



Von der Lichtzeichen-Kelle zum Computer

ROLAND HIRSCH

Digitalisierung ist in aller Munde und die Verwendung von Computern heute Alltag. Kern eines Computers ist die Central Processing Unit (CPU), aber die Kunst besteht darin, nach zu vollziehen, wie diese im Prinzip arbeitet. Dafür werden zwei technologieunabhängige Planungsinstrumente eingeführt und am Beispiel einer Lichtsignalanlage (Ampelanlage) angewendet. Als Möglichkeit der Verkehrssteuerung ist sie aus Schülersicht ein allgegenwärtiges Beispiel. Die Realisierung lässt sich einerseits gut für das Verständnis von computerisierten Abläufen verwenden, andererseits lassen sie sich auch in der Anzahl und Komplexität reduzieren und transparent gestalten, sodass eine Zugänglichkeit auch in den unteren Klassen gegeben ist.

1 Einleitung

In einem Seminar zur Vorbereitung eines unterrichtspraktischen Praktikums hatten die Studierenden den Auftrag, in einer vom Klassenlehrer gestalteten Unterrichtsreihe zum Thema Lichtsignalanlagen die letzte Phase zur computergesteuerten Ampelanlage in einer achten Klasse einer Gesamtschule einzuführen. Im Gegensatz zu vielen anderen technischen Artefakten ist die Verkehrssteuerung und -regelung zum einen in der Erfahrungswelt der Schüler und Schülerinnen verankert, zum anderen lassen sich die Vorgänge auch äußerst gut beobachten und analysieren. Dafür gibt es zwei Anwendungsfelder: Schülerlotsen (heute Verkehrshelfer) für die sichere Überquerung der Straße sowie Lichtsignalanlagen an jeder größeren Kreuzung in meist unmittelbarer Umgebung der Schule.

Entscheidend für die Umsetzung der Steuerung und Regelung ist der Algorithmus, also der Handlungsablauf, der unabhängig von der Technologie gilt. Technologisch lässt sich das in drei Entwicklungsstufen abbilden:

1. Hand:

Der Handlungsablauf ist im Kopf des Schülerlotsen abgelegt und die Signalisierung erfolgt durch Arm- und Handbewegungen, unterstützt durch Lichtzeichen. Aufgrund der Fähigkeit des Schülerlotsen, wahrzunehmen, ob Schüler die Straße überqueren wollen, kann er die Straße bedarfsgerecht sperren, was dann einer Regelung entspricht.

2. Automat:

Der Vorgang ist teilautomatisiert, d. h. mechanisch, elektrisch oder elektronisch fixiert, und die Signalisierung erfolgt durch Lichtzeichen alleine. Es kann nur eine Reihenfolgen abgearbeitet werden, was einer Steuerung entspricht. Eine Änderung der Reihenfolge kann und muss manuell vorgenommen werden.

3. Computer:

Der Handlungsablauf ist in einem Datenspeicher abgelegt, wird von einem Computer (einer Einrichtung zur Datenverarbeitung) unter Berücksichtigung von Sensordaten und durch die Signalisierung mittels Lichtzeichen ausgeführt. Dadurch können nun auch bedarfsgesteuerte Verkehrsregelungen automatisiert umgesetzt werden.

Während der Schülerlotse also von Natur aus die Fähigkeit besitzt, den Bedarf wahrzunehmen und zu berücksichtigen, kann dies erst dann automatisiert erfolgen, wenn die Lichtsignalanlage über eine entsprechende Sensorik verfügt. Im einfachsten Fall ist das ein Taster.

2 Kleine Geschichte der Signalisierung

Die Eisenbahn gehört zu den Pionieren der den Verkehr regelnden Signaltechnik, denn sie erforderte recht früh eine geregelte Kommunikation, um zu verhindern, dass Züge kollidierten. Die Geschwindigkeiten waren für das 18. Jahrhundert

vergleichsweise hoch und aufgrund der Geräusche von damals eingesetzten Dampflokomotiven wurde der Fokus auf die Verständigung mit optischen Mitteln wie Winken, Schwenken von Fahnen oder auch Laternen gelegt.

Daraus entwickelten sich, ähnlich zu der Entwicklung von optischen Telegrafienlinien, die Formsignale, deren Stellung von Tafeln und Flügeln ihre Information übermitteln konnten. Als beleuchtete Laternen standen lediglich Gaslampen zur Verfügung, die die mechanisch-optischen Signale unterstützten, jedoch nicht ersetzen. Erst mit Aufkommen der ersten Elektrizitätswerke zu Beginn des 19. Jahrhunderts konnte sie durch die elektrische Beleuchtung abgelöst werden.

Der Straßenverkehr nahm bereits Mitte des 18. Jahrhunderts in einem Maße zu, dass in Städten der Bedarf nach Regelung entstand. 1868 wurde in London die erste Verkehrsregelungsanlage in Betrieb genommen, die analog zur Eisenbahn mechanisch betätigte Arme hatte und von einem Polizisten betätigt wurden. Die Sichtbarkeit war im Dunkeln sehr eingeschränkt, sodass man zusätzlich rote und grüne Gaslaternen installierte. Nach bereits einem Monat explodierten die Laternen, verursacht durch ein Gasleck, sodass diese Anlage außer Betrieb genommen wurde.

Sehr viel erfolgreicher waren dann die elektrischen Ampeln, die 1914 in den USA in Betrieb genommen wurden, der 1922 in Hamburg die erste Anlage in Deutschland folgte. In Berlin wurde dann 1924 der berühmte Verkehrsturm auf dem Potsdamer Platz gebaut, der heute noch als Nachbau existiert. (Meilensteine der Elektronik, 2019). Zuvor hatte ein Polizist auf einem Hochstand versucht, durch eine Trompete den Verkehrsfluss zu regeln, hatte aber keine Aussicht auf Erfolg.

Der Potsdamer Platz hatte 1924 immerhin schon ein Verkehrsaufkommen von ca. 20.000 Autos und rund 83.000 Reisenden. Hinzu kamen noch 26 Straßenbahnlinien und fünf Buslinien, die erst durch den Verkehrsturnachhaltig geregelt wurden.

