

CTC – Clever Train Control

Digital – ganz ohne Draht

Von einer Modellbahn-Digitalsteuerung ohne komplizierte Verkabelung haben sicherlich schon alle geträumt, so auch der Informatiker Peter Rudolph. Mit den kleinen und preiswerten WLAN-Chips des chinesischen Herstellers Espressif taten sich Möglichkeiten auf, die bisher entweder an zu hohen Kosten oder zu viel Platzbedarf scheiterten. Mit Clever Train Control hat Rudolph einen komplett neuen Steuerungsansatz gewählt und bei der Software von Anfang an auf die plattformneutrale Programmiersprache Java gesetzt. Als Software-Ingenieur entwickelt er mit seiner Firma Speziallösungen für die Automobilindustrie und kennt sich somit auch mit den Herausforderungen in rauen Einsatzumgebungen aus. Auch die Anforderungen einer Echtzeit-

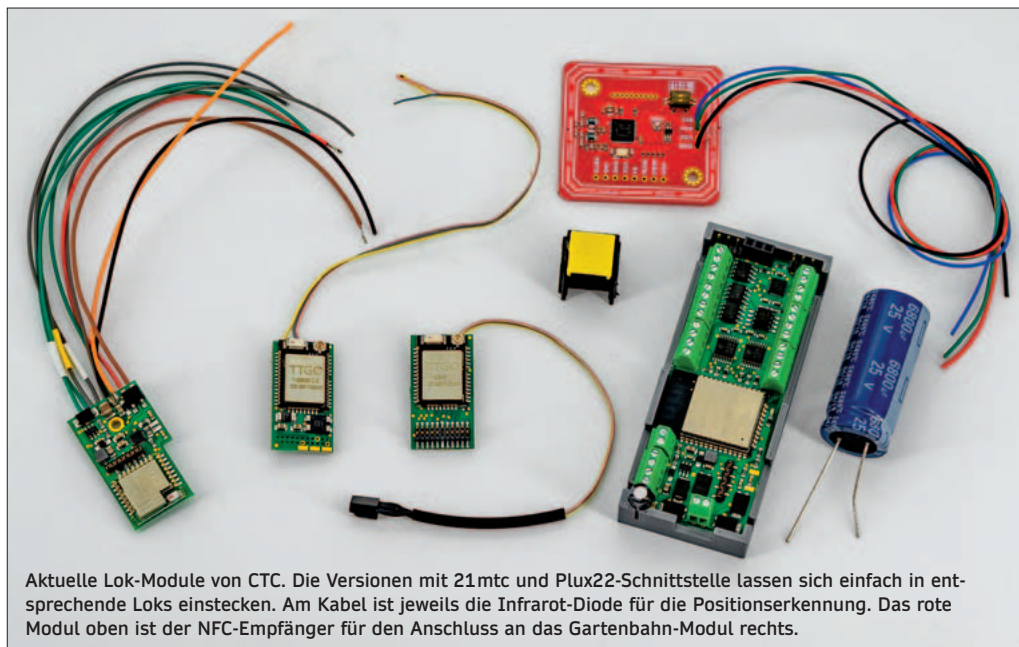
Clever Train Control verfolgt als WLAN-basiertes System einen etwas anderen Ansatz, der vor allem für Gartenbahner, für den einen oder anderen Teppichbahner oder Digital-Einsteiger interessant ist. Hans Jürgen Götz stellt das System vor und zeigt dessen Möglichkeiten auf.

Umgebung und das Ansteuern vieler unterschiedlicher Aktuatoren waren für ihn bereits tägliches Brot.

Entwicklung der Lokdecoder

Die ersten Prototypen basierten noch auf handelsüblichen Arduino-Entwicklungsboards, aus denen bald handverdrahtete Testmuster wurden. Diese waren aber so groß, dass sie höchsten noch in eine große Gartenbahn-Lok reinpassten. Parallel dazu ging es auch gleich um die Definition der Zielgruppe für die geplante Produktlinie.

