

## 1

# Das Buch für den motivierten Modelleisenbahner

## Wie ist das Buch aufgebaut?

Das Ziel dieses Buchs ist eine funktionierende digitale Modellbahn. Nicht als Blackbox, von der man nicht so genau weiß, warum sie eigentlich funktioniert. Folgen Sie den Anleitungen dieses Buchs, kennen Sie am Ende – wenn Ihnen das wichtig ist – jedes Detail. Dabei sind die Wege dorthin vielfältig. Dies drückt sich bereits in der Kapitelstruktur aus. Ein Kapitel – nämlich dieses – sollte von allen gelesen werden. Andere sind nur für diejenigen interessant, die sich bei der Beschreibung des Adressatenkreises in der Kapitelüberschrift angesprochen fühlen. So ist das zweite Kapitel dem Bastler gewidmet und beschreibt recht ausführlich, wie die Decoder und parallel dazu die Anlage aufgebaut werden. Man könnte auch sagen, dieses Kapitel ist der Schwerpunkt des Buchs. Das darauffolgende Kapitel erklärt, wie das alles funktioniert. Dafür werden nur wenige Grundlagen benötigt. Dieser Teil ist für denjenigen, der auch mal selbst ein Stück Software erstellen will, von herausragender Bedeutung. Wer einfach nur basteln will, muss es nicht zwingend lesen. Denn man kann das Ziel erreichen, auch ohne das letzte Detail der angewandten Technik auch wirklich durchdrungen zu haben. Dann folgt der Teil, der für den Nutzer – meinetwegen auch den Spieler – wichtig ist. Hier steht nämlich, wie die Anlage zu bedienen ist. Schließlich will man nach dem vielen Schweiß, den das Aufbauen gekostet hat, durch intensives Spielen mit der Anlage auch etwas Freude genießen.

Doch genug der Vorrede. Los geht's.

## Ziele der Entwicklung

Bevor ich mit der eigentlichen Entwicklung der Decoder begonnen habe, gab es bereits eine längere Phase, in der ich Überlegungen anstellte, was meine Decoder leisten können sollten und welche Randbedingungen dabei Berücksichtigung finden sollten. Das führte zu den folgenden Entwurfskriterien.

### ■ Do It Yourself

Die Digitalanteile einer Modellbahn kann man komplett aufgebaut und getestet in den einschlägigen Geschäften kaufen. Da geht man kein Risiko ein.

Aber ist es das, was wir wollen?

Wollen wir wirklich nur alles zusammenstecken und dann zuschauen, wie die Bahn ihre Runden dreht?

Ich denke, die Antwort lautet: Nein.

Die richtige Freude kommt doch erst auf, wenn man den Dingen selbst das Leben eingehaucht hat. Früher gab es Menschen, die an den Vergasern ihrer Autos geschraubt haben, obwohl die Motoren schon ganz gut liefen. Es hat ihnen einfach Freude bereitet. Und solche Menschen sind auch die *Maker* von heute. Sie haben einfach Freude am Werkeln, Ausprobieren und Entwickeln und wollen sehen, wie sich die eigenen Gedanken in Taten umsetzen lassen. Wenn Sie etwas davon im Blut haben, dann sind Sie hier richtig.

### ■ Einfach

Eine Modellbahn fliegt nicht zum Mond und die Menschen, die sie aufbauen, sind auch keine Raketenwissenschaftler. Natürlich wird hier ein gewisses, wenn auch begrenztes technisches Verständnis vorausgesetzt. Deshalb müssen die eingesetzten Komponenten einerseits eine hohe Funktionalität aufweisen, andererseits dürfen sie dafür aber nur wenige Bauelemente mit überschaubaren Abläufen benötigen. Hinzu kommt, dass durch den massiven Einsatz von drahtlosen (WLAN-ähnlichen) Verbindungen der Aufbau insbesondere hinsichtlich der notwendigen Leitungen drastisch vereinfacht wurde.