Die Lichtsignale an den vier Seiten waren weithin sichtbar und wurden nun vom Polizisten per Hand bedient. (Berliner Zeitung, 2019) – das Zeitalter der Lichtsignalanlagen hatte begonnen und die Tätigkeit des Polizisten wurde im Laufe der Jahrzehnte durch automatisierte Verfahren und intelligente Steuerungen ersetzt.

In der geschichtlichen Entwicklung lässt sich ausmachen, dass die Darstellung von Signalen durch Arme lediglich in einer

Übergangszeit stattgefunden hat. In der optischen Nachrichtenübertragung wurden Signalarme nur wenige Jahrzehnte im 18. Jahrhundert angewendet, während sie im Eisenbahnwesen bis Anfang des 20. Jahrhunderts Verwendung fanden. Lichtzeichen spiegeln heute den Stand der Technik wider, wobei hier gerade der Übergang von Glühlampen zur LED vollzogen wird.

3 Lichtsignalanlagen, Einsatz und Funktion

Der wissenschaftliche und fachliche Begriff für Ampelanlagen heißt Lichtsignalanlage (LSA). Sie wird überall dort eingesetzt, wo ein entsprechend starkes Verkehrsaufkommen auszumachen ist, gefährliche Stellen vorhanden sind und oder die Übersichtlichkeit nicht gegeben ist.

Eine Lichtsignalanlage dient zur Steuerung des Verkehrs und besteht aus Signalgebern, die umgangssprachlich auch Ampeln genannt werden. Die an Masten befestigten Signalgeber sind mit der Steuereinheit verbunden. In der Realität sind weitere Einrichtungen vorhanden, die aber unter dem Gesichtspunkt der grundsätzlichen Funktion einer einfachen Lichtsignalanlage vorerst vernachlässigt werden können.

Bedienung und Anzeige können vorerst auf einen Einschalter der Ampelanlage reduziert werden. Die Zeit spielt erst dann eine Rolle, wenn die Steuerung der Ampel vom Computer übernommen wird und Zeiten für die einzelnen Ampelphasen gesetzt werden müssen. Die Überwachungseinheit wird vorerst vom Bediener, hier den Schüler/innen, übernommen, die sich davon überzeugen, dass die Signalgeber auch leuchten. Verkehrsdaten und sonstige Daten werden rudimentär eingeführt, in dem eine Bedarfsampel installiert wird.

Die Taster für die Grünanforderungen nehmen dann Einfluss auf die Steuereinheit. Die ÖPNV-Daten werden erst dann relevant, wenn diese auftreten. Weiterhin ist erst dann eine (serielle) Datenübertragung erforderlich, wenn weitere Lichtsignalanlagen miteinander gekoppelt werden und die Informationen zwischen den einzelnen LSA ausgetauscht werden müssen. Wartungsschnittstellen sind vor allem bei größeren Anlagen sinnvoll. (KRIMMLING, 2017)

Die zeitliche Abfolge von Signalzuständen wird im Signalzeitenplan dargestellt. Dieser stellt eine komprimierte Form des Impuls- bzw. Zeitablaufdiagramm dar (DIN 40719, Teil 10), wie er u. a. in der Digitaltechnik verwendet wird (siehe Abbildung 2).

Solange sich das Signalbild nicht ändert, wird von einer Phase gesprochen und bei einem festen immer sich wiederholenden Ablauf von einer festzeitgesteuerten Anlage gesprochen (Abb. 1). Egal, wie komplex eine Kreuzung gestaltet ist, die einzelnen Phasen finden sich immer wieder, dargestellt exemplarisch an einem signalisierten Fußgängerüberweg.

In der Wirklichkeit sind diese in Deutschland allerdings mittlerweile wenig verbreitet und üblicherweise durch verkehrabhängig geregelte Anlagen ersetzt. Diese benötigen Sensoren (z. B.

Phase	Bedeutung	Signal Auto	Signal Fußgänger
1	Auto grün, Fußgänger rot	grün	Rot
Übergang 1-2	Auto: Achtung, es wird rot	gelb	Rot
Übergang 1-2	Räumzeit für die Autos	rot	Rot
2	Auto rot, Fußgänger grün	rot	grün
Übergang 2-1	Räumzeit für die Fußgänger	rot	Rot
Übergang 2-1	Auto: Achtung, es wird grün	Rot-gelb	Rot
	Wiederholung mit Phase 1		

Abb. 1. Abfolge der Lichtsignale

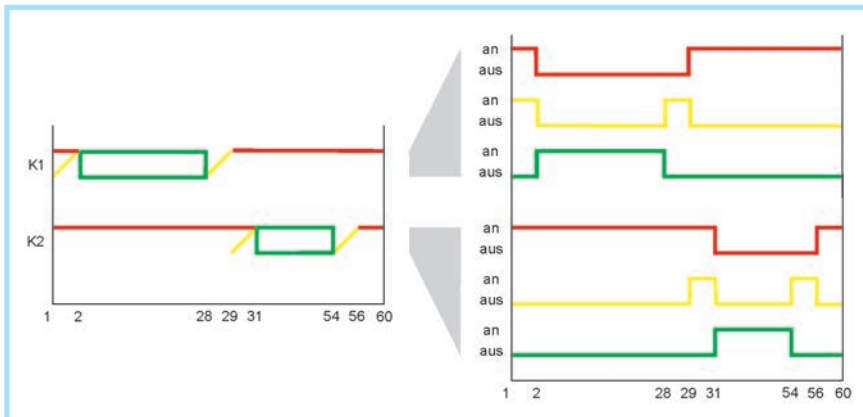


Abb. 2. Vom Signalzeitenplan (links) zum Zeitablaufdiagramm (rechts) (in Anlehnung an KRIMMLING, 2017)

Besichtigung einer realen Lichtsignalanlage. Als Ergebnis kristallisieren sich folgende Erkenntnisse heraus:

1. Die sichtbaren Bestandteile einer Ampel sind drei übereinander angeordnete Leuchten mit den Farben rot, gelb und grün bei Autos sowie rot und grün bei Fußgängern.
2. Die Abfolge der Lichtsignale bei der Autoampel ist:
grün → gelb → rot → rot + gelb → ... (Beginn von vorne mit grün)
3. Die Räumzeiten von Autos und Fußgängern wurden erfasst. Dazu mussten jedoch zwei verschiedene Ampeln gleichzeitig beobachtet werden.

