

Einführung in die Digitale Modellbahn

ALLE SYSTEME
ALLE BAUGRÖSSEN

GRUNDLAGEN UND PRAXIS SCHRITT FÜR SCHRITT ERKLÄRT

TOBIAS PÜTZ



VCB
[VERLAGSGRUPPE BAHN]

KLARTEXT

Einführung in die **Digitale Modellbahn**

GRUNDLAGEN UND PRAXIS SCHRITT FÜR SCHRITT ERKLÄRT

TOBIAS PÜTZ

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Vorwort	5
Der einfache Einstieg	6
Das zeitlose Hobby Modellbahn	8
Kleine elektrische Eisenbahn	8
Baugrößen	11
„Zweileiter“, „Dreileiter“, Gleichstrombetrieb, Wechselstrombetrieb	12
Systemauswahl	14
Der Einstieg	14
Ein wenig Markt- und Warenkunde	16
Und wo bleibt digital?	19
Der erste Aufbau	20
Teppichbahning als Konzept	21
Feste Anlagen	22
Das „PLUS“ von Digital	24
Mit der Hand am Regler	26
Komponenten kommunizieren	26
Elektronik für die Kommunikation	28
Zusätzliche Spielmöglichkeiten	29
Weichen, Signale, Zubehör	30
Die Augen des Systems	31
Digitale Triebfahrzeuge	32
Funktionen	34
Beschleunigen und Bremsen	36
Was ist das – „Lastregelung“?	37
Fahrzeugbeleuchtungen	38
Vorbildgerechte Geräusche	41
An- und Abkuppeln	42
Was gibt es noch?	43
Digitale Infrastruktur	44
Was wofür verwenden?	46
Ein Bus für die Heimanlage	47
Zentralen	49
Weichen schalten	50
Zubehördecoder	51
Endabschaltung	52
Zusatzenergie	53
Lagemeldung	54
Exkurs: Stromführung in einer Weiche und Herzstückpolarisierung	54
Signale	56
Melden	58
BÜ-Sicherung per Abschnittsmelder	60
Abschnittsmelder für Mittelleiterfahrer	62
Stromfühlermelder	62
Umkehreinsatz für Melder	63
Fahrzeuge melden: Bidirektionale Kommunikation	65

Abläufe automatisieren	68
Auf Ereignisse reagieren	70
Digital bremsen	71
Der Decoder macht den Job	72
ABC-Bremsen	72
„intelligente“ Bremssysteme.....	73
Auf den Punkt per Software	74
Signale als Bremsauslöser	75
Technische Assistenten.....	75
Gemeldetes Teppichbahning	75
Pendeln als Automatisierungsbeispiel.....	76
Analoge Vorgänger	76
Der Decoder pendelt	78
Ein Zwischenhalt	78
Weichenbehandlung	79
EOW-Technik statt Aufschneiden.....	79
Kehr- und Wendeschleifen, Gleisdreiecke – Züge umdrehen	80
Welche Variante nehmen?	82
Die Technik dahinter	84
Was ist „digital“?	86
Protokolle.....	87
Elektrische Kommunikation	87
Decoder	88
Schnittstellen	90
MTC und PluX.....	92
Blindstecker.....	93
SUSI-Bus	94
Kennzeichnungen auf Lokpackungen.....	94
Kabel bei Decodern.....	95
Pufferspeicher statt Schwungmasse	96
Farbcodes/Kabelfarben	97
Funktionsdecoder.....	97
Fahrzeugdecoder einstellen.....	97
CV 1 und CV 29.....	98
DCC-Fahrzeugadressen jenseits der 99	99
Funktionen zuordnen.....	100
Geschwindigkeit und Fahrdynamik	101
Mehr als eine Lok im Zug.....	103
Auf dem Haupt- oder einem Extragleis	103
CV-Werte ändern.....	104
Zubehördecoder	106
Kabel für die Anlage	107
Basisinformationen und Hintergründiges.....	108
Nützliche Definitionen	110
Bits, Bytes, Rechnerei	111
101111100000101010110.....	112
Von Hexa und binären Zahlenräumen	113
Acht statt sieben Bits	113
Bytes abzählen: kB, MB, GB, TB	114
Bits ab 0 zählen oder doch ab 1?	114
Kurzausflug in die Elektronik:	115
Dioden, LEDs	116

Impressum

Einführung in die Digitale Modellbahn Grundlagen und Praxis Schritt für Schritt erklärt

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© 2019 by VGB Verlagsgruppe Bahn GmbH, Fürstenfeldbruck

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck, Reproduktion und Vervielfältigung – auch auszugsweise und mithilfe elektronischer Datenträger – nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Verlages

Alle Angaben ohne Gewähr, Irrtümer vorbehalten

Autor: Tobias Pütz

Fotografie,
Abbildungen: DB Museum Nürnberg/Uwe Niklas, Heiko Herholz, Michael Kratzsch-Leichsenring, Maik Möritz, Armin Mühl, Thorsten Mumm, Tobias Pütz, VGB-Archiv, Werksfotografie

Redaktion,
Satz, Layout:
Lektorat: Tobias Pütz
Eva Littek

Gesamtherstellung: creo Druck & Medienservice GmbH,
Bamberg

ISBN 978-3-8375-2129-0

Vorwort

Täglich gehen wir ganz selbstverständlich mit digitalen Techniken um. Sie begegnen uns in Form von Handys und Tablets, in Fernsehern, in Alltagsgeräten, im Auto und natürlich auch als Computer. „Digital“ ist aus der heutigen Welt einfach nicht mehr wegzudenken. Auch Spielzeug ist heute digital. Keine Drohne könnte fliegen, hätte sie nicht ein elektronisches „Gehirn“, das zwischen Steuerbefehlen und Flugmotoren vermittelt.

Bei der Modellbahn ist digital seit vielen Jahren möglich. Das Besondere hier ist: Die Technik ist noch richtig „begreifbar“. Als Anwender muss man zumindest ein bisschen verstehen, was vor sich geht, wenn man Spaß mit der kleinen Eisenbahn haben möchte. Es war bei der Modellbahn schon immer so, dass sie den Anwender in technischer Hinsicht ein wenig gefordert hat, und das ist bei der digitalen Modellbahn so geblieben, vielleicht sogar stärker geworden.

Verschiedene Hersteller haben versucht, die Modellbahn zu einem Plug-and-Play-System zu machen. Das ist bis zu einem gewissen Punkt gelungen, wenn man im „Ökosystem“ des jeweiligen Herstellers bleibt. Sobald man aber eine der großen Stärken der Modellbahn, die herstellerübergreifende Kompatibilität, nutzen will, ist es vorbei mit Plug-and-Play.

Überwindet man die ersten Hürden, entdeckt man neue Bereiche, in denen Kompatibilität groß geschrieben wird: Der ganze digitale Bereich der Modellbahn lebt davon, dass verschiedene Hersteller zueinander passende Produkte geschaffen haben. Verbindend ist ein Satz Normen, dem sich die Hersteller zum Wohle aller gemeinsam verpflichtet haben. So sind Austauschbarkeit auf der einen, Wettbewerb um die besten Ideen auf der anderen Seite gewährleistet.

Dieses Buch soll helfen, sich in dem Spannungsfeld aus Anwenderfreundlichkeit, Realisierbarkeit und technischer Herausforderung zurechtzufinden. Es vermittelt das Grundlagenwissen, das nötig ist, um eigene Entscheidungen für die eigene Modellbahn treffen zu können. Und vielleicht vermittelt es auch ein wenig von dem Spaß, den eine Beschäftigung mit den digitalen Komponenten bereiten kann, Stichwort „Hobby im Hobby“.