### ■ Kostengünstig

Das Hobby Modellbahn ist nicht gerade billig. Das rollende Material, insbesondere die Lokomotiven, schlägt doch recht heftig zu Buche. Deshalb sollte die Elektronik nicht auch noch teuer sein. Aus diesem Grund stand die Kostenfrage immer im Mittelpunkt der Überlegungen, stets nach dem Motto »Viel Leistung für wenig Geld«. Gut, die Hardware muss immer noch käuflich erstanden werden, aber bereits bei der Software machen wir intensiv von kostenlosen Angeboten Gebrauch. So werden wir uns der notwendigen Entwicklungshilfsmittel kostenfrei bedienen.

### ■ Wiederverwendbar

Die meisten Komponenten sind so modular aufgebaut, dass sie mit überschaubaren Änderungen für andere Zwecke nutzbar sind. So kann beispielsweise das Weichenmodul mit geringen Modifikationen der Software auch zur Ansteuerung von Formsignalen genutzt werden.

### ■ Kompakt

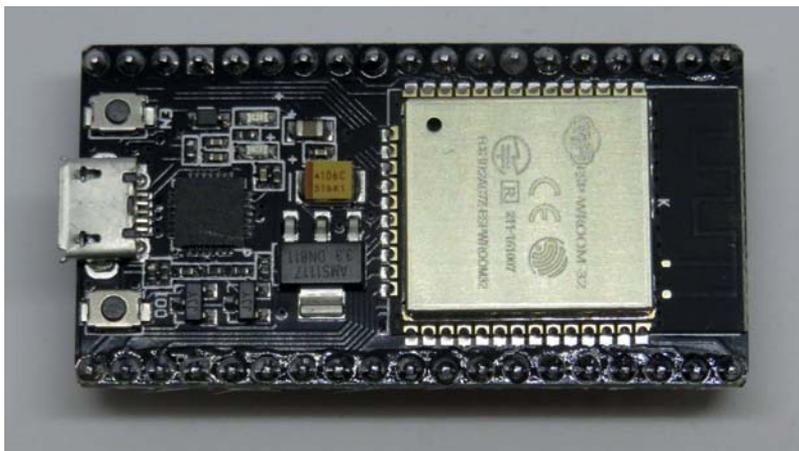
Wo immer es möglich ist, wurden Komponenten mit hoher Packungsdichte eingesetzt. So wird für das Herzstück der vorgestellten Module nicht ein einzelner Prozessor, sondern ein Modul verwendet, das bereits ein CAN-Interface sowie eine Ethernet-Komponente aufweist (ESP32-EVB). Wegen der bereits dadurch bereitgestellten hohen Funktionalität sind nur noch wenige weitere Bauteile notwendig, um auf einer kleinen Platine oder alternativ auf dem Breadboard ein vollständiges Modul aufzubauen.

### ■ Kompatibel

Durch den konsequenten Einsatz des Märklin-CAN-Protokolls lassen sich die hier vorgestellten Komponenten auch mit anderen käuflichen Modulen verwenden, die auf dem gleichen Prinzip beruhen.

Indem wir diese Entwicklungsziele verfolgen, stellen wir sicher, dass für den Bau und den Einsatz der CANguru-Komponenten keine vertieften Kenntnisse notwendig sind. Wenn ein Abschnitt einmal zu kompliziert scheint, um ihn ganz zu verstehen, gehen wir einfach über solche Stellen hinweg und kommen dennoch weiter zurecht.

Die aufgeführten Ziele lassen sich nur erreichen, wenn ein höchst leistungsfähiger Mikroprozessor kostengünstig zur Verfügung steht. Es ist der ESP32 von der Firma Espressif.