Daraus ergab sich dann im ersten Schritt die Forderung, einen Lokdecoder zu entwickeln, der in H0-Loks passt, eine gute Motorsteuerung bietet und mehrere Funktionsausgänge bedienen kann. Dieses Segment bietet den mit Abstand größten Marktanteil.



Aktuelle Lok-Module von CTC. Die Versionen mit 21mtc und Plux22-Schnittstelle lassen sich einfach in entsprechende Loks einstecken. Am Kabel ist jeweils die Infrarot-Diode für die Positionserkennung. Das rote Modul oben ist der NFC-Empfänger für den Anschluss an das Gartenbahn-Modul rechts.

CTC – Clever Train Control

Digital – ganz ohne Draht

So wurde aus dem viel zu großen handverdrahteten Muster eine kleine Platine von 20 x 35 mm, die sich in viele H0-Modelle problemlos einbauen lässt. CTC spricht in diesem Zusammenhang immer von *Modulen* anstatt *Decodern*. Vor allem beinhaltet diese Platine auch das komplette WLAN-Modul, inklusive Antenne. Dieses Modul trägt Ströme bis zu 1 A, was für eine H0-Lok mehr als ausreichend ist. Weiter bietet es noch vier bzw. zehn Funktionsausgänge, die man z. B. für die Lichtsteuerung und Telexkupplung verwenden kann.

Inzwischen sind auch Versionen mit 21MTC- und Plux22-Schnittstelle entstanden. Damit ist es möglich, problemlos viele der heute am Markt verfügbaren Lokmodelle auf WLAN-Betrieb umzurüsten – „Plug & Play“ im wahrsten Sinne des Wortes.

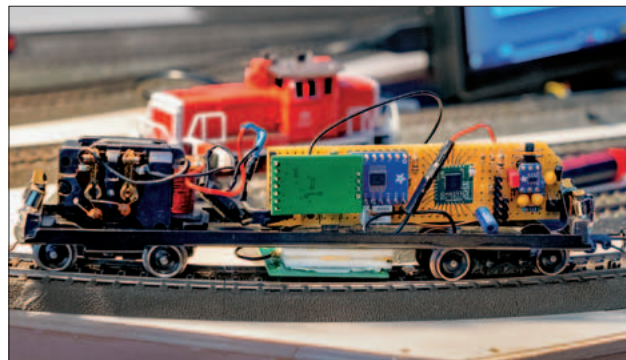
Große Spuren

Worauf aber vor allem die Gartenbahner noch gewartet haben, war ein Modul für stromhungrige und mehrmotorige Loks. Diesen Wunsch erfüllt CTC mit dem neuen SpurG-Modul. Es ist mit 78 x 30 mm et-



Peter Rudolph ist der Erfinder von CTC und sitzt hier an seiner Entwicklungsumgebung mit einer kleinen Märklin-Anlage.

Früher Prototyp eines CTC-Moduls als Lochraster-Aufbau.





was größer als die H0-Varianten, erlaubt dafür aber den Anschluss von zwei Motoren mit je 3A. Damit lässt sich praktische jede gängige Gartenbahn-Lok problemlos ausrüsten. Darüber hinaus hat er noch zehn Funktionsausgänge mit je 1A sowie zwei Servoanschlüsse zu bieten. Damit kann man z. B. Entkupppler, Pantografen und vieles andere bewegen. Auch der Anschluss eines Stützkondensators zur kurzzeitigen Überbrückung von Stromunterbrechungen, etwa auf Weichenherzstücken, ist möglich.

Auch die Steuerung von Mehrfachtraktionen ist problemlos möglich. Gerade bei der Gartenbahn werden gerne mehrere US-Dieselloks im Verbund, sogenannte Consists, gefahren. Um das zu ermöglichen, baut man in jede Maschine ein Modul ein und koppelt diese über die CTC-App virtuell zusammen. Da jede Lok individuell eingemessen werden kann, ist sichergestellt, dass alle beteiligten Loks in jeder Fahrstufe gleich schnell fahren.