Induktionsschleifendektoren oder Ruf-Taster für Fußgänger), die das Verkehrsaufkommen erfassen können.

4. Es wurde ein kleiner grauer Kasten entdeckt, der für die Steuerung der Lichtsignalanlage zuständig ist.

Für die Beschreibung und Modellierung von festzeitgesteuerten Lichtsignalanlagen ist das Zeitablaufdiagramm ein ideales Planungsinstrument. Zudem lässt es sich leicht technologisch überführen, wobei es sich als Trommel, Scheibe oder Band realisieren lässt. Die Ausführung als Band erscheint aus didaktischen Gründen am besten, weil es sich 1:1 aus dem Zeitablaufdiagramm entwickeln und handwerklich am einfachsten fertigen lässt.

Damit sind die Grundlagen gelegt, eine einfache Ampel nachzubauen. Mit Hilfe der Reißnageltechnik werden dazu drei LEDs in den Farben rot, gelb und grün auf einer Holzplatte angeordnet, mit einem zentralen Einschalter versehen und die Anschlüsse der einzelnen LEDs durch offene Kabelenden versehen. Den Schaltplan dazu zeigt die Abbildung 4. Dadurch können sie später mit Lüsterklemmen oder anderen Verfahren an eine automatisierte Anlage angeschlossen werden.

Verkehrsabhängig geregelte Anlagen können durch ein Zeitablaufdiagramm jedoch nur unvollständig wiedergegeben werden. Mit dem Programmablaufplan können sowohl festzeitgesteuerte als auch flexible Abläufe implementiert werden.

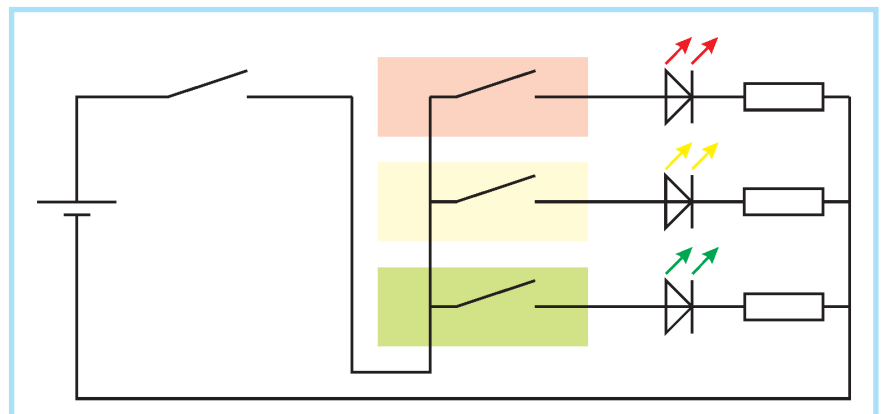


Abb. 4. Schaltplan der einfachen LED-Ampel.

4 Analyse und einfacher Nachbau einer Ampel

Der erste Schritt bei einer Automatisierung ist die Analyse eines Vorganges. Die Unterrichtsreihe startet deshalb mit der

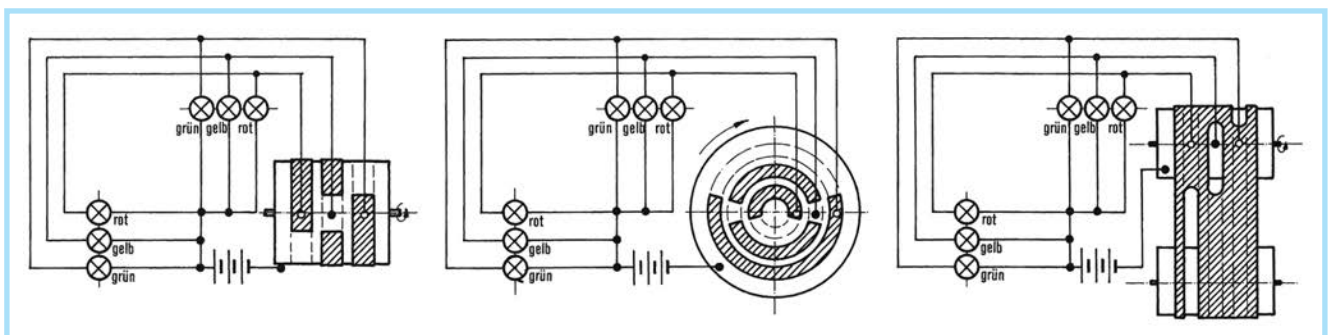


Abb. 3. Realisierung als Steuertrommel, Steuerscheibe und Steuerband (STÜHRMANN, H.-J. & WESSELS, B., 1972)

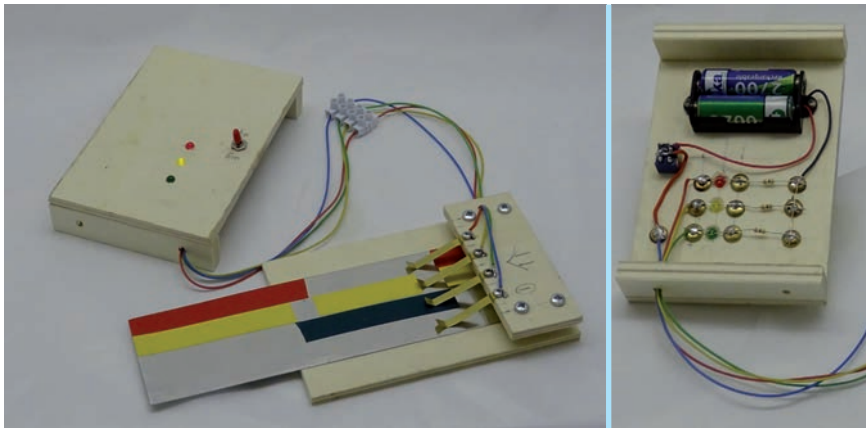


Abb. 5. Einfache LED-Ampel. Durch Trennung der Kabel an den Lüsterklemmen ist es möglich, die Ampel auch ohne Blechstreifen händisch zu schalten

und die Komplexität stückweise an die Wirklichkeit anzunähern.