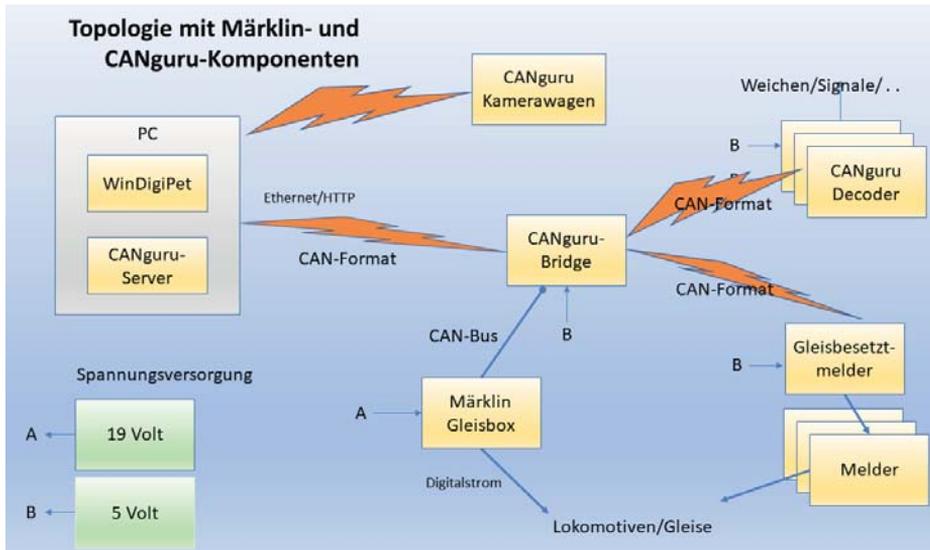
**Abb. 1-1** Der ESP32 ist auf diesem Modul verbaut.

Allerdings verbauen wir nicht diesen Chip direkt, sondern wir kaufen ihn auf einer kleinen Platine, die alle zum Betrieb notwendigen Bauelemente bereits mitbringt. Dies erleichtert den Aufbau der Module immens.

## Big Picture

Bislang wurde schon viel über die Komponenten geredet. Um welche Komponenten handelt es sich eigentlich bzw. wie hängen sie zusammen?

Beide Fragen werden anhand der folgenden Grafik beantwortet.



**Abb. 1-2** Das CANguru-System im Überblick

Der Dreh- und Angelpunkt des Systems ist die CANguru-Bridge.

Sie verbindet die Steuerungssoftware Win-DigiPet auf dem PC mit den Modellbahnkomponenten.

Demnach werden alle Befehle, die der Nutzer über die Steuerungssoftware an die Loks, Weichen oder Signale gibt, über das Ethernet an diese Komponente geleitet, dort ggf. angepasst und an das zuständige Modul kommuniziert. Dies sind u. a. Änderungen an einer Weichen- oder Signalstellung oder der Geschwindigkeit der Loks. Somit werden auch alle Befehle, die den direkten Fahrbetrieb betreffen, von hier an die Märklin-Gleisbox geführt. Dafür werden die zugehörigen Befehle im CAN-Format von dem Steuerungsprogramm auf dem PC über das Ethernet dann mithilfe dieser Komponente auf einen physikalischen CAN-Bus gelegt und an die Gleisbox geleitet. Dort wird dann das entsprechende Signal erzeugt und über das Gleis an die Lokomotiven geführt.



**Abb. 1-3** Dieses Gasthaus spielt später in der Modellbahnanlage eine herausragende Rolle.

Für die Stromversorgung der Decoder gibt es lediglich eine zentrale Stelle, die eine Spannung von 5 Volt zur Verfügung stellt. Dies ist dann auch die einzige eingehende Leitung an die Decoder. Das reduziert die zu verlegenden Leitungen wiederum. Dadurch führen beispielsweise zum Servodecoder (zur Steuerung der Weichen oder Signale) lediglich zusätzlich die Kabel für die einzelnen Servos. Alle notwendigen Infos kommen über die Luftschnittstelle zum Decoder. Dies ist noch ein Beitrag zur Übersichtlichkeit und damit werden mögliche Fehler durch falsche Beschaltung reduziert.