Tobias Pütz





KAPITEL 1

DER EINFACHE EINSTIEG

Das zeitlose Hobby Modellbahn

Modellbahn
oder einfach
nur neu-

gierig, lesen Sie hier weiter über Strom, Gleise und Maßstäbe.



Bedienzentrum aus der Anfangszeit der digitalen Modellbahn: Der alte analoge Fahrtrafo dient noch der Stromversorgung. Die Steuerung von Loks und Wagen erfolgt nun per Zentrale und Tastenfeld.



Eine der vielen heutigen Möglichkeiten: digitales Fahren per Führerstandsimitation auf dem Tablet-Computer.

Bevor wir in das eigentliche Thema „Digital“ einsteigen, sollen hier einige wenige Grundlagen besprochen werden. Wenn Sie, lieber Leser, wissen, wie Strom fließt und mit den Begriffen Baugröße und Gleissystem etwas anfangen können, blättern Sie gerne weiter zum nächsten Abschnitt. Wenn Sie sich jedoch nicht sicher sind, oder Einsteiger in das Hobby

Kleine elektrische Eisenbahn

Egal ob analog oder digital, unsere kleine Bahn fährt elektrisch. Wünscht man, dass sich etwas bewegt, muss in den Modelloks Strom fließen können. Dieser folgt bestimmten Regeln, die man kennen sollte, wenn man seine Modellbahn erfolgreich aufbauen möchte. Die wichtigste Regel ist, dass Strom vom einen zum anderen Pol z.B. einer Batterie fließen möchte. Dies kann er nur, wenn man ihm einen geeigneten Weg zur Verfügung stellt. Dabei passiert er den Verbraucher^[1], z.B. unsere Modellbahnlok oder, einfacher, eine Glühlampe.

Da die Pole einer Batterie räumlich recht nah beieinanderliegen, kann man sich die Wege zum und vom Verbraucher, wie eine Schleife vorstellen – oder wie einen Kreis. Ist der Kreis vollständig, kann der Strom fließen und die Lok fährt oder die Lampe leuchtet. Man spricht vom geschlossenen Stromkreis. Der Umkehrschluss ist zulässig: Das Unterbrechen des Stromkreises stoppt das, was der dort fließende Strom bewirkt. Nichts anderes tun wir, wenn wir das Licht in einem Raum ein- oder ausschalten: Wir schließen oder öffnen einen Stromkreis.

Bei der elektrischen Modelleisenbahn ist der Weg des Stroms (vereinfacht) folgender: Von der Steck-

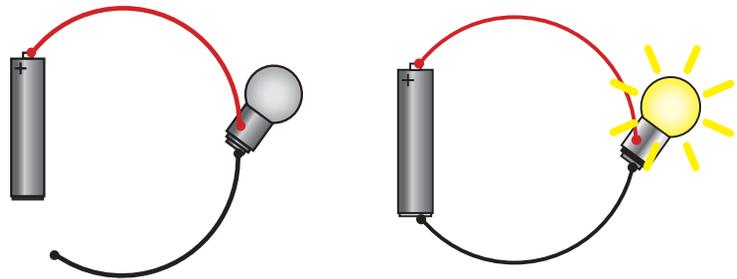
^[1] Der Begriff ist umgangssprachlich üblich, aber streng genommen nicht korrekt. Gemeint ist immer das Objekt, das mit Hilfe des fließenden Stroms die gewünschte Leistung erbringt.

dose fließt er zum Netzteil, das die 230-V-Netzspannung auf einen ungefährlichen Wert herabsetzt, von dort zum Fahrgerät, weiter durch eine Schiene zum Triebfahrzeug und durch die andere Schiene (bzw. bei Märklin-H0 über den Mittelleiter) wieder retour. Der weitere Weg durch das Fahrgerät, das Netzteil zur Steckdose schließt den Stromkreis. Entsprechend führen zwei Kabel zum Gleis: Das eine führt den Strom hin, das andere führt ihn zurück.

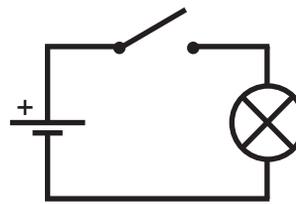
Es ist ein gern genutzter Vergleich: Die Wege des Stroms können sich wie die Wasserwege in einem Flussdelta verzweigen und wieder zusammenfließen. Bei der Modellbahn wird von dieser Möglichkeit intensiv Gebrauch gemacht. Jedes zusätzliche Triebfahrzeug auf den Gleisen stellt eine Verzweigung dar. Aber die Verzweigung kann auch vorher passieren, z.B. bei den Leitungen für die Stromzuführung, wenn man mehrere Gleisabschnitte schaffen will (warum und wann man das wollen sollte, dazu in einem späteren Kapitel mehr).

Beim Verzweigen und Zusammenführen ist streng darauf zu achten, dass die jeweilige Hin- und die zugehörige Rückleitung auch über alle Verzweigungen hinweg getrennt bleiben. Auch dürfen sie nicht unterwegs vertauscht werden. Passt man hier nicht auf, erhält man einen Kurzschluss. Auch kleinste Querverbindungen durch dünnste Drähtchen oder auf den Gleisen liegende Fremdkörper sind schädlich.

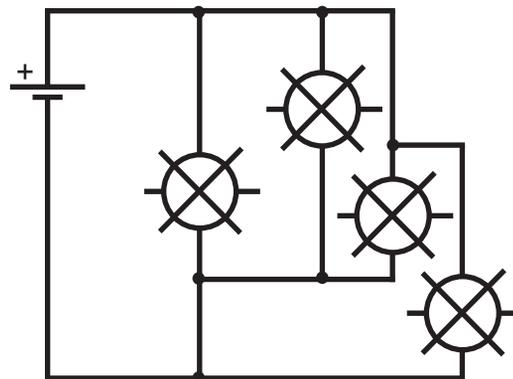
Bei der Frage, wieviel Strom fließt, kann man ebenfalls einen Vergleich zum Wasser ziehen: Je dicker das Rohr, desto mehr geht durch – wenn genügend Druck da ist. Beim Wasser bestimmt die Wassersäulenhöhe den Druck, bei der Elektrizität die als Spannung bezeichnete Ladungsdifferenz zwischen den Polen in der Quelle. Wichtig: Strom und Spannung sind nicht zu verwechseln, sondern zwei Seiten der gleichen Medaille. Das eine existiert ohne das andere nicht. Wie Steine im Fluss gibt es auch bei der Elektrik Widerstände, die dem Strom entgegenstehen und ihn reduzieren. Ein Mehr an Spannung steigert auch den Strom. Das Verhältnis Spannung zu Strom ist ein Maß für den wirkenden Widerstand. Umgekehrt ist das Produkt aus Spannung und Strom ein Maß für die umgesetzte Leistung. Spannung misst man in Volt (V), den Strom in Ampere (A).



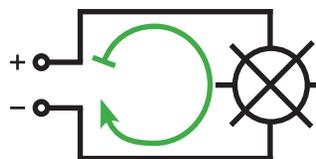
So lange der Kreis offen ist, kann kein Strom aus der Batterie fließen. Verbindet man auch den zweiten Pol der Batterie, wird der Stromkreis geschlossen und die Lampe leuchtet.



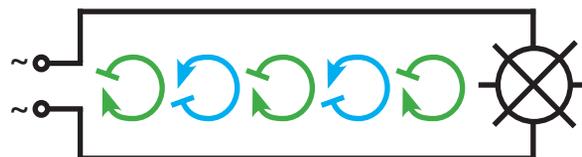
Um elektrische und elektronische Schaltungen aufzuzeichnen, verwendet man genormte Symbole: links eine Batterie, oben ein Schalter, rechts ein Lämpchen. Der Stromkreis ist offen.