Mit der Steigerung der Komplexität dieser Anlage steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Defekt auftritt. Der Fokus der Weiterentwicklung liegt aber weder im Aufbau einer komplexeren Schaltung noch in der Fehlersuche, sondern in der Programmierung und Steuerung bzw. Regelung einer Lichtsignalanlage.

Deshalb wurde eine Lichtsignalanlage auf einer einzigen Platine realisiert, die weitestgehend ohne Kabel auskommt. Die Praxis hat gezeigt, dass sich die Fehlfunktionen auf einem sehr niedrigen

Die Fertigungsaufgabe beinhaltet das Gehäuse, den Stromkreis, Parallel- und Reihenschaltung, die Bauteile LED, Widerstände, Schalter, Batterien und Batteriehalter sowie das Verfahren Löten. Die Abbildung 5 zeigt ein fertig montiertes Muster inklusive der Blechstreifen aus Abschnitt 5. Nach Fertigstellung der gestellten Aufgabe können nun per Hand die Abfolge der Lichtsignale einer Autoampel nachvollzogen werden. Im Prinzip entspricht das der Arbeitsweise des Polizisten von 1924 im Verkehrsturm am Potsdamerplatz in Berlin.

Niveau bewegen. Die Lichtsignalanlage kann folgendermaßen konfiguriert werden:

1. Autos erhalten abwechselnd grün und rot
2. Autos werden angehalten, damit Fußgänger grün erhalten (Festzeitsteuerung)
3. Autos werden angehalten, wenn Fußgänger mit einer Taste grün anfordern (Bedarfsampel)
4. Alle Ampeln stehen auf rot. Es wird die Straße oder der Fußgängerüberweg auf grün geschaltet, die mit einer Taste jeweils angefordert wird.
5. Autos und Fußgänger können mit einer Taste grün anfordern (Bedarfsampel für Autos und Fußgänger)
6. Die Straße wird wie eine Baustelle signalisiert, die Fußgängerampel bleibt funktionslos
7. Die Straße wird wie eine Baustelle signalisiert, zusätzlich können Fußgänger mit einer Taste grün anfordern (Festzeitsteuerung, die durch Bedarfsampel der Fußgänger unterbrochen wird).
8. Alle Ampeln stehen auf rot. Es wird die Richtung auf grün geschaltet, die mit einer Taste jeweils angefordert wird.

5 Automatisierung durch Steuerung

Da bei einer realen Ampel kein Mensch mehr die entsprechenden Lichtsignale ein- und ausschaltet, muss dies durch einen Automaten erfolgen. Dieser Automat konnte in der Erkundungsphase als kleiner grauer Kasten identifiziert werden. Die Einführung des Zeitablaufdiagramms ermöglicht es, den Funktionsablauf zeichnerisch darzustellen und diesen mit einer recht geringen Transferleistung in eine technische Lösung zu überführen.

Der Übergang vom Zeitablaufdiagramm (Abb. 6) zum Blechstreifen besteht aus einer einzigen Regel: Wenn der Zustand des Signals aus (= 0) ist, wird dies auf dem Blechstreifen abgeklebt. Bei Anfertigung der Schalteinrichtung können die Verfahren Bohren, Biegen, Schrauben und Löten angewendet werden.

6 Die Ampelsteuerung im Modell

Mit der einfachen bereits automatisierten Ampel sind nun die Grundlagen der Steuerungstechnik gelegt worden. In einem weiteren Entwicklungsschritt geht es nun darum, den Computer zur Steuerung der Lichtsignalanlage zu verwenden

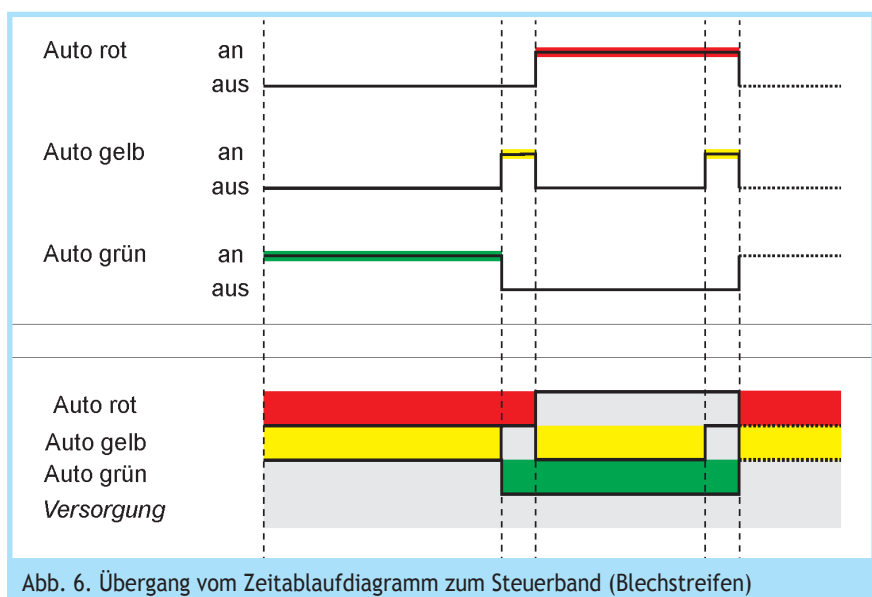


Abb. 6. Übergang vom Zeitablaufdiagramm zum Steuerband (Blechstreifen)