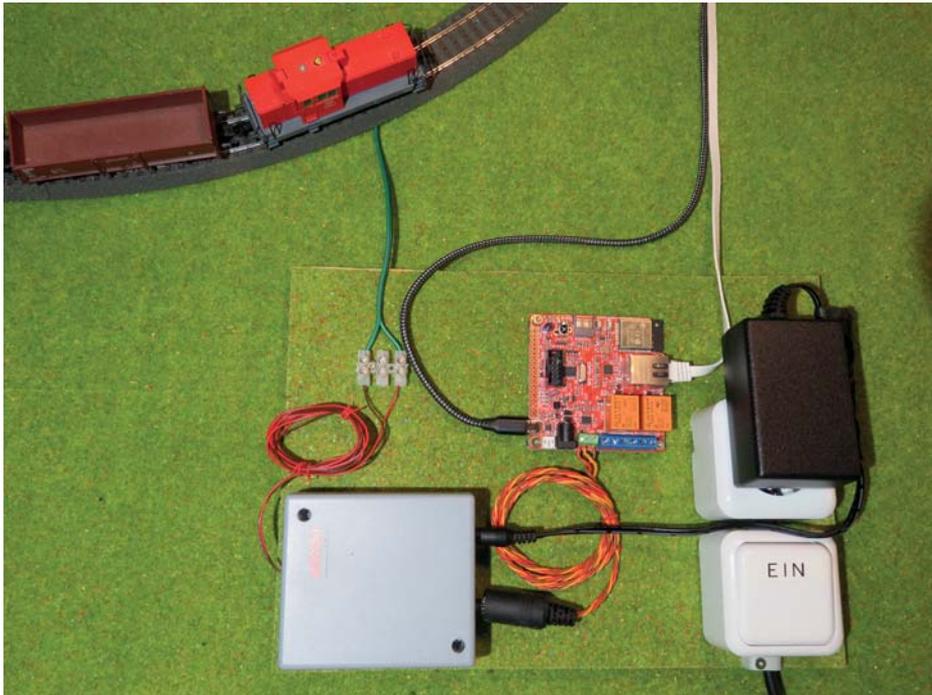
Die Bridge nimmt aber auch Informationen aus dem Modellbahnsystem auf und leitet sie an das Steuerungsprogramm weiter. Dies sind insbesondere Rückmeldungen, also die Information, dass ein Zug eine bestimmte Stelle im Gleisbild erreicht bzw. passiert hat. Diese Information wird durch Gleisbesetzmelder erzeugt.

Beim Anmeldeprozess einer mfx-Lokomotive werden Daten erzeugt, die nicht direkt an das Steuerungsprogramm, sondern dieses Mal an den CANguru-Server weitergeleitet werden. Warum an diese PC-Komponente? Die Antwort lautet, dass diese Informationen zunächst noch weiterbearbeitet werden müssen. Dafür ist ein Mensch-Maschine-Interface notwendig. Und um es kurz zu machen: Alle Aktivi-

täten, die eine Nutzereingabe zur Verwaltung des Systems benötigen, werden über dieses Modul, den CANguru-Server, vorgenommen.

Im oben abgebildeten Schaubild sind als Decoder lediglich diejenigen für die Weichensteuerung sowie die Gleisbesetzmelder eingezeichnet. Darüber hinaus gibt es weitere Decoder, die die Modellbahn interessant machen: einer, der die Formsignale steuert, einer, der das LED-Signal bedient, und, um nur noch einen zu nennen, natürlich ein Lichtdecoder mit vielen Funktionen.

Das folgende Bild zeigt die Minimalausstattung, die man zum Betrieb einer einfachen Anlage benötigt.