Stromversorgung und WLAN-Steuerung

Bei der Stromversorgung sind die CTC-Decoder flexibel, sie nehmen alles, was auf der Modellbahn gerade verfügbar ist. Sei es Wechselstrom aus dem alten blauen Trafo mit rotem Drehknopf, Gleichstrom

oder Digitalstrom. Die Spannung sollte dabei zwischen neun und 24 Volt liegen.

oder Digitalstrom. Die Spannung sollte dabei zwischen neun und 24 Volt liegen.

Für die Steuerung der WLAN-Module wird keine herkömmliche Digitalzentrale benötigt. Es geht mit jedem PC, Tablet oder Smartphone. Einzig ein handelsüblicher WLAN-Router muss vorhanden sein. Außerdem wird die CTC-App benötigt. Diese läuft, dank Java Programmierung, auf Windows, macOS, Linux, iOS und Android. Einzige Voraussetzung: die jeweiligen Geräte brauchen Zugang zum WLAN-Netzwerk.

Im „normalen“ WLAN kommunizieren die diversen Teilnehmer unter Umständen recht viel untereinander und auch ins Internet.

CTC empfiehlt deshalb, ein eigenständiges WLAN für die Modellbahn zu definieren, das garantiert die notwendige Sicherheit, damit es nicht zu zeitlichen Verzögerungen bei der Übertragung von Kommandos und Rückmeldungen kommt.

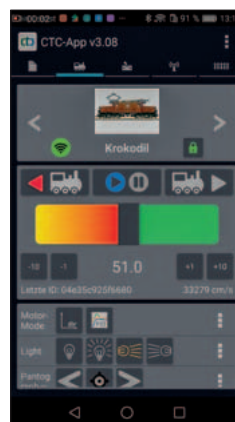
Da jedes Modul eine eindeutige IP-Adresse hat, kann die CTC-App auch Einfluss auf den Datenverkehr im WLAN nehmen, indem es allen Modulen einen eigenen „Sendeslot“ zuweist. So wird wirkungsvoll ein Durcheinander und Kollisionen der Funk-Pakete verhindert und das System reagiert quasi verzögerungsfrei.

Zubehördecoder

Zur Ansteuerung von Weichen und Signalen bietet CTC verschiedene Module an. Sie passen entweder direkt unter Märklins C-Gleis-Weichen oder sind separat anschließbar. Bei allen Modulen können Zusatzfunktionen geschaltet werden, z. B. zur Herzstückpolarisation oder Lampensteuerung.

Wer noch mehr braucht, greift zum „IO-Board“. Dieses kann acht Aktuatoren schalten, die auch als beliebig kombinierbare Funktionsgruppen definiert werden können. Hier darf der maximale Schaltstrom bis zu 1,2A betragen, in Summe bis zu 2A. Zusätzlich sind auf dem Modul zwei Servo-Ausgänge vorhanden. Um diese zu nutzen, muss man aber zusätzlich 5 V-Gleichspannung einspeisen, da Servos bisweilen leider ziemlich stromhungrig sein können.

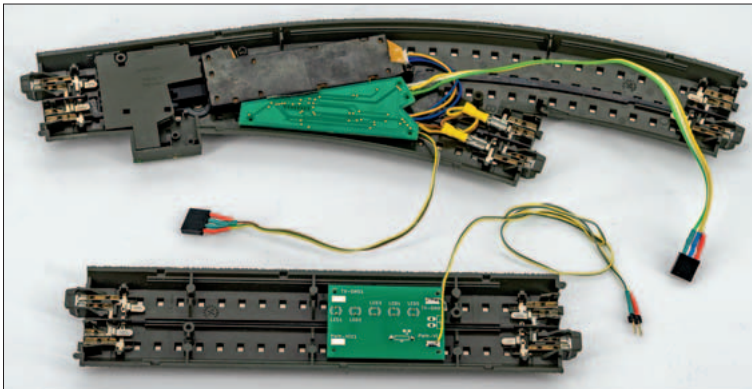
Passend für den Spur-G-Bereich hat CTC ein neues Weichen- bzw.