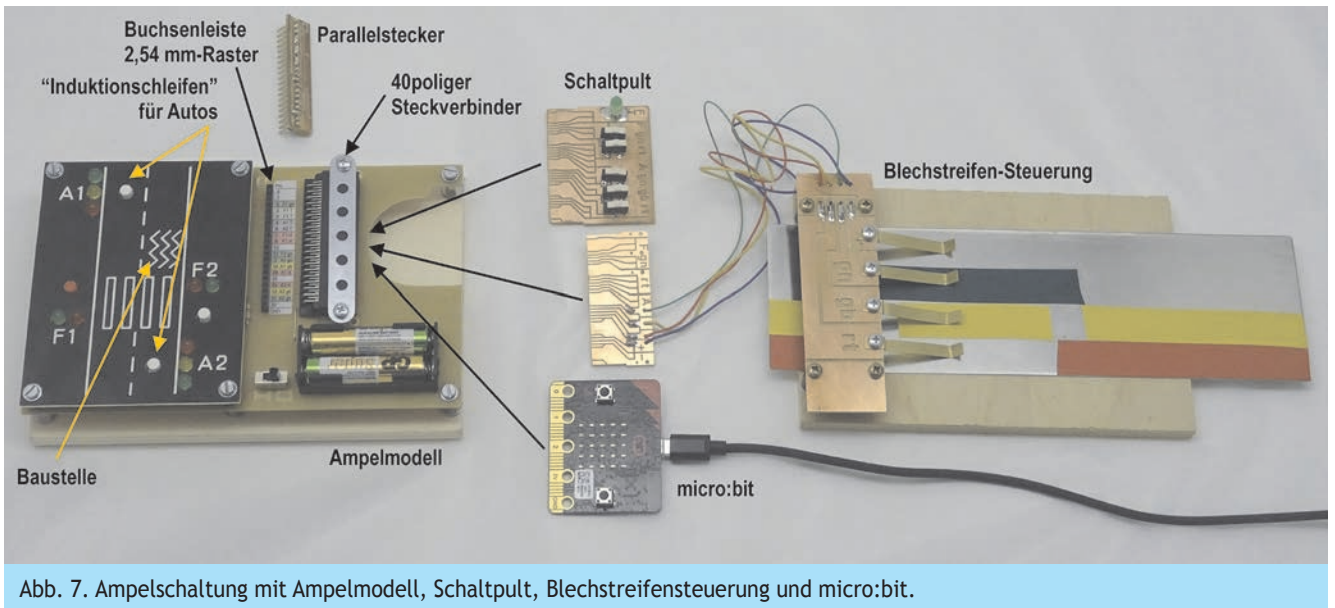


Abb. 7. Ampelschaltung mit Ampelmodell, Schaltpult, Blechstreifensteuerung und micro:bit.

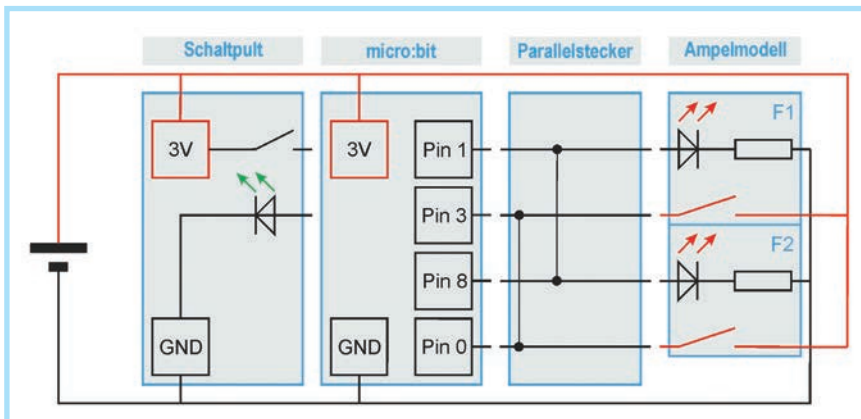


Abb. 8. Elektrischer Schaltplan für Schaltpult, micro:bit, Parallelstecker und Ampelmodell, prinzipiell dargestellt für rote LED und Taster der Fußgängerampel.

achten, dass die Versorgung der LED auf 3 V ausgelegt ist.

In der Praxis lässt sich das Schaltpult auch dafür verwenden, mittels des Parallelsteckers alle LED und die Taster der Fußgängerampel des Ampelmodells auf seine Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Bei Fehlern lässt sich dann in der Regel das Programm des micro:bits als Ursache ausmachen.

7 Automatisierung durch Einplatinencomputer

Für die Programmierung von Computern gibt es mittlerweile neben den textbasierten auch grafische Editoren. Der Vorteil von grafischen Editoren besteht darin, dass die Fehleranfälligkeit durch fal-

Die Konfigurationen 1 bis 4 können durch den Parallelstecker relativ einfach gehalten werden. Sowohl die Fußgängersignale und -taster als auch die Autosignale einschließlich -taster sind parallel geschaltet, sodass sich die Anzahl der anzusteuern den Ein- und Ausgänge in der Anzahl reduzieren und das Programm überschaubar bleibt.

Die Ansteuerung der Ampel kann sowohl über den 40poligen Steckverbinder als auch über die Buchsenleiste im 2,54 mm-Raster erfolgen. Am 40poligen Steckverbinder kann wahlweise das Schaltpult, die Blechstreifen-Steuerung oder ein Mikrokontroller angeschlossen werden. In unserem Fall haben wir uns für den Einplatinencomputer BBC micro:bit entschieden. Die Abbildung 7 zeigt die Ampelschaltung mit Schaltpult, Blechstreifenadapter und micro:bit.

Auf die 2,54 mm-Buchsenleiste kann der Parallelstecker gesteckt werden. In diesem Fall werden die Fußgängerampel und Autoampel zusammengefasst und es reduziert die Anzahl der anzusteuern den Pins. Weiterhin können dort auch andere Computersysteme angeschlossen werden. Es ist nur darauf zu

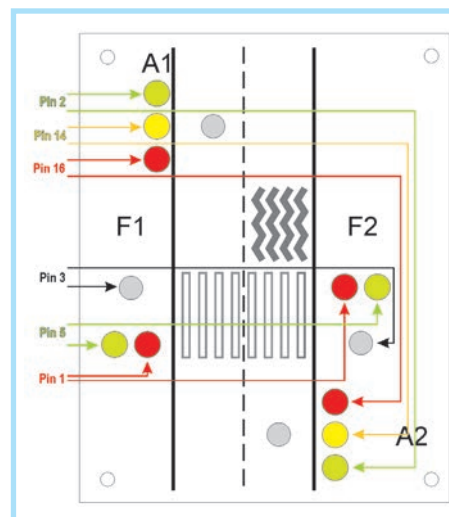


Abb. 9. Prinzipbild mit Zuordnung der Betriebsmittel der Ampelschaltung

sche Zeichen (z. B. 0 statt 0) nicht mehr gegeben ist und das Programm sich mit einer relativ geringen Transferleistung vom technologieunabhängigen Programmablaufplan entwickeln lässt.