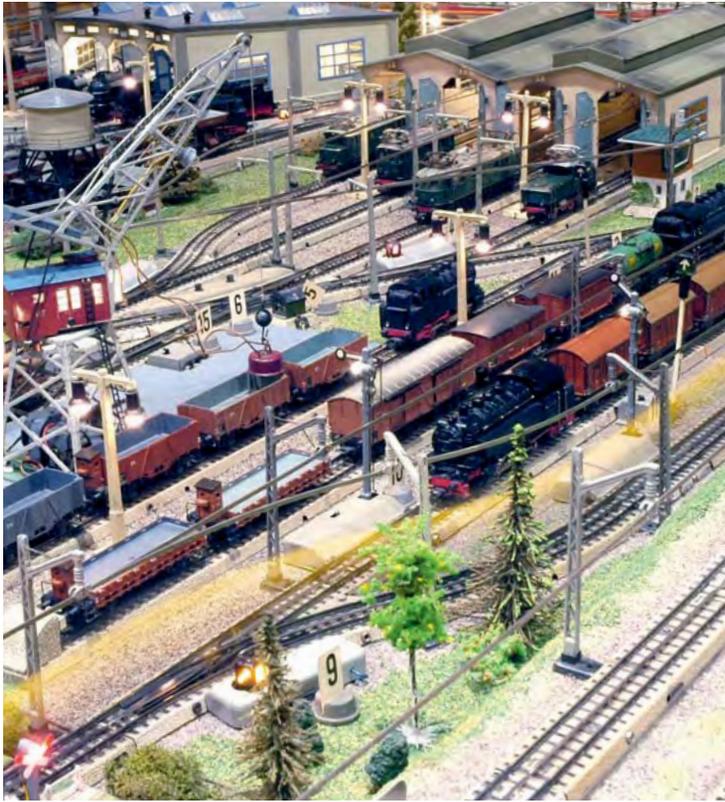
Strom kann wie Wasser in einem Flussdelta verzweigte Wege fließen. Letztlich müssen aber doch alle Pfade wieder zurück zur Spannungsquelle geleitet werden.



Gleichstrom fließt immer in einer Richtung durch den Stromkreis. Bei der technischen Stromrichtung ist dies von Plus nach Minus.



Wechselstrom hingegen wechselt sehr häufig die Polarität. Der Strom fließt also kurz rechtsherum, dann linksherum, dann wieder rechtsherum und so weiter.



Historische Modellbahnanlage mit Märklin-Blechgleis. Zu Beginn der 1950er war der Mittelleiter noch ein durchgehender Strang.



Modellbau fürs Museum: Der TEE VT 601 ist als 1:10-Modell in der am 8. Juni 2019 eröffneten Dauerausstellung „Im Deutschland der zwei Bahnen“ im DB Museum Nürnberg zu sehen.
Foto: DB Museum Nürnberg/Uwe Niklas

Was ist das nun mit dem Gleich- und dem Wechselstrom? Gleichstrom ist das, was aus einer normalen Batterie (oder einem Akku) herauskommt: Schließt man den Stromkreis, fließt der Strom immer in die gleiche Richtung, technisch gesehen immer von Plus nach Minus^[2]. Manche Dinge funktionieren abhängig von der Stromrichtung, sodass man hier durch schlichtes Umpolen das Verhalten beeinflussen kann.

Wechselstrom hingegen ändert ständig seine Richtung. Unser üblicher Haushaltsstrom ist Wechselstrom. Das hat den Vorteil, dass er transformierbar ist, d.h., in einem Transformator kann die Höhe der Wechselspannung den Erfordernissen angepasst werden. Verhaltensänderungen, die beim Gleichstrom durch Umpolen erreicht werden, muss man jedoch beim Wechselstrom auf anderem Weg erreichen.

Grundsätzlich gilt: Alle normalen Elektrikregeln zu Stromkreisen gelten uneingeschränkt auch für die Modellbahn und hier wiederum für die digitale gleichermaßen wie für die analoge. Details, z.B. wie man mit dem Strom rechnet, sind im Kapitel „Glossar“ zu finden.

Modellbahnen gibt es schon sehr lange. Sie haben ihre Wurzeln zum einen im technischen/musealen Modellbau, wo es um eine möglichst exakte Verkleinerung z.B. einer Vorbildlokomotive für Lehrzwecke und/oder für die Ausstellung in einer Vitrine im Museum geht. Zum anderen sind nur vage an Vorbilder angenäherte Spielzeugbahnen die Ahnen der modernen Modellbahn. Hier war – neben einem für ein größeres Publikum bezahlbaren Preis – die Funktionalität das Maß der Dinge. Egal, ob sie mit Aufziehantrieb oder mit Strom fuhr – die Eisenbahn musste den rauen Spielalltag überstehen und auf den Gleisen bleiben. Erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts wuchsen Spielzeug und Vorbildnachbildung zu der Modellbahn zusammen, wie wir sie heute kennen.

^[2] Die physikalische Stromrichtung, also die Bewegung der Elektronen, erfolgt genau in umgekehrter Richtung. Am Minuspol einer Stromquelle liegt ein Elektronenüberschuss vor; die Elektronen drängen, danach, zum Pluspol zu wandern.

Im Laufe der langen Entwicklung wurden viele Dinge erfunden und wieder verworfen, bis die Modellbahn ihre heutige Erscheinungsform gefunden hat. Zwei Dinge sind dabei besonders wichtig: Das ist zum einen der Maßstab und zum anderen die Art, wie der Strom zu den Loks kommt, also die Bauart der Gleise.

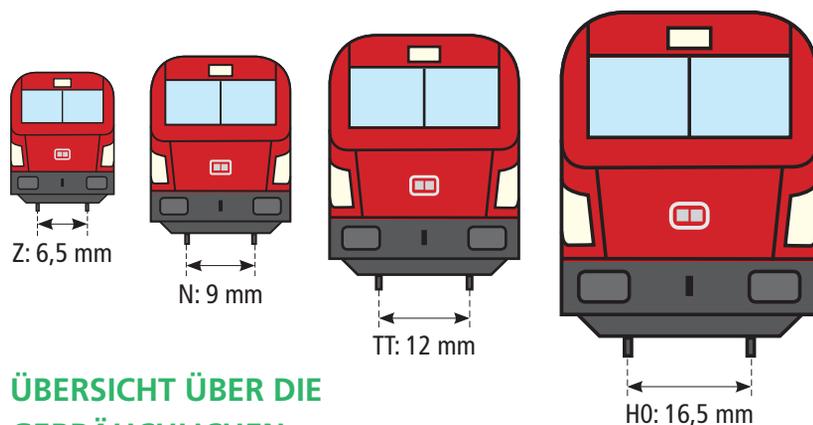
BAUGRÖSSEN

Beginnen wir mit der Baugröße: Die größte Verbreitung haben Modelle im Maßstab 1:87. Modellbahnsystematiker vergangener Generationen haben uns ein Bezeichnungssystem hinterlassen, in dem diese Baugröße „H0“ genannt wird (von „halb Null“, also „Hanull“ und nicht „Ha-oooo“!). Modelle von Regelspurfahrzeugen, also solche, deren Vorbilder auf 1435 mm Spurweite fahren, sind in H0 auf Schienen in einem Abstand von 16,5 mm unterwegs.