Steuerung einer Lok mit der CTC-App vom Handy aus.



Steuerungsansicht der CTC-App in der PC-Version. Hier bekommt man volle Kontrolle über Fahrzeuge, Weichen, Signale, Rückmelder und das Gleisbild.

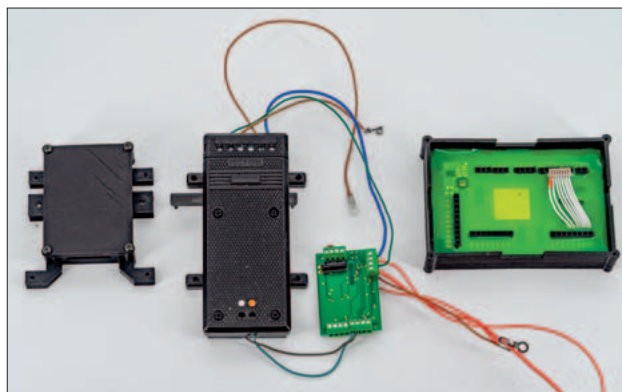


Für das C-Gleissystem gibt es passende Weichenmodule und Infrarot-Sende-Module für die Positions-erkennung.

Signalmodul entwickelt. Dieses unterstützt sowohl Magnet- als auch Motorantriebe, wie z. B. die allseits bekannten und beliebten Weichenantriebe von LGB. Von diesem Modul und dem IO-Board gibt es auch mit Schmelzharz vergossene Varianten, die damit gartenbahntauglich sind.

Infrarot-Rückmeldungen

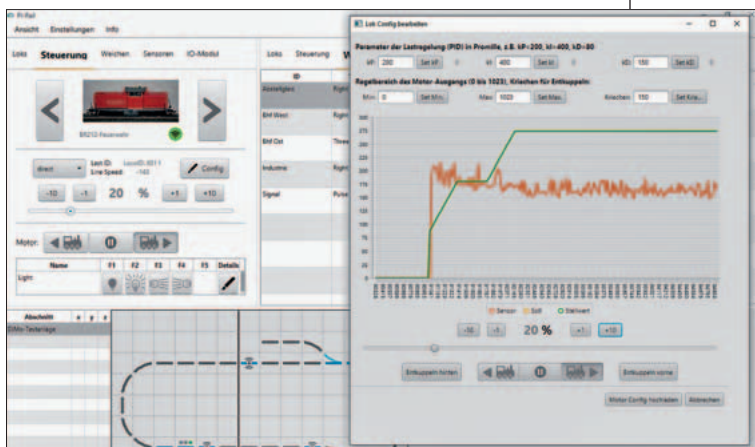
Ein weiteres wichtiges Thema ist der Wunsch nach einer Positions-Rückmeldung von Loks auf der Anlage. CTC bietet gleich zwei Varianten an. Für die Baugröße H0 gedacht ist die Meldung und Erkennung via Infrarot. Dazu benötigt man nur eine einfache IR-Sender-LED im Gleis. Diese wird an einen freien Ausgang des nächstgelegenen Weichendecoders angeschlossen und dort konfiguriert. Die Kosten hierfür sind extrem niedrig, nur wenige Cent pro Melder. Obendrein fällt so eine LED im Gleis nicht wirklich auf, zumal sie ja kein sichtbares Licht abstrahlt. Auch dafür gibt es vorbereitet Platinen, die unter dem Gleis eingebaut werden.



Für den Gartenbahn-Einsatz sind wetterfeste Module zum Anschluss von LGB- und Piko-Weichenantrieben erhältlich.