Da die Schüler und Schülerinnen das Zeitablaufdiagramm bereits entwickelt haben und der Handlungsablauf sich auch im Programmablaufplan nicht verändert, hat, konnte auch der Transfer durch einen Automatismus bewerkstelligt werden. Es musste lediglich die Zuordnung der Betriebsmittel zu den entsprechen Signalen eingeführt werden. Diese Zuordnung kann sowohl im Zeitablaufdiagramm (Abb. 2) als auch auf einem elektrischen Schaltplan (Abb. 8) oder einem Prinzipbild (Abb. 9) der Ampel erfolgen. Je nach Aufgabenstellung werden nur die relevanten Zuordnungen angegeben.

So werden für die Ampelschaltung solo (1. Aufgabe) nur die Pin 2, Pin 14 und Pin 16 benötigt, für die zeitgesteuerte Ampelschaltung mit Auto und Fußgänger (2. Aufgabe) zusätzlich die Pin 1 und Pin 5 eingeführt, während die komplette Betriebsmittelzuordnung für die bedarfsgesteuerte Fußgängerampel notwendig ist.

7.1 Steuerung einer Lichtsignalanlage

Festzeitgesteuerte Anlagen lassen sich durch ein Zeitablaufdiagramm wie in Abbildung 10 abgebildet darstellen und bieten sich deshalb auch als Einstieg für die Umsetzung in die grafische Programmierung an. Exemplarisch wird die Umsetzung an der Autoampel solo (1. Aufgabe) demonstriert. An den Zeitpunkten V1, V2, V3 und V4 verändern sich die Signale, d. h.

die Zustände müssen ausgewertet werden. Zum Zeitpunkt V1 sind alle Signale in einen definierten Zustand zu bringen (Pin 16 = 0, Pin 14 = 0, Pin 2 = 1). Bis zur nächsten Veränderung von Signalen muss die entsprechende Zeit angegeben werden (hier: Pausiere 7 Sekunden).

Im nächsten Zeitpunkt V2 ist es ausreichend, wenn die veränderlichen Signale ausgewertet werden (Pin 14 = 1, Pin 2 = 0) und danach die Differenz (Pausiere 1 Sekunde) zur nächsten Veränderung. Dies wiederholt sich, bis der Ausgangszustand wieder erreicht wird.

Die Erweiterung der 1. Aufgabe um eine Phase für die Fußgängerquerung ändert an der grundsätzlichen Vorgehensweise nichts und kann gut als Vertiefung bzw. Übung für die Schüler und Schülerinnen verwendet werden.

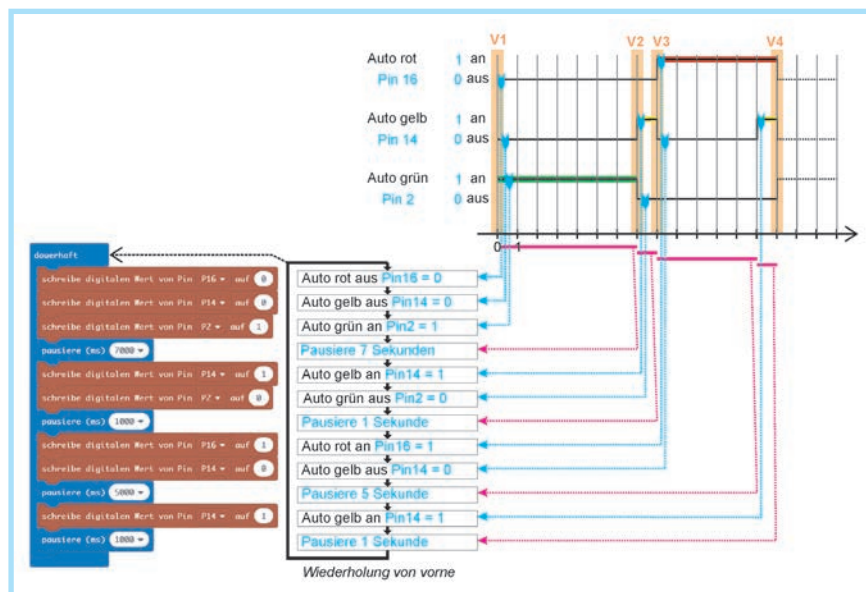


Abb. 10. Aus dem Zeitablaufdiagramm wird ein Programmablaufplan entwickelt, der sich dann ohne weiteres in die grafische Programmierung umsetzen lässt.

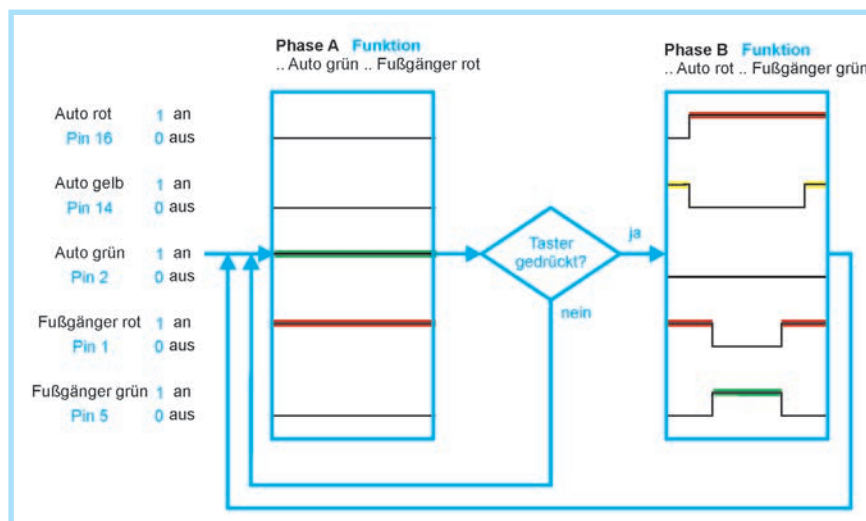


Abb. 11. Programmablaufskizze mit Blöcken. Die einzelnen Phasen sind feste Abläufe und können im MakeCode Editor als Funktion definiert werden. Damit wird das Hauptprogramm übersichtlicher.