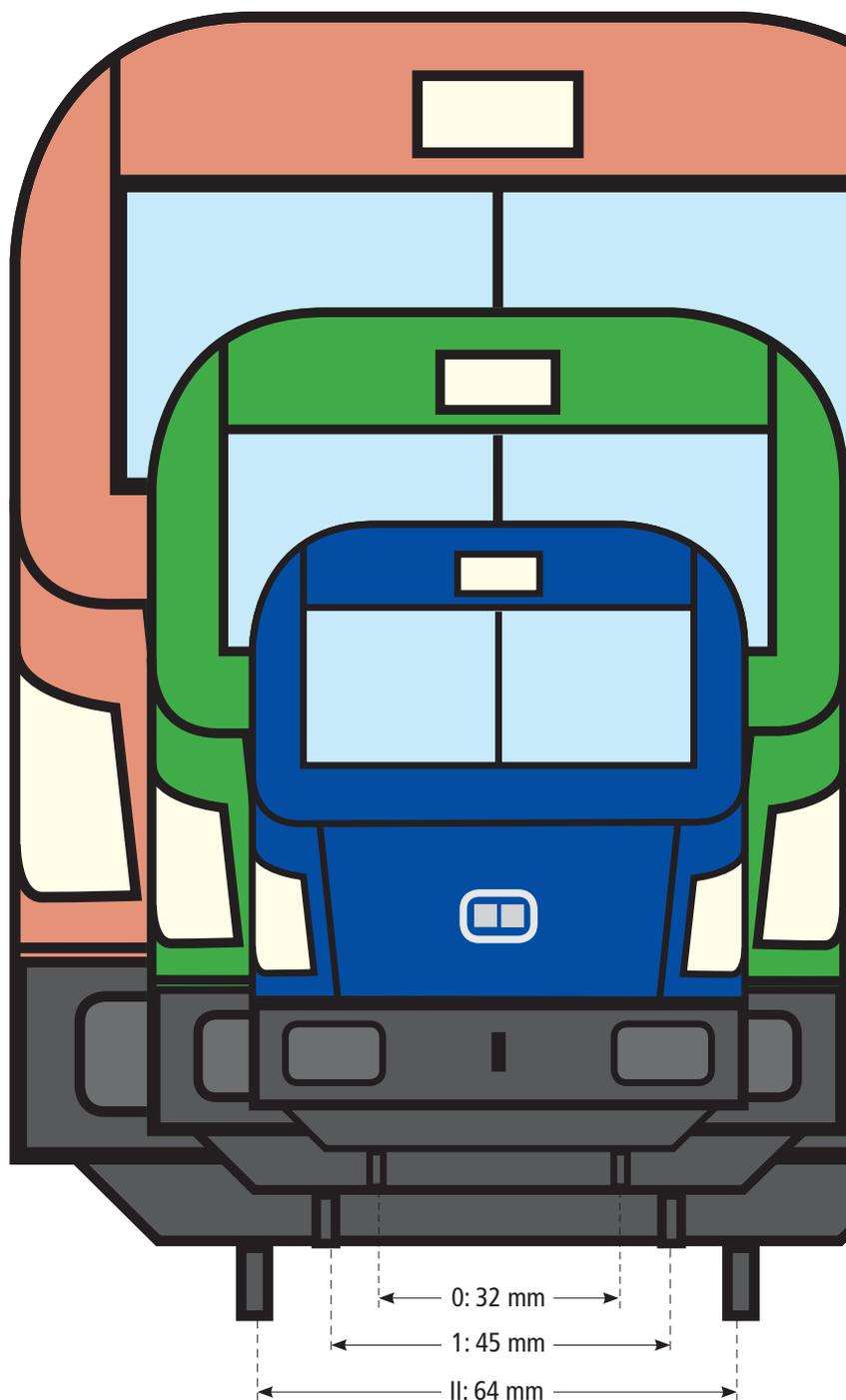
Die Größenbezeichnung deutet es schon an: Es gibt auch eine Nenngröße 0 („Null“, oft nicht ganz korrekt „Spur Null“ genannt) mit 32 mm Spurweite. Beim Maßstab gibt es unterschiedliche Philosophien: In Mitteleuropa herrscht 1:45 vor, in Frankreich und England dominiert 1:43,5 und in Amerika entscheidet man sich meist für 1:48. In den allermeisten Fällen ist es jedoch trotz des numerischen Unterschieds möglich, die Komponenten zu mischen.

Es geht auch noch größer: Mit den Nenngrößen I und II („Eins“, „Zwei“) kommt man in Dimensionen, die kaum noch auf eine Tischplatte passen: Die Spurweiten sind 45 mm und 64 mm, die Maßstäbe 1:32 und 1:22,5. IIm^[3] („Zwei m“) hat bei Gartenbahnen weite Verbreitung gefunden. Synonym zu IIm wird daher gerne auch „G“ als Baugrößenbezeichnung verwendet.

^[3] An die Baugrößenbezeichnung angehängte Buchstaben kennzeichnen Modellgleissysteme, deren Vorbilder nicht der Regelspurweite entsprechende Schienenabstände haben. So steht das „m“ üblicherweise für ein Meterspurgleis, das „e“ für 750 mm und „f“ für 600-mm-Feldbahngleis. Die genannten Werte entsprechen der mitteleuropäischen Praxis. In Amerika hat „n3“ große Bedeutung (3-Fuß-Gleise, 914 mm). Für Breitspursysteme gibt es die Buchstaben „b“ und „w“.



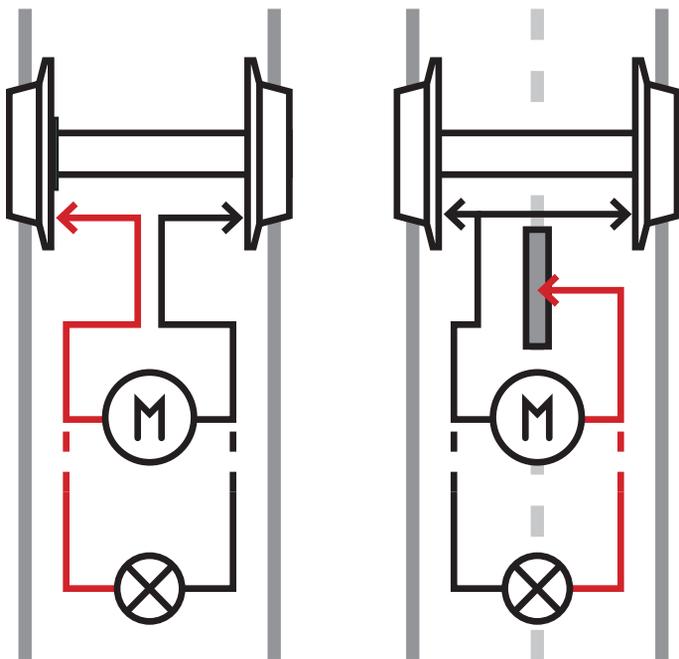
ÜBERSICHT ÜBER DIE GEBRÄUCHLICHEN BAUGRÖSSEN



ALLE DIGITALSYSTEME KÖNNEN AUF ALLEN GLEISARTEN UND FÜR ALLE NENNGRÖSSEN EINGESETZT WERDEN!



So „groß“ ist eine Lok im Maßstab 1:220 (Z). Die Vorbild-LüP 12,4 m werden zu rund 56,3 mm. Auch diese Lok hat eine winzige Digitalelektronik an Bord.



Der kleine Unterschied: Links wird der Strom über die Schienen zugeführt: Zweischienenversorgung. Die Schienen sind im Gleis voneinander isoliert. Auch die Radsätze aller Fahrzeuge müssen isoliert sein, um einen Kurzschluss zu vermeiden. Rechts erfolgt die Stromzufuhr über einen zusätzlichen Kontaktstreifen in der Mitte zwischen den Schienen: Mittelleiterversorgung. Die Schienen sind nicht isoliert voneinander und auch die Radsätze können durchverbunden sein.

Schaut man größenmäßig in die andere Richtung, hat TT als „Spur der Mitte“ Verbreitung gefunden: Maßstab 1:120 auf 12-mm-Gleisen („TT“ steht für „table top“). Noch stärker verkleinert sind die Baugrößen N und Z: Maßstab 1:160 mit 9 mm Spurweite sowie 1:220 bei 6,5-mm-Gleisen.