Einmessvorgang einer Lok mit der CTC-App.



NFC-Tags für den Gartenbahn-Einsatz. Besonders erwähnenswert ist die Nachbildung der Eurobalise auf der Gartenbahnschwelle. Beim Vorbild werden Eurobalisen beim europäischen Zugsicherungssystem ETCS eingesetzt.

Auf der Gegenseite werden die Loks unten mit einer IR-Empfänger-LED ausgestattet, die an den Lokdecoder angeschlossen wird – sehr einfach, flexibel und preiswert. Störende Fremdlichteinflüsse werden durch diese Anordnung unterbunden, sodass dieses System sehr zuverlässig funktioniert. Nur bei größeren Abständen zwischen Sender- und Empfänger-LED bzw. bei zu schnellen Lokomotiven können eventuell Datenpakete verloren gehen. Hier empfiehlt CTC, auf der Senderseite im Gleis einfach mehrere leistungsstarke Sender-LEDs hintereinander zu montieren. Dann wird selbst der schnellste ICE noch sauber erfasst.

Wenn nun solch eine Lok über einen Meldepunkt fährt, meldet es der betroffene Lokdecoder sofort und die CTC-App kann dies unmittelbar anzeigen. Somit sind natürlich auch automatische Abläufe möglich. Standardmäßig hat CTC einen automatischen Signalhalt bereits eingebaut.

Über zwei Melder kann auch eine Messstrecke definiert werden. Damit kann der Lokdecoder die genaue Geschwindigkeit einer Lok errechnen und melden. Bei der Feinjustierung der Motorsteuerung stehen noch zusätzliche Daten zur Verfügung, um ein automatisches Einmessen vornehmen zu können.

Rückmeldungen per NFC

Im Gartenbahn-Bereich zeigte sich, dass dort die IR-Methode nicht optimal ist. Die Abstände zwischen Gleis und Lok sind viel größer, es gibt mehr Verschmutzungen, die Fremdlichteinflüsse sind stärker. Außerdem müssen die IR-Sendediode per Kabel an ein Weichen- oder Signalmodul angeschlossen werden. So hat man sich bei CTC entschlossen, speziell für dieses Segment alternativ einen NFC-Reader (Near Field Communication) für Rückmeldezwecke anzubieten.

Unter der Lok wird dazu eine kleine Platine mit der NFC-Elektronik angebracht und mit dem Lokmodul verbunden. Im Gleis muss ein ganz einfacher NFC-Chip platziert werden, fertig! Diese Chips können sehr klein und absolut unauffällig sein. Es gibt sie in allen möglichen Bauformen und weder

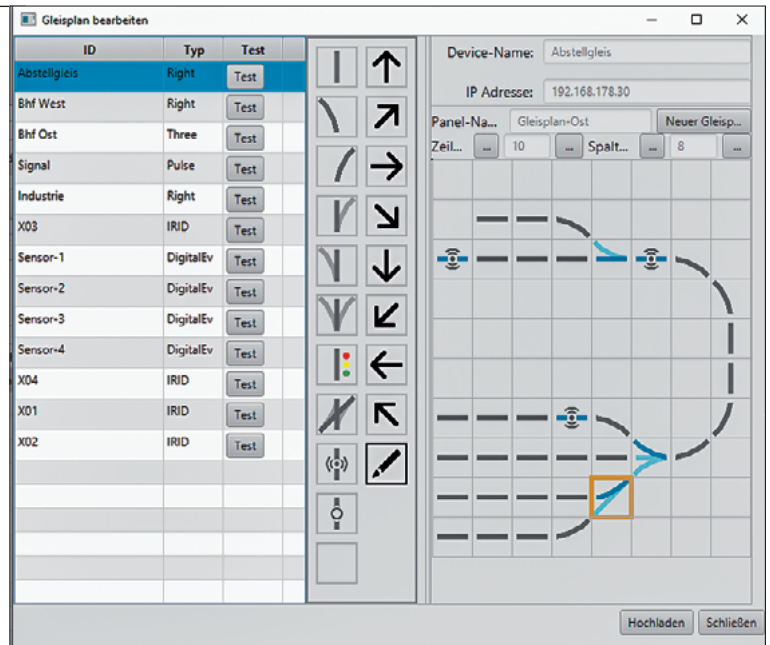
Wetter noch Schmutz oder Feuchtigkeit können ihnen etwas anhaben. Da es sich um passive Bauelemente handelt, benötigen sie keine Verkabelung und sind sehr preiswert. Jeder dieser NFC-Tags hat eine weltweit eindeutige Kennung, die man nur einmal in der CTC-App „einlernen“ muss, um z. B. die genaue Position im Gleisplan zu erfassen.