7.2 Regelung einer Lichtsignalanlage

Eine zusätzliche Herausforderung ist nun die verkehrsabhängige oder bedarfsgesteuerte Lichtsignalanlage. Hierzu muss jetzt ein Sensor – hier einer der beiden Taster – vom micro:bit eingelesen und verarbeitet werden.

Die eigentliche Programmierung mit dem MakeCode Editor erfolgt direkt auf der Oberfläche eines internet-Browsers, dem Download des so erzeugten Programmcodes und dem Übertrag auf den micro:bit via USB Verbindung. Es empfiehlt sich dennoch die schrittweise Abarbeitung der Handlung, weil diese sich universeller auch in anderen Anwendungen implementieren lässt.

Die Verarbeitung kann komplexer werden, z. B. können mehrere Fälle unter-

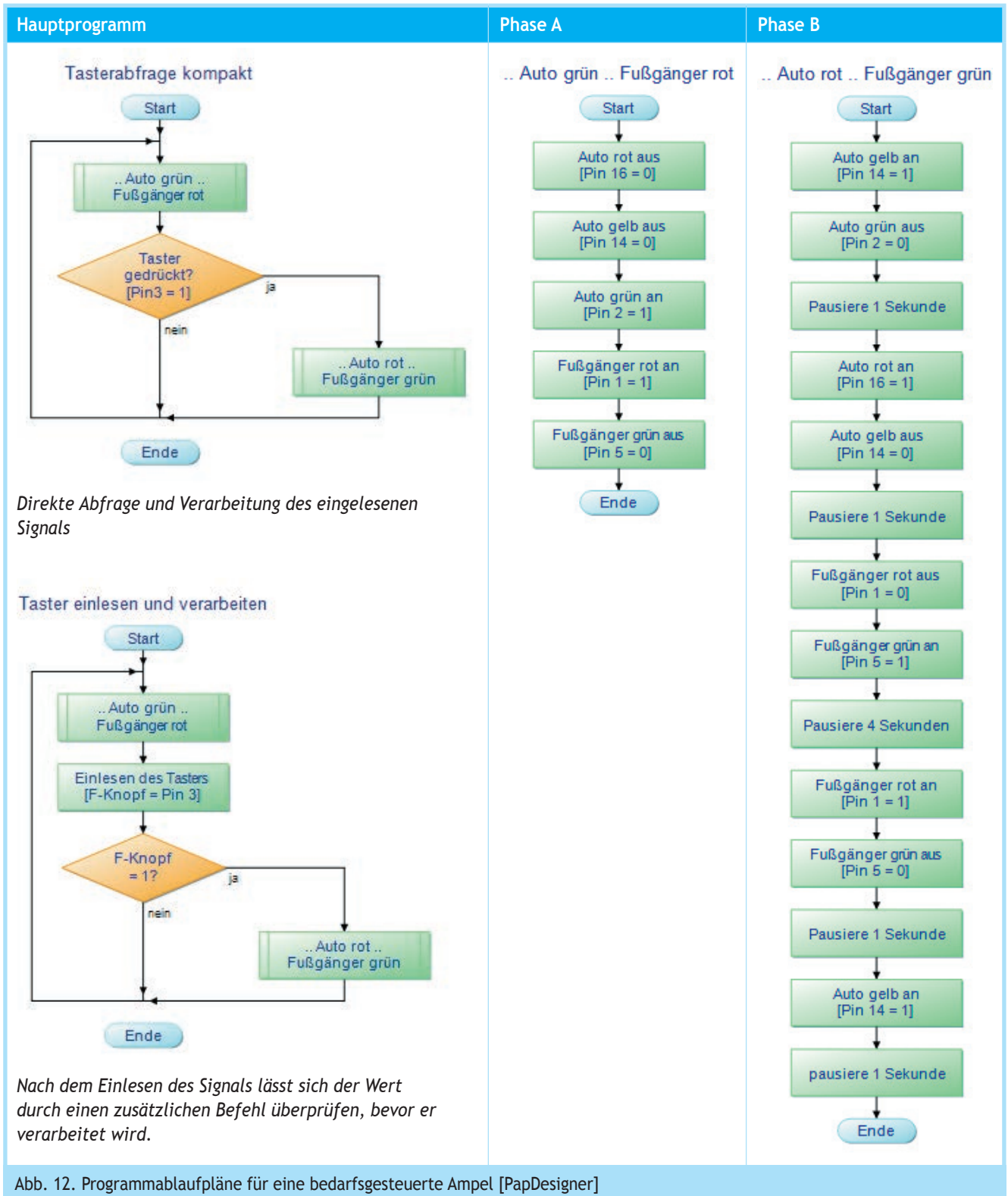


Abb. 12. Programmablaufpläne für eine bedarfsgesteuerte Ampel [PapDesigner]

schieden werden. Außerdem lässt sich durch das Einlesen des Sensorsignales auch ein Fehler besser lokalisieren, weil sich der eingelesene Wert überprüfen lässt. In der micro:bit Software MakeCode Editor (Abb. 13) gibt es Programmbausteine, die die Routine Einlesen und Verarbeiten kompakt anbieten. Wie sich in Abbildung 11 erkennen lässt, werden nun die einzelnen Phasen flexibel abgearbeitet. In der Phase A ist der Zustand

»Autos grün« und »Fußgänger rot« abgebildet und bleibt erhalten. Die Phase B wird nur dann durchlaufen, wenn der Taster gedrückt worden ist. Die einzelnen Phasen lassen sich auch in der Programmierung durch Unterprogramme (sogenannte Funktionen) darstellen, sodass das Hauptprogramm in seiner Wirkungsweise transparenter wird.