Digital können alle fahren, völlig unabhängig von der Baugröße. In vielen Fällen bekommt man heutzutage die Fahrzeuge gleich mit einer kompletten und hochwertigen Digitalausstattung, manche Hersteller liefern gar keine analogen Versionen mehr. Die Baugröße Z macht hier eine Ausnahme: Digitalisierungen sind hier derzeit noch privater Initiative vorbehalten, was in Anbetracht der Kleinheit der Fahrzeuge nachvollziehbar ist: Die für den Digitalbetrieb nötige Kontaktsicherheit setzt aufgrund der Kleinheit eine über hobbyübliche Verfahren hinausgehende gesteigerte Präzision besonders bei der Gleislage voraus.

„ZWEILEITER“, „DREILEITER“, GLEICHSTROMBETRIEB, WECHSELSTROMBETRIEB

Noch zu Zeiten der reinen Spielzeugeisenbahnen entwickelten die verschiedenen Hersteller unterschiedliche technische Möglichkeiten, wie man eine Modellbahnlok antreiben kann. Die wesentlichen Unterschiede lagen in der Art, wie der Strom zur Lok kommt und auch in der Stromart selbst. Speziell im H0-Maßstab prägen diese Unterschiede das Geschehen auf den Modellschienen bis heute, auch wenn die Hersteller sich verstärkt um Brücken bemühen.

Der erste wesentliche Unterschied liegt in der Stromart: Märklin setzte auf Wechselstrom, die anderen Hersteller auf Gleichstrom. Von der Stromart leiten sich die Bezeichnungen „Wechselstromloks“ oder „AC-Loks“ sowie das Zeichen „~“ für zu diesem System passende Fahrzeuge ab. Entsprechend heißen die anderen „Gleichstromloks“^[4]. Warum diese Unterscheidung unter dem digitalen Aspekt hinfällig

^[4] Die Darstellung in diesem Buch ist notwendigerweise verkürzt. Im Laufe der über hundertjährigen Entwicklung der Modellbahn haben verschiedene Hersteller die unterschiedlichsten Strom- und Stromzuführungssysteme entwickelt. Betrachtet wird hier nur, was heute Bedeutung hat.

ist (auch wenn sie immer noch bemüht wird), klären wir später.

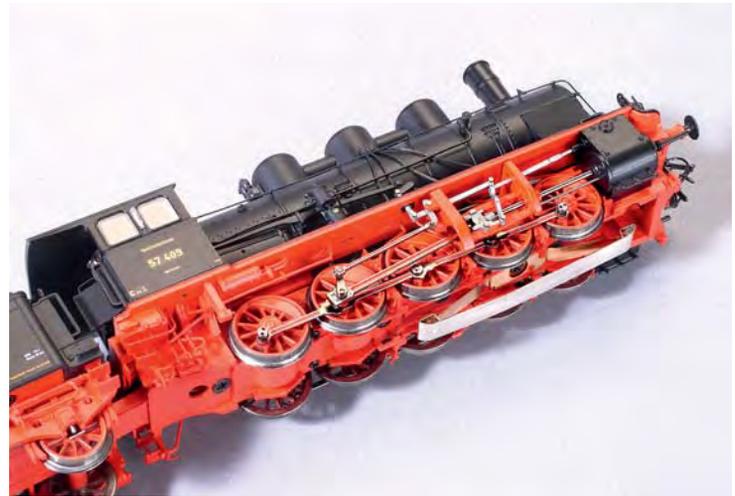
Der zweite wesentliche Unterschied ist der Weg des Stroms zur Lok: Märklin entschied sich, beide Schienen mit dem gleichen Potential zu belegen und für den Gegenpol eine Reihe aus Kontaktstiften in die Mitte dazwischen zu setzen. Demnach haben Fahrzeuge für das Märklin-System durchverbundene Achsen (man spart sich eine aufwendige und in diesem Fall unnötige Isolierung der Räder gegeneinander) und sie besitzen einen länglichen Schleifer zwischen den Rädern. Ist das Fahrzeug ordentlich aufgeleitet, berührt dieser Schleifer immer mehrere der punktförmigen Kontakte des Mittelleiters gleichzeitig.

Die anderen Hersteller entschieden sich, nur die beiden Schienen für die Stromzuführung zu ihren Fahrzeugen zu verwenden.^[5] Bei diesen sind die Räder einer Achse voneinander isoliert und einen Mittelschleifer gibt es nicht. Dieses System wird allgemein „Zweileitersystem“ genannt, auch wenn dieser Begriff eine Selbstverständlichkeit benennt: Es sind immer zwei Leiter, die an einen elektrischen Verbraucher herangeführt werden, so auch bei einer Lok auf der Modellbahn^[6]. Entsprechend ist der für das Märklinsystem immer wieder verwendete Begriff „Dreileiter“^[7] völlig falsch und sollte gemieden werden. Besser, man spricht hier von der „Mittelleiterversorgung“ in Abgrenzung zur „Zweischienenversorgung“. Letzteres System hat international die größte Verbreitung gefunden. In den Normen wird es als „Zweischienenbetrieb“ bezeichnet.

^[5] Das Trix-Express-System benutzt eine Mittelleiterschienen und wahlweise die rechte oder die linke Außenschienen zur Stromzuführung. Das System verlor an Marktbedeutung, als die Modellbahner zunehmend vorbildgerechte Fahrzeuge und vor allem Fahrwege wünschten. Eine kleine Fangemeinde ist dem System treu geblieben. Immer mal wieder werden passende neue Produkte angeboten.

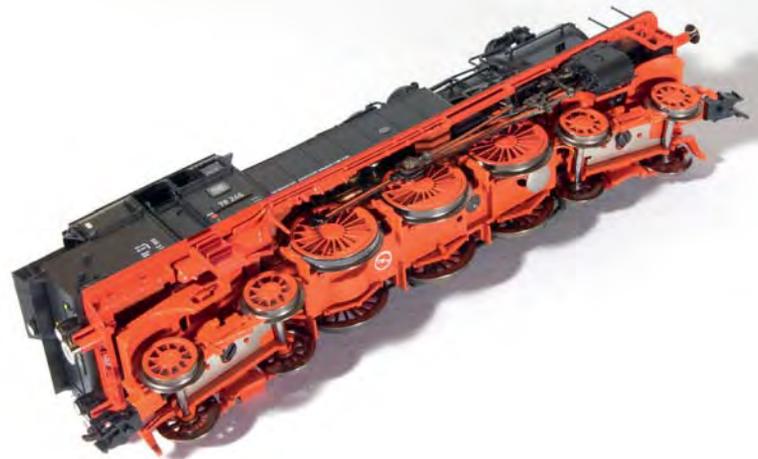
^[6] Drehstrom mit tatsächlich drei oder vier an einen Verbraucher herangeführten Leitungen findet bei der Modellbahn nicht statt.

^[7] Einzig das Trix-Express-Gleis könnte man als „Dreileitersystem“ bezeichnen, da sowohl beide Schienen als auch der Mittelleiter voneinander isoliert sind.



Das Modell der 57 409 wurde von Brawa zur Verwendung auf H0-Gleisen mit Mittelleiter hergestellt, wie der große Schleifer unter den ersten drei Achsen der Lok beweist.

„ZWEILEITER“ IST EINE SELBSTVERSTÄNDLICHKEIT. „DREILEITER“ IST SOGAR GRUNDFALSCH. BESSER, MAN SPRICHT VON MITTELLEITER- UND ZWESCHIENENVERSORGUNG.