Datenspeicherung

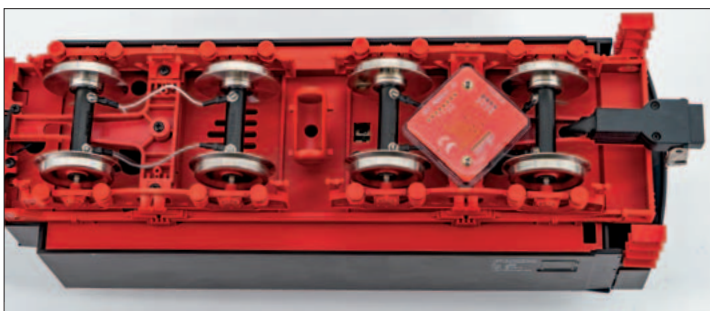
Alle Module merken sich ihre Konfiguration permanent. Das gilt auch für die WLAN-Zugangsdaten. Findet das Modul in der ersten Minute das gesuchte WLAN nicht bzw. ist das Modul noch nicht dafür konfiguriert, so stellt es danach ein eigenes WLAN bereit. Das ist ganz schön clever, denn nun kann die CTC-App danach suchen und solch ein neues Modul gezielt ansprechen. Dann konfiguriert man dieses Modul, indem man ihm mitteilt, in welchem WLAN-Netzwerk es sich automatisch anmelden soll. Daraufhin startet das betreffende Modul neu und meldet sich im gewählten WLAN-Netzwerk an.

Mit der CTC-App kann man alle Module direkt erkennen, ansprechen und weiter konfigurieren. So

Konfiguration eines Gleisbild-Stellpults mit der CTC-App.



Auf der Unterseite des Tenders der großen Spur-G-Dampflok der Baureihe 50 von Piko findet die Platine mit dem NFC-Reader bequem Platz.



lassen sich eindeutige Namen vergeben, alle Betriebsparameter einstellen und sogar individuelle Bilder (Icons) für jedes Modul definieren. All das wird im Modul dauerhaft gespeichert, auch die Bilder!

Das ermöglicht es auch, eine Lok zur Anlage eines Freundes oder Clubs mitzubringen, aufs Gleis zu stellen und unmittelbar in Betrieb zu nehmen. Man muss keine Lokadresse mehr wissen, demzufolge gibt es keine Adress-Konflikte. Nur das WLAN muss bekannt bzw. konfiguriert sein. Auch mit einer Weiche oder einem Signal würde dies funktionieren.

Noch einfacher ist es, wenn man seinen WLAN-Router mitnimmt. Dann wird auf der anderen Anlage alles über das eigene (mitgebrachte) Setup gesteuert – egal, was dort

sonst bereits parallel in Betrieb ist, einfacher geht es nicht mehr. Und wenn das zu viel Hardware ist, der nimmt sein Smartphone und konfiguriert es als WLAN-Hotspot – auch das geht.

Individuelle Konfigurationsvariable (CVs), wie beim DCC-System, gibt es bei CTC nicht. Es wird alles in Klartexten in den Modulen gespeichert. Will man ein neues Bediengerät einsetzen, dann lädt dieses bei der ersten Verbindung automatisch die Konfigurationsdaten in die CTC-App. Auch der Zustand von Rückmeldern, Weichen und die Position der Fahrzeuge wird von den Modulen geladen.