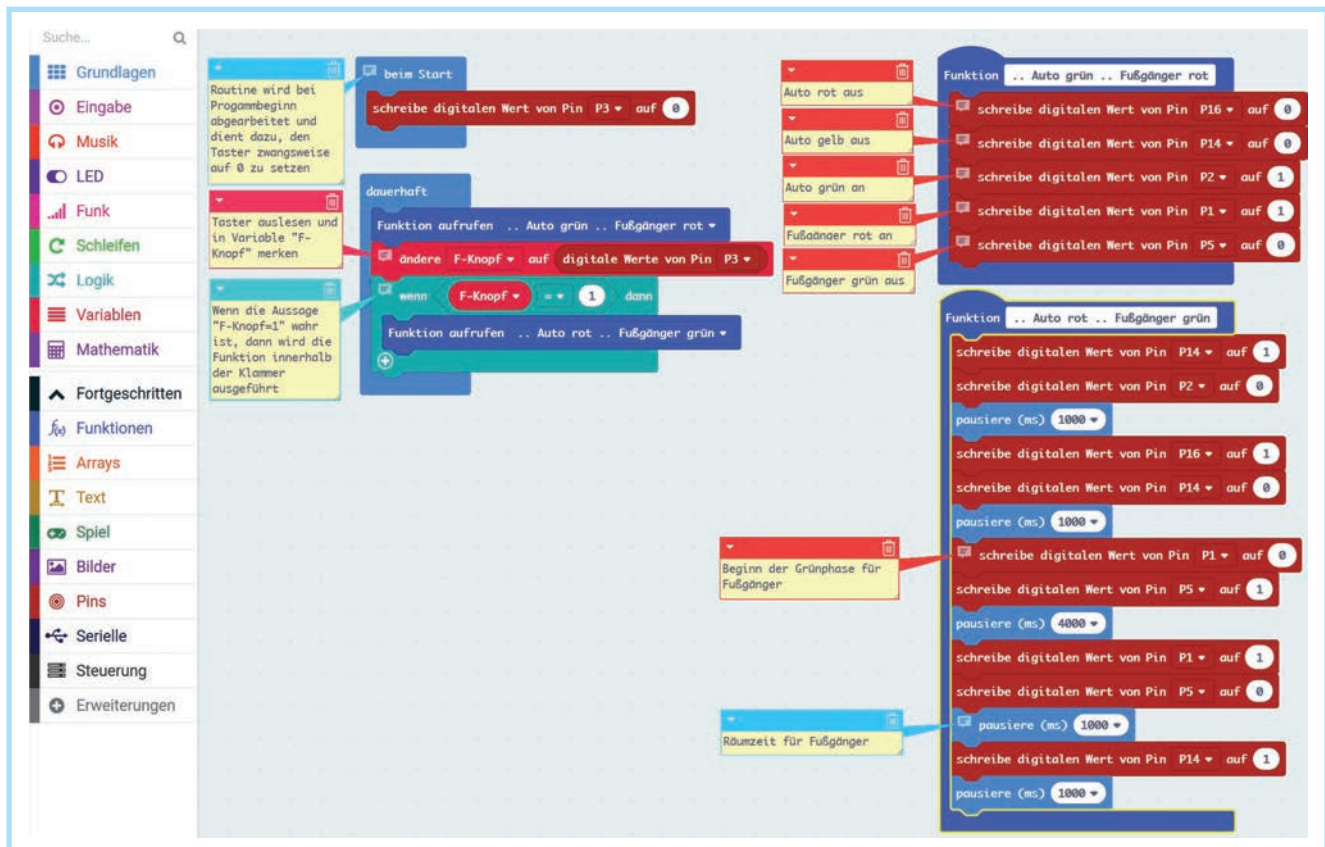


Abb. 13. Für die Programmierung werden die Blöcke GRUNDLAGEN, LOGIK, VARIABLEN, Funktionen und Pins benötigt.

8 Reflexion und Erfahrungen

Während der unterrichtspraktischen Erprobung in einer achten Klasse einer Gesamtschule ist insbesondere aufgefallen, dass zur erfolgreichen Durchführung flankierende Maßnahmen ergriffen werden müssen, denn es konnte festgestellt werden, dass sowohl der Umgang mit dem Internet-Browser als auch grundsätzliche Vorgehensweisen bei üblicher Anwendungssoftware eines windowsbasierten PCs nicht generell vorausgesetzt werden können.

So mussten u. a. die Bedienung der grafikbasierten Anwendungssoftware MakeCode Editor in seinen Grundzügen dargestellt, eine Vorauswahl der benötigten Programmbausteine gegeben und der Download des Programmcodes sowie die Übertragung auf den micro:bit via USB Verbindung kleinschrittig angeleitet werden.

Deshalb sind auf die Lerngruppe angepasste Methoden und Verfahren und oder geeignete Arbeitsblätter oder andere Hilfen zu empfehlen.

9 Ausblick

Das vorliegende Anwendungsbeispiel verknüpft einfache elektrische Schaltungen mit einer transparenten Computeranwen-

dung. Um den Einstieg auch in unteren Klassen, hier in einer achten Klasse einer Gesamtschule zu ermöglichen, wird das Potential des micro:bits nur im Ansatz ausgeschöpft.

Die Grundlagen erlauben aber danach, weitere Programmbausteine zu erschließen und die Komplexität fast beliebig zu erhöhen.



Abb. 14. Blechstreifen und micro:bit im Klassenzimmer

Literatur

KRIMMLING, J. (2017). *Ampelsteuerung – Warum die grüne Welle nicht immer funktioniert*. Wiesbaden: Springer Vieweg

STÜHRMANN, H.-J. & WESSELS, B. (1972). *Lehrerhandbuch für den technischen Werkunterricht – Band 1: Maschinentechnik in Unterrichtsbeispielen*. Weinheim: Beltz Verlag.

Berliner Zeitung. <https://www.berliner-zeitung.de/berlin/berlin-in-historischen-aufnahmen-der-ampelturm-vom-potsdamer-platz-29927008> (15.01.2019)

Meilensteine der Elektronik. <https://www.meilensteiner-elektronik.de/1914-die-erste-ampel-geht-in-betrieb-a-518249/> (15.01.2019)

Programmierungsumgebung micro:bit. <https://makecode.micro:bit.org>

Dipl. Ing. ROLAND HIRSCH ist Studienrat im Hochschuldienst an der TU Dortmund im Bereich Ingenieurdidaktik, Otto-Hahn-Str. 6, 44227 Dortmund, roland.hirsch@tu-dortmund.de. ■□