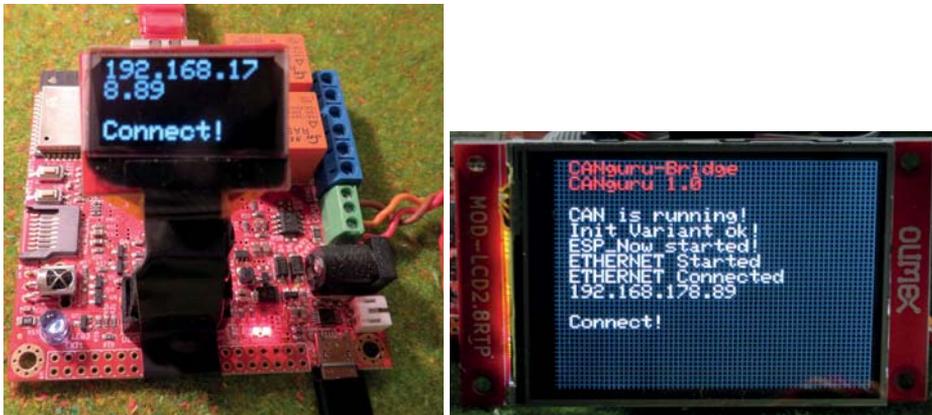
**Abb. 1-4** Die Minimalversion quasi als CANguru-Kernsystem

Neben der Gleisanlage und dem rollenden Material sind es die vier Komponenten am unteren Rand. Rechts erkennt man die oben schon angeführte Märklin-Gleisbox mit Netzteil. Daneben liegt die CANguru-Bridge. Sie hat drei Anschlüsse, den USB-Anschluss, der die Platine mit Strom versorgt, sowie ein Ethernet-Kabel. Dieses Kabel stellt die Verbindung zwischen Gleisanlage und PC her. Der dritte Anschluss führt zur Märklin-Gleisbox. Über dieses Kabel laufen alle für die Loks relevanten Informationen im CAN-Format. An die Gleisbox ist weiterhin die Gleisanlage angeschlossen. Damit schließt sich der Kreis vom PC über das ESP32-Modul, dann die Gleisbox und schließlich die Gleise mit den Loks.

## Die CANGuru-Bridge

Der Olimex ESP32-EVB leistet in seinem Originalzustand natürlich noch nicht, was wir von ihm erwarten. Da muss noch die Software drauf. Ob Sie das erst machen, sobald alles verdrahtet ist, oder sofort, wenn er frisch aus der Verpackung kommt, ist ziemlich egal. Ich beschreibe die erste Variante, da eventuell später einmal eine neue Softwareversion aufzuspielen ist. Dann bauen Sie das Board auch nicht aus, um die geschilderte Situation nachzustellen.

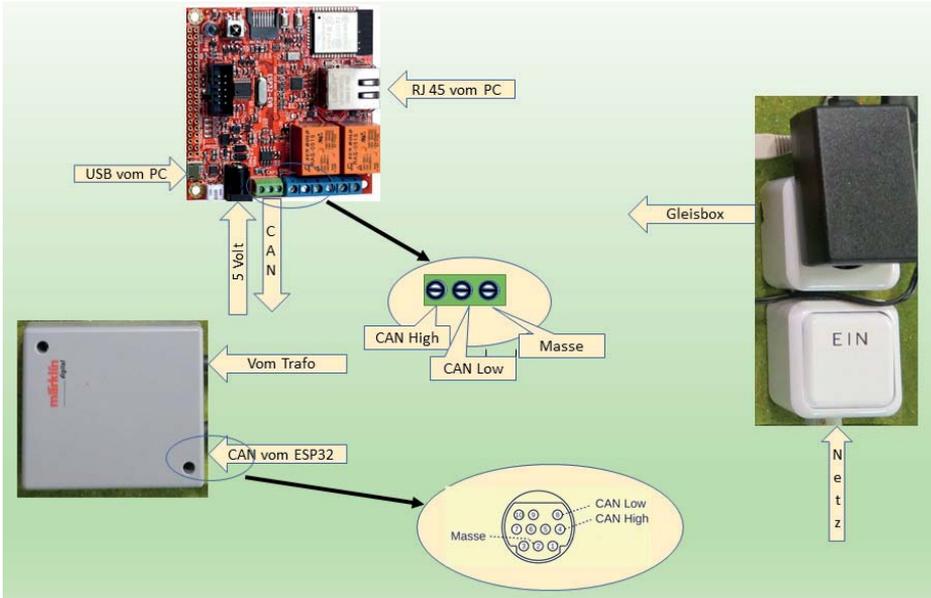
Es ergibt Sinn, alle benötigten Komponenten auf ein Stück Holz zu schrauben. Dann hat man alles übersichtlich zusammen. Auch hier können Sie stilvoll eine grüne Matte unterlegen. Die trägt allerdings zur Funktion nur wenig bei. Schrauben Sie alle Bauteile so ähnlich wie bereits in Abb. 1–4 dargestellt auf die Holzplatte.