Dieses H0-Modell einer BR 78 steht als Beispiel für Modelle der Zweischienenversorgung. Die Räder sind gegeneinander isoliert. Interessant ist hier auch der Metallpilz hinter der ersten Kuppelachse: Er ist typisch für H0-Modelle von Fleischmann und diente in vordigitalen Zeiten zum Auslösen von Schaltgleisereignissen.



Zweimal Ludmilla, beide digital und mit speziellen Fähigkeiten: von Esu die Lok Captrain BR 232-04 mit Raucherzeuger für klassisches Verdampferöl, von Märklin die Lok 233 493 „Tiger“ der DB AG Bahnbau Gruppe. Im Tiger ist ein Ultraschallzerstäuber installiert, der ähnlich wie Büro-Nebelbrunnen mit destilliertem Wasser funktioniert.

Die H0-Systeme waren also historisch auf zwei Arten getrennt: Hier Mittelleiter und Wechselstrom (engl. „AC“), dort Stromzuführung ausschließlich über die Schienen und Gleichstrom („DC“)^[8]. Entsprechend haben sich fatalerweise die Begriffe durchmischt und sie werden teilweise synonym verwendet: „Wechselstromlok“, „AC-Lok“, „Mittelleiterlok“, „Drei-leiterlok“ auf der einen sowie „Gleichstromlok“, „DC-Lok“, „Zweileiterlok“ auf der anderen Seite. Dabei haben Stromweg und Stromart absolut nichts miteinander zu tun. Das gilt auch in digitalen Zeiten, wo man ebenfalls eine Zeitlang versucht hat, Systemunterschiede möglichst deutlich zu manifestieren und dabei gerne auf die überkommenen Bezeichnungen zurückgegriffen hat. Noch einmal: Alle Digitalsysteme können auf allen Gleisarten und mit allen Nenngrößen eingesetzt werden!

Systemauswahl

Wenn Sie bereits eine Modellbahnanlage besitzen, die Sie digitalisieren möchten, haben Sie Ihren Maßstab und das Gleissystem bereits gewählt. Wenn Sie sich allerdings erst seit kurzem mit dem schönen Hobby Modelleisenbahn beschäftigen und nicht wissen, was Sie kaufen sollen, erleichtern Ihnen die nächsten Absätze die Auswahl.

DER EINSTIEG

Hier soll keine breite Diskussion der Vor- und Nachteile der verschiedenen Baugrößen folgen. Die Entscheidung, welchen Maßstab die eigene Modellbahn haben soll, muss jeder für sich treffen. Die Kriterien sind vielfältig und individuell: Vom verfügbaren Platz über das eigene Sehvermögen bis hin zur Geldmenge, die man bereit ist, für sein Hobby auszugeben, um nur einige Faktoren zu nennen.

Wer es nicht so theoretisch mag, kann auch einfach mal anfangen, Erfahrungen sammeln und später immer noch umsteigen. Der Gebrauchtmärkte für

^[8] „alternating current“ und „direct current“

Loks und Wagen ist recht aktiv, sodass man einen Teil seines Geldes zurückholen oder aber günstig Alternativen erwerben kann. Die technischen Komponenten wie Steuergeräte etc. behält man vielleicht, wenn man mit ihnen zufrieden ist und gut klarkommt. Denn elektrisch und digital hat man alle Freiheiten, unabhängig von der Baugröße. Zwar legt man sich speziell in H0 mit der Wahl des Schienensystems auf eine Bauvariante der Modellfahrzeuge mit oder ohne Mittelschleifer fest, dies wird aber durch das sehr breite Angebot an Modellen in dieser Baugröße – ungefähr 70% Marktanteil – wettgemacht.

Leider sorgt genau diese Vielfalt an technischen Möglichkeiten für Verunsicherung: Was soll ich nun kaufen? Geht A mit B? Oder soll ich doch besser auf C setzen? Wer nicht „einfach Loslegen“, sondern fundiert entscheiden möchte, kommt mit einem frühzeitig begonnenen Pflichtenheft gut weiter: Skizzieren Sie die Punkte, die Ihnen wichtig sind und auch, wie Sie sich das Spiel mit Ihrer Modellbahn vorstellen. Hieraus leiten Sie vermutlich schnell eine Baugrößenpräferenz ab. Jetzt geht es noch um die digitale Ausstattung, bei der Sie die (technischen) Daten der angebotenen Komponenten gegen Ihr Anforderungsprofil abgleichen und zu jedem der Punkte notieren, wie weitgehend er erfüllt wird oder nicht. Am Ende kennen Sie auch hier Ihre persönlichen Favoriten aus den verschiedenen Bereichen und Sie haben einen Wunschzettel bzw. Einkaufsplan.

Ein möglicher Weg ist, seine Modellbahn mit den Fahrzeug-, Fahrweg- und technischen Produkten nur eines der Systemhersteller aufzubauen. Eine solche Markentreue ist Mentalitätssache und hat darüber hinaus auch handfeste Vorteile: Man kann davon ausgehen, dass das Zusammenspiel der Komponenten erprobt ist und im Störfall hat man nur einen Ansprechpartner, der eine Lösung für das Problem liefern muss. Es gibt aber auch Nachteile: In den Gesamtsystemen sind nicht alle Teilbereiche gleich stark, weil jeder Hersteller unterschiedliche Prioritäten setzt. Meist lassen sich die schwächeren Bereiche jedoch durch die Nutzung von alternativen Produkten anderer Hersteller ausgleichen. Das führt in der



Mache Startpackungen werden international ausgerichtet. Hier hat Märklin für seine Marke Trix bzw. Minitrix einen französischen Zug in 1:160, Nenngröße N, zusammengestellt.



Mit besonderem Augenmerk auf dem Spielen mit der Bahn wurde diese Packung von Märklin zusammengestellt. Auch wenn man älter als zwölf Jahre ist, hat man viel Freude damit. Weichen sind bereits enthalten.



Immer wieder schnüren die Hersteller attraktive Pakete aus Triebfahrzeugen, Wagen, Gleisen und Technik zu Startpackungen zusammen.



Von Märklin kommt dieses Modell einer belgischen NoHAB in H0.



Unter seiner H0-Marke „Trix“ für die Zweischieneversorgung lieferte der Göppinger Hersteller die crossrail-185 aus.



Aus den 1980ern stammt dieses Roco-Modell einer BR 116. Damals war „digital“ bei der Modellbahn noch weit weg.



Ein Klassiker aus dem Fleischmann-H0-Programm ist die BR 78.

Praxis dazu, dass zwar die Produkte eines Anbieters dominieren, Detaillösungen jedoch aus verschiedenen Quellen kommen können.

Feststellen kann man: Startpackungen sind ein prima Mittel, alles Nötige für den Einstieg zu einem guten Preis auf einmal zu erhalten. „Falsch“ kaufen kann man dabei nicht, denn es gibt keine schlechten Modellbahn- und Digitalprodukte. Und man wird erst einmal eine Menge Freude mit der neuen kleinen Bahn haben. Das Schlimmste, das passieren kann, ist, dass man irgendwann feststellt, dass das Erworbene doch nicht so ganz zu den eigenen Vorstellungen passt. Die Freude, die man hatte, kann einem niemand mehr wegnehmen und die kleine Bahn kann man verschenken, verkaufen oder tauschen.

EIN WENIG MARKT- UND WARENKUNDE

Schaut man sich beim Modellbahnhändler um, stellt man schnell fest, dass viele verschiedene Anbieter um die Gunst des Kunden werben. Es gibt große Hersteller und kleine, solche, die nur Digitalkomponenten anbieten, und solche, die komplette Systeme im Programm haben sowie fast jede Mischform dazwischen.

Die Komplettanbieter mit ihrem Angebot an Loks, Wagen und Gleisen sowie verschiedenen Elektro- und Digitalkomponenten machen den Einstieg besonders leicht. Zu einer kompletten Anlage braucht man dann „nur“ noch einen Unterbau, Gebäude und Landschaftsmaterialien ...