Gleisbildstellwerk in der App

In die CTC-App wurde ein Gleisbildstellwerk integriert. Dabei un-

Mit einem einzigen Decoder alle europäischen Signale vorbildgerecht schalten

Vertrieb Schweiz

Qdecoder GmbH

Gewerbestr. 21
5312 Döttingen

info@qdecoder.ch

+41 56 426 48 88

Vertrieb EU

Qdecoder GmbH

Zweigniederlassung
Deutschland

Lonzaring 9
79761 Waldshut-Tiengen

info@qdecoder.ch

+49 171 830 96 68

Qdecoder

Online Shop für CH

qdecoder.ch

Online Shop für EU

qdecoder.de

CTC – Clever Train Control

Digital – ganz ohne Draht

terstützt das System vom Prinzip her flexible Modulanlagen. Das bedeutet, dass man für jedes Modul ein separates Gleisbild definieren kann. Dafür muss der Anwender nur eines der Weichenmodule auf diesem Anlagenteil als Speicherplatz für das Gleisbild definieren. Alle etwaigen Änderungen werden dann dort gespeichert. Natürlich kann dieses eine Anlagenmodul auch gleich die komplette Anlage darstellen.

Der grundsätzliche Gedanke bei Anlagen-Modulen ist ja aber, dass man die immer mal wieder flexibel in anderen Zusammenstellungen aufbauen kann. Genau dieses Konzept unterstützt CTC, indem man jetzt aus den aktuell abrufbaren einzelnen Modul-Gleisbildern eine große Anlage mit dem entsprechend zusammen gesetzten Gesamt-Gleisbild zusammen stellen kann. Auch diese Information wird dann in einem beliebigen Weichen-Modul irgendwo auf der Anlage abgespeichert. Und natürlich kann man das Ganze jederzeit bearbeiten, verändern und auf anderen Modulen neu abspeichern.

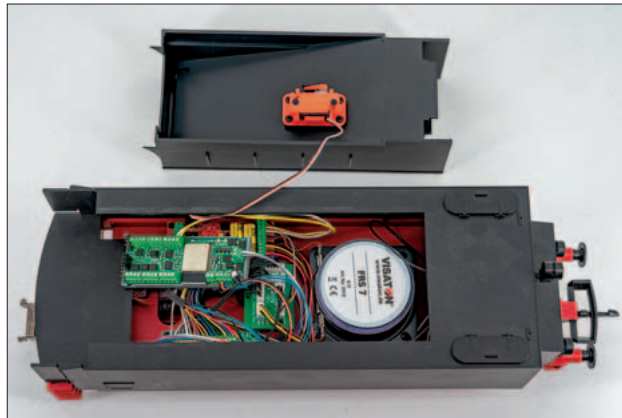
In der CTC-App kann dann jeder Analgenbediener auf seiner individuellen Oberfläche neben der eigentlichen Steuerung eines dieser Gleisbilder anzeigen und bedienen. Also z. B. sein eigenes Modul, das des Nachbarn oder der kompletten Anlage. Natürlich sieht man dabei die aktuelle Stellung aller Weichen und Signale der Anlage.

Ob ein Lok- bzw. Weichenmodul von einem PC oder dem Smartphone angesprochen wird, ist egal. Es können beliebig viele Geräte gleichzeitig im Netzwerk aktiv sein. Immer der jeweils zuletzt gesendete Befehl wird vom jeweils adressierten Empfänger umgesetzt.

Konfigurations-Möglichkeiten

Alle Konfigurationen nimmt man bequem über die grafische Benutzeroberfläche der App vor. Bei CTC lassen sich die Fahreigenschaften einer Lok sehr spezifisch einstellen. Da die Module eine integrierte Lastregelung haben, kann man über die *PID-Konfiguration* das Motor-Verhalten sehr feinfühlig anpassen.