**Abb. 2–13** Die Abbildungen zeigen die CANGuru-Bridge mit aufgesetztem Display. Links mit kleinem Display Olimex MOD-OLED-128x64, rechts mit dem größeren Olimex MOD-LCD2.8RTP. Da die beiden Varianten unterschiedlich angesteuert werden, werden im Downloadbereich zwei unterschiedliche Versionen angeboten. Bei beiden wird u. a. auch die IP-Adresse der CANGuru-Bridge angezeigt, die Sie beispielsweise später für die Verbindung mit Win-DigiPet benötigen.

Ich habe noch einen Schalter quasi als Notaus dazwischen vor den Trafo zur Gleisbox geschaltet. Wenn mal eine unglückliche Situation auftreten sollte, kann man mit beherztem Drücken auf diesen Schalter womöglich Schlimmeres verhindern. Aber bitte seien Sie beim Verdrahten dieses Schalters vorsichtig. Sie hantieren hier mit 220 Volt! Das kann tödlich enden!

Nun müssen Sie die folgenden Verbindungen herstellen.



**Abb. 2-14** Die Verkabelung des Kernsystems der CANguru-Bahn ist übersichtlich. Bei einigen Exemplaren des Boards reicht die Stromversorgung über die USB-Schnittstelle für den Betrieb nicht aus. Insbesondere, wenn Sie das große LCD-Display anschließen. Dann schließen Sie das Board an die 5 Volt-Versorgung an, die Sie auch für die Decoder benutzen. Software wird allerdings stets über das USB-Kabel geladen.

Dabei können Sie nur wenig falsch machen. Allerdings müssen Sie auf einen Aspekt achten. Sie dürfen auf keinen Fall die beiden CAN-Leitungen CAN H(igh) und CAN L(ow) vertauschen. Das kann Sie die Gleisbox und/oder den ESP32-EVB kosten. Daher empfehle ich, auch für diese Leitungen unterschiedliche Farben zu benutzen und die Verkabelung auf o. a. Bild mehrmals mit Ihrem Aufbau zu vergleichen. Insbesondere sollten Sie auf die korrekten Anschlüsse am Stecker zur Gleisbox und am anderen Ende dieser Kabel am ESP32-EVB achten.

Jetzt kommt das Flashtool zum Einsatz. Im vorangegangenen Abschnitt »Das Laden der Programme« ist genau beschrieben, was zu tun ist. Das USB-Kabel ist bereits mit dem PC verbunden. Also müssen wir lediglich die für diese Anwendung richtigen Dateien eingeben und dann den Prozess starten.