Um Namen^[9] zu nennen: Aktuell buhlen in der Baugröße H0 mit Märklin, Piko und der Modelleisenbahn GmbH drei Komplettanbieter mit fünf Marken um die Gunst der Modellbahner. Märklin bietet dabei zwei Systeme: die hauseigene traditionelle Mittelleiterbahn und das schon vor langer Zeit zugekaufte Trix-International-Material, das der weit verbreiteten Zweischieneversorgung folgt. (Zum nicht mehr aktiv angebotenen Trix-Express-System hält Märklin noch den einen oder anderen Artikel bereit.) Inzwischen

^[9] Bezogen auf Kontinentaleuropa und hier besonders den mittel- und osteuropäischen Bereich

setzt Märklin seine verschiedenen Digitalkomponenten für alle seine Marken ein.

Die Modelleisenbahn GmbH beheimatet zwei Marken unter ihrem Dach: Roco und Fleischmann, beides „Zweileiter“, wobei neue Fleischmann-H0-Produkte nicht mehr kommen sollen. Auch hier werden die Digitalkomponenten einheitlich für beide Marken angeboten. Piko stellt ebenfalls ein System mit Zweischienenversorgung her und bietet Digitalkomponenten unter eigenem Namen und zunehmend auch aus eigener Entwicklung an. Vieles vom rollenden Material sowohl bei Roco/Fleischmann als auch bei Piko ist jeweils auch in einer Mittelleiterversion erhältlich.

Es ist wie erhofft: Fleischmann-, Piko-, Roco- und Trix-Fahrzeuge sind auch auf den H0-Gleisen der anderen Marken einzusetzen. Märklin-Fahrzeuge bleiben hier aufgrund der Mittelleiterstromzuführung und der durchverbundenen Achsen außen vor. (Auch sind die Radprofile leicht unterschiedlich, was Probleme bereiten kann.)

Es gibt eine ganze Reihe von Herstellern, die kein vollständiges Systemprogramm anbieten, sondern nur Loks, Wagen und manches Zubehör produzieren. Die bekannten Namen Brawa, Liliput und Hornby^[10] gehören zu dieser Gruppe. Zu erwähnen ist, dass auch Hersteller, die durch ihre Digitaltechnik bekannt wurden, sich mit einzelnen Fahrzeugen oder ganzen Serien engagieren. Zu nennen sind hier Esu (H0-Loks und -Wagen) und Lenz (H0-Lokomotiven). Auch die Fahrzeuge der in diesem Absatz behandelten Hersteller werden meist in zwei Versionen produziert: mit Mittelleiterschleifer für das Märklin-System und ohne für alle anderen.

Will man in Baugröße TT fahren, kommen andere Anbieter in den Focus: Tillig und Kühn bieten weit ausgebauter Systeme, wobei hier der Zukauf von technischen Ergänzungsprodukten anderer Hersteller fast unumgänglich ist. Von vielen anderen Marken

^[10] Der britische Modellbahn-Komplettanbieter Hornby hat die Marken Arnold, Electrotren, Jouef, Lima und Rivarossi übernommen. In Kontinentaleuropa bietet man fast ausschließlich Modellbahnfahrzeuge an. Diese stammen aus den Programmen dieser Marken oder wurden zwischenzeitlich neu für den Vertrieb unter diesen Marken entwickelt.



Liliput ist ein traditioneller Hersteller von H0-Modellen. Man sucht sich auch ungewöhnliche Vorbilder wie hier die Versuchslok DE 2500.



Die Firma Lenz ist bekannt für ihre digitale Modellbahnelektronik und dafür, die „Spur 0“ wiederbelebt zu haben. Man hat in Gießen aber auch einige H0-Modelle entwickelt. Diese Köf z.B. ist digitalisiert und besitzt eine digital fernbedienbare Kupplung.



Auch Esu ist mit der digitalen Modellbahnelektronik bekannt geworden. Man stellt aber nicht nur den bekannten Lokpilot, sondern auch mit Technik „vollgestopfte“ Modelle, hier eine BR 260 in H0.



2015 lieferte KM1 das vollständig digitalisierte Modell der BR 10 001. Im Spur-1-Maßstab ist das Modell 82,8 cm lang!



Fulgurex ist einer der prominentesten und traditionsreichsten Kleinserienhersteller bei der Modellbahn. Seit über 70 Jahren werden in Lausanne feinste Messingmodelle nach europäischen Vorbildern in verschiedenen Maßstäben hergestellt. Hier ein H0-Modell des französischen Bugatti-Triebwagens „Présidentiel“.



Piko stellt freilandtaugliche Modelle für IIm-Gartenbahngleise her. Beim Maßstab zeigt sich der Hersteller in dieser Baugröße durchaus flexibel, denn er sagt: „Erlaubt ist, was Spaß macht!“. Ganz nach diesem Motto hat man schon einen ICE, eine V 200, eine Ludmilla, einen Taurus und nicht zuletzt auch eine BR 103 auf die Gleise mit 45 mm Spurweite gebracht.



Der Schienentrabi vom eigentlich für seine TT-Modelle bekannten Hersteller Kres ist ebenfalls für 45-mm-Gleise gemacht.

kommen passende TT-Fahrzeuge, darunter Roco, Piko, Hornby.

Auch für die Baugröße N gibt es mit den Marken Minitrix und Fleischmann Piccolo zwei Systemanbieter mit Digitaltechnik aus den Häusern Märklin und Modelleisenbahn GmbH. Wieder gibt es eine ganze Reihe von N-Produkten in den Angeboten anderer Hersteller zu entdecken, wobei hier Hornby mit der Marke Arnold das breiteste Sortiment aufweist.

Noch kleiner wird es bei der Baugröße Z. Märklin ist der einzige Großserienanbieter in Europa. Man liefert ein komplettes – nichtdigitales – System. Alle anderen Aktivitäten bei dieser Baugröße, auch digitale, gehen von Kleinserienherstellern und privaten Initiativen aus.

In der anderen Größenrichtung, bei „Spur 0“, tritt der mit seinen Digitalprodukten bekannt gewordene Hersteller Lenz mit einem kompletten Programm an. Wieder gibt es verschiedene andere Anbieter, die meist in kleinen Serien hergestellte Fahrzeuge zuliefern.

Größer wird es in 1:32 (Nenngröße I). Hier sind Märklin und KM1 jeweils mit einem vollständigen Sortiment auf dem Markt. Das Angebot wird durch verschiedene Kleinserienhersteller ergänzt, einer der prominentesten und traditionellsten Vertreter (seit über 70 Jahren) ist hier die schweizerische Firma Fulgurex.

Bei der noch größeren Gartenbahn bemühen sich Piko und wieder Märklin, diesmal mit der Marke LGB, um Zuspruch zu ihren jeweiligen Komplettsystemen. Wie auch bei den anderen Baugrößen gibt es ebenso bei „G“ eine Reihe von weiteren Anbietern, die sich auf Teilaspekte der Gartenbahnwelt konzentrieren. Auffällig ist hier die große Präsenz von Anbietern mit digitalen Steuerkomponenten, was sich aus den besonderen Anforderungen des Freilandbetriebs und dem großen Maßstab ergibt.

Eines ist wichtig festzustellen: Solch große konzeptionelle Unterschiede, wie sie in H0 zwischen Mittelleiter- und Nicht-Mittelleitersystemen bestehen, gibt es weder bei den kleineren noch bei den größeren Nenngrößen. Sie fahren alle ohne Mittelleiter und die

Fahrzeuge der verschiedenen Hersteller sind ziemlich kompatibel zueinander.