Dies lässt sich im laufenden Betrieb machen. Über die App kann



Hier ist ein CTC-Gartenbahnmodul zusätzlich zu einem Sound-Decoder in eine Piko-Lok eingebaut. Dabei ist der Gleisanschluss des Decoders mit dem Ausgang des CTC-Moduls verbunden. Das CTC-Modul ist am Gleisanschluss der Lok angeschlossen. Dieser dient nur noch der Stromversorgung.

man sich die aktuellen Werte im Millisekundenbereich grafisch anzeigen lassen. So kann man das Verhalten einer Lok auf der Anlage beobachten und parallel die Rückmeldedaten auf der grafischen Oberfläche in Echtzeit auswerten. Sobald man die optimalen Parameter durch Testfahrten ermittelt hat, genügt ein Knopfdruck, um sie permanent im Modul zu speichern.

CTC hat das Protokoll und die Software auf Open-Source-Basis freigegeben. Das ermöglicht quasi jedermann, die Schnittstellen zu nutzen, um eigene Erweiterungen, Anpassungen oder gar zusätzliche Produkte dafür zu entwickeln – sofern diese auch als Open Source veröffentlicht werden.

Dadurch verspricht sich CTC eine schnellere Akzeptanz am Markt und viele Erweiterungen rund um das System, welche sie im Alleingang gar nie so schnell realisieren könnten. Interessenten haben über die Webseite pi-rail.org Zugang zu allen Ressourcen und Informationen.

WLAN für DCC

Die CTC-Decoder bieten noch eine weitere interessante Funktion: Sie können auch einen bereits vorhandenen DCC-Decoder direkt ansteuern. In dieser Konfiguration generiert das CTC Lok-Modul ein vollwertiges DCC-Signal und ersetzt im Grunde genommen eine DCC-Zentrale – zumindest für eine so umgebaute Lok. So ist es möglich, eine DCC-Lok völlig unabhängig von einer DCC-Zentrale direkt via WLAN über die CTC-App auf einem Smartphone zu steuern. Das CTC-Modul wird zusätzlich in die Lok eingebaut und bietet somit

auch die Möglichkeit Soundloks anzusteuern.

Fazit

Das System hat enorm viel Potenzial. Durch den Einsatz von Standard-WLAN-Chipkomponenten ist es relativ preiswert und weltweit problemlos einsetzbar. Dank der Offenlegung der Protokolle, Schnittstellen und der Software wird einer unabhängigen Entwicklergemeinschaft eine breite Plattform für Erweiterungen und Eigenentwicklungen aller Art geboten.

Damit darf man dieses neue System auch unter dem ebenfalls neuen Oberbegriff *IOMT* (Internet of Moba Things) ansiedeln. Also eine Systemwelt, in der jedes Element selbst entsprechend intelligent, autark und über eine eindeutige Adresse von überall her ansprechbar ist. Es braucht nicht unbedingt eine Zentrale und große Verkabelung. Vielmehr wird alles sehr flexibel über Software, sowohl zentral als auch dezentral, verknüpft und gesteuert – wie in diesem Fall ganz ohne Kabel.

Für alle, die einfach „nur“ mit einer Lok und zwei Weichen anfangen wollen, ohne viel investieren zu müssen, ist diese Lösung ideal. Vor allem geht alles ohne Verkabelung per Funk, sofort und ganz einfach. Und wer Gefallen daran findet und ausbauen will, dem stehen kaum Grenzen im Weg. Ein Argument, das vor allem Garteneisenbahner ansprechen dürfte.

HANS-JÜRGEN GÖTZ

weitere Infos: ctc-system.ch
Open Source Support: pi-rail.org

Die Enkel des Autors genießen es, die großen Loks drahtlos mit Handy und Tablet steuern zu können. Der große LGB-Trafo dient nur noch der Stromversorgung.