### Inbetriebnahme der Anlage

Nachdem das Gleisoval liegt und die Verkabelung 17mal geprüft und für in Ordnung befunden wurde, können wir es wagen, den Einschaltknopf zu betätigen. Das kleine Display zeigt, dass die CANguru-Bridge nun hochläuft und sich mit dem PC verbindet. Nach einigen Sekunden zeigt das Display seine eigene IP-Ad-

resse, die ihm im Netzwerk vergeben wurde. Diese Adresse müssen wir uns merken. Weiterhin zeigt das Display die Aufforderung »CONNECT!«. Das ist uns im Moment noch nicht möglich, weil eine Komponente auf dem PC noch nicht installiert ist.

Jetzt sind die Arbeiten auf der Anlage zunächst abgeschlossen und wir wenden uns dem PC zu. Win-DigiPet haben wir schon installiert. Jetzt starten wir dieses Programm. Das Ganze endet relativ schnell mit einer Fehlermeldung. Dies ist nicht verwunderlich, da Win-DigiPet die IP-Adresse seines Gegenübers – das ist die CANGuru-Bridge – noch nicht kennt. Unter »Datei/Systemeinstellungen« tragen wir die IP-Adresse ein, die uns die CANGuru-Bridge auf ihrem Display anzeigt.

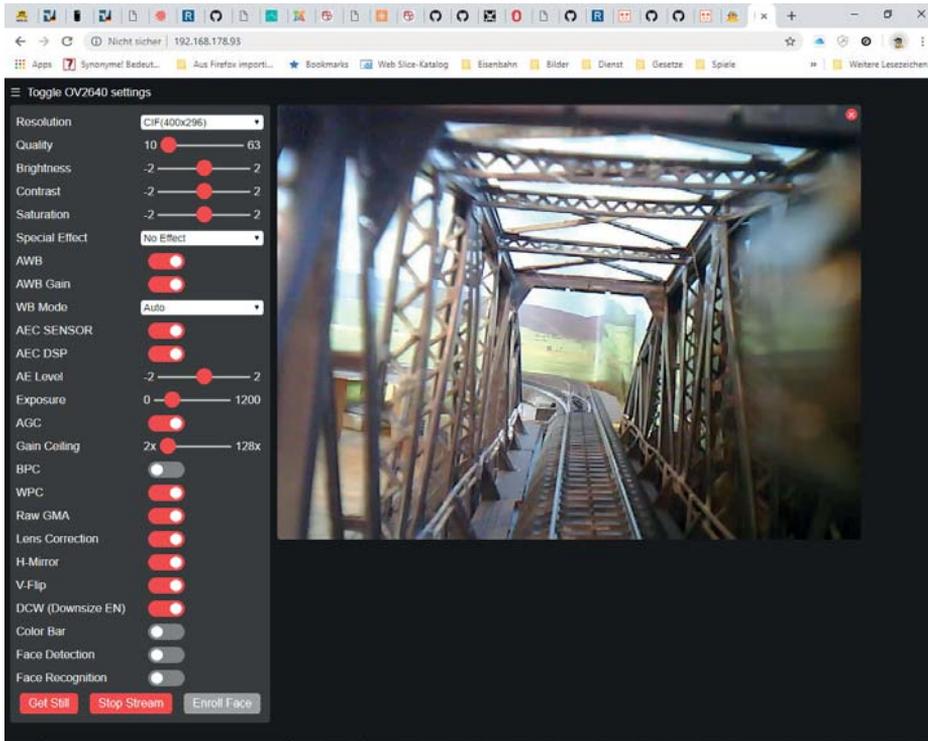
Jetzt müssen wir noch den CANGuru-Server auf die Festplatte bringen. Eine lauffähige Version finden Sie im Downloadbereich. Win-DigiPet hat sich bei der Installation einen eigenen Ordner angelegt. Das sollten Sie für den CANGuru-Server genauso halten. Da der CANGuru-Server beim ersten Start ohnehin ein Verzeichnis »C:\CANGuru« anlegt, können wir dem zuvorkommen und für den CANGuru-Server das Verzeichnis »C:\CANGuru\Server« anlegen. Dorthinein kopieren wir dann den CANGuru-Server und starten ihn sofort. Es ist auch empfehlenswert, einen Link zu dieser Datei auf den Desktop zu legen. Denn dieses Programm müssen Sie genau wie Win-DigiPet bei jedem Start Ihrer Anlage aufrufen.



