Ping-Pong-Hardware sehr populäres Einsteigerpaket in die Mikrocontroller-Programmierung, das von Anfang an konsequent auf Praxis mit dem Controller setzt und so die Programmierung besonders einfach erlern- und im wahrsten Wortsinn begreifbar macht. **ELV**



### Weitere Infos:

- [1] [www.elo-web.de/elektronik-lernpakete/experimente](http://www.elo-web.de/elektronik-lernpakete/experimente)
- [2] [www.roboternetz.de](http://www.roboternetz.de)
- [3] [www.mikrocontroller.net](http://www.mikrocontroller.net)
- [4] [www.elo-web.de](http://www.elo-web.de)
- [5] [www.silabs.com/products/audiovideo/amfmreceivers/Pages/Si473435.aspx](http://www.silabs.com/products/audiovideo/amfmreceivers/Pages/Si473435.aspx)