**Abb. 2–15** Die E 146 wartet bereits auf ihren Einsatz.

## Der Kamerawagen

Die Modellbahn ist eine Simulation der realen Welt. Allerdings endet die verkleinerte Welt genau da, wo es keine Miniaturabbilder mehr gibt. Wir haben zwar auch kleine »Menschen« auf der Anlage und sogar im Zug, sehen können die aber natürlich nicht. Aber es wäre doch schön, wenn man die Zugfahrt mit den Augen des Lokführers sehen könnte. Wir können uns zwar nicht ins Cockpit der Lok quetschen, aber eine kleine Kamera leistet da auch schon einiges.



**Abb. 4–20** Der Kamerawagen fährt über die Brücke in unserer Anlage.

Einen kleinen sehenden Lokführer können wir uns nicht besorgen, allerdings einen Kamerawagen, der uns dieses Bild verschafft und in den Browser unseres Eisenbahn-PCs überträgt.

Wie wir nun das Kamerabild in den Browser bekommen, haben wir bereits im Kapitel 2 unter Tag 7 erläutert.

Auf jeden Fall sollten Sie den Wagen in Bewegung setzen und die erstaunlichen Bilder genießen.

Wir sind nun am Ende der Betriebsbeschreibung der Einzelkomponenten. An dieser Stelle soll – falls es möglicherweise etwas untergegangen ist – noch einmal ein Punkt aufgegriffen werden.

### **Inbetriebnahme der Anlage**

Wahrscheinlich haben Sie schon geahnt, dass die einzelnen Komponenten nicht in einer beliebigen Reihenfolge gestartet werden können. Deshalb hier noch mal eine knappe Darstellung:

- Gleisbox und damit auch die Decoder sowie CANguru-Bridge unter Spannung setzen; auf den Gleisen liegt nun noch keine Spannung an,
- CANguru-Server auf dem PC aufrufen,
- anschließend warten, bis auf dem Display der CANguru-Bridge »Connect!« erscheint,
- mit CANguru-Server Verbindung zur CANguru-Bridge herstellen (auf »Connect«-Button im CANguru-Server klicken),
- dann erst Win-DigiPet aufrufen.

## **Der Weg zum Automatikbetrieb**

Eines unserer Ziele war von Anfang an, einen automatisierten Spielablauf zu erreichen. Wir wollen also einen Knopf betätigen und daraufhin fahren unsere Loks geordnet ohne unser Zutun auf der Anlage. Dafür haben wir keinen Aufwand gescheut. Dieses Ziel wollen wir nun weiterverfolgen.

Hauptakteur ist natürlich Win-DigiPet.

### **Fahrstraßen**

Dort gelangt man allerdings nicht in einem Schritt zur Automatik. Wir müssen uns mit Begriffen wie Fahrstraßen und Zugfahrten beschäftigen.

Fangen wir mit den Fahrstraßen an. Fahrstraßen definieren den Weg, den ein Zug nehmen kann. Sie beginnen stets an einem Zugnummernfeld und enden bei mir stets auf dem nächsten Zugnummernfeld neben dem am nächsten gelegenen Signal. Will man die Fahrstraße befahren, so muss eine Lok auf diesem Zugnummernfeld stehen. Im folgenden Bild wurde die DB 640 auf ein Zugnummernfeld gezogen. Sie zeigt die korrekte Fahrtrichtung an, um nun in den Bahnhof bis zum Signal, das richtigerweise auf Rot gestellt wurde, einzufahren. Mit der rechten Maustaste wählt man Start- und Zielpunkt und schon geht die Fahrt los. Die Lok fährt zum Zielpunkt und die Adresse wandert auf das nächste Zielnummernfeld.