Wichtig: Es gibt über die aufgezählten Hersteller hinaus unzählige andere, die Fahrzeuge in den verschiedensten Maßstäben für die unterschiedlichsten Gleissysteme anbieten. Zubehörhersteller liefern mechanische und elektronische Produkte, die Brücken zwischen verschiedenen Systemen schlagen, Dienstleister erledigen Umbauten nach Wunsch. Man kann sagen: Es gibt kaum ein Vorbild, das nicht schon einmal nachgebildet wurde, es gibt kaum eine Betriebsvariante, die nicht schon einmal umgesetzt wurde, es gibt kaum ein Gerät, für das nicht noch ein Anbieter Anschluss böte.

Seit der Frühzeit der digitalen Modellbahn bemühen sich die Hersteller darum, dass ihre digital ausgestatteten Fahrzeug auch im Analogbetrieb funktionieren. Zwar ist die Anfahrspannung deutlich höher als bei rein analogen Fahrzeugen und damit der Regelbereich des analogen Fahrgeräts eingeschränkt. Dafür ist eine entsprechend ausgestattete Lok jedoch universell auch auf einer bestehenden Anlage einsetzbar. Von Vorteil ist die digitale Ausstattung in Bezug auf die Beleuchtung: In der Regel leuchten die Lampen, bevor das Fahrzeug losfährt – LED-Technik macht es möglich. Einige Hersteller wie z.B. Märklin bieten ihre Fahrzeugmodelle seit langem nur noch in einer einzigen universellen Version für alle Arten der Ansteuerung an. Hier bekommt man die Digitalfähigkeit automatisch mitgeliefert.

UND WO BLEIBT DIGITAL?

Wie bereits geschrieben, hat man digital alle Freiheiten. Man kann ein System von Lenz kaufen und mit Esu-Loks fahren – und auch umgekehrt. Gleiches gilt für so ziemlich alle anderen Marken. Auch technisch geben sich die verschiedenen Systeme beim Einsatz mit Heimanlagen nicht viel. Es gilt demnach der Rat: Kaufen nach „Bauch“. Dem Eingabegerät, mit dem Sie sich am wohlsten fühlen, sollten Sie den Zuschlag geben. Egal von welchem Hersteller es kommt, es kann sehr viel mehr, als man für den Einstieg braucht und bietet später immer noch Ausbaumöglichkeiten.

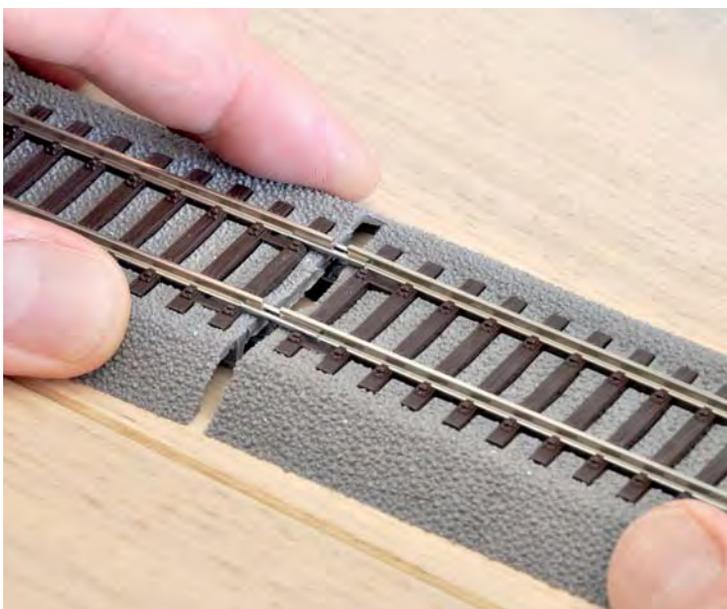


Diese 20 Jahre alte Märklin-T18 hat soeben eine moderne Elektronik von Esu erhalten und wird wieder für den Betriebsdienst hergerichtet.

ES GIBT KEINEN RICHTIGEN ODER FALSCHEN WEG ZUR DIGITALEN MODELLBAHN. DER WEG, DEN SIE GEHEN, MUSS IHNEN ENTSPRECHEN UND SOLL IHNEN FREUDE BEREITEN.



Einige Fahrzeughersteller übernehmen digitale Steuergeräte von etablierten Modellbahndigitalfirmen und lassen diese auf die eigenen Bedürfnisse anpassen. Die hier gezeigte Daisy II wird von Uhlenbrock hergestellt, Tilling hat sie im mit der Hausfarbe versehenen Gehäuse für die eigenen TT-Startpackungen übernommen.



Je nach Hersteller werden die Gleisstücke mit unterschiedlichen Techniken verbunden. Weit verbreitet sind federnde Metalllaschen, die die Schienenfüße umfassen und an den Gleisenden diagonal aufgesteckt sind. So trifft immer eine Lasche vom rechten auf ein offenes Schienenende vom linken Gleis und umgekehrt. Das Zusammenstecken erfolgt waagrecht am besten auf einer harten Unterlage oder wie hier direkt auf dem Boden. Im Foto ist das RocoLine-Bettungsgleis zu sehen.



Für die ersten Erfahrungen – im wörtlichen Sinne – setzt man die Gleise zusammen, schließt den Regler an, stellt die Fahrzeuge auf die Schienen und fährt los. Es ist eine besondere Freude, wenn sich die Lok oder der Zug das erste Mal aus eigener Kraft bewegt!

Der erste Aufbau

Jeder von uns kennt das: Hat man etwas Neues erworben, will man es auch gleich ausprobieren. Schnell wird ausgepackt, aufgebaut und in Gang gesetzt – ohne einen Blick ins Handbuch. Dass besonders Männer diese Eigenschaft in Bezug auf Technikspielzeug haben, gehört natürlich ins Reich der Fabeln ...

Im Ernst: Beim Aufbau einer Modellbahnstartpackung kann man wirklich nicht viel falsch machen. Wie die Gleise zusammenzustecken sind, ist eindeutig und auch, wie Lok und Wagen auf den Schienen zu stehen haben. Wo und wie man den elektrischen Anschluss an den Gleisen herstellt, ist meist auch noch klar. Um zu verstehen, wo und wie das Steuergerät zu verkabeln ist, kann jedoch je nach System bereits ein Blick in die Aufbauanleitung nötig sein.

Sobald es an die Bedienung des Steuergeräts geht, ist das Handbuch ein unerlässliches Hilfsmittel, um das man nicht herumkommt. Da hilft auch kein Wissen über Computer oder Elektronik. Jedes Modellbahn-Entwicklerteam hat sich seine eigenen Gedanken gemacht, wie die aus ihrer Sicht optimale Bedienung der Modellbahn erfolgen sollte. Das muss man einfach nachschauen und lernt es in der Praxis bei der Anwendung. Anhand der Bedienelemente auf den Geräten kann man bestenfalls ahnen, wie die Anwendung gedacht ist.

H0 und kleiner kann man meist auf einem Küchentisch aufbauen. Allerdings steht die Bahn damit anderen Nutzungen schnell im Weg. Warum also nicht gleich in eine ruhige Ecke auf den Boden gehen? Dort kann man fahren, spielen, ausprobieren und das über Tage hinweg immer wieder. Muss man immer wieder wegräumen, besorgt man sich am besten eine „Platte“, also ein passendes Stück 1-cm-Sperrholz, das man mit einem Rahmen verstärkt. Hierauf kann man seine Gleise zusammenstecken und sie gleich punktuell festschrauben. Der Aufbau ist mobil und kann wenn nötig senkrecht in einer Ecke verschwinden. Selbst wenn man später eine ausgestaltete Anlage sein Eigen nennt, schadet es nicht, ein

solches mobiles Gleisoval zum Einfahren und Testen von Loks und Equipment greifbar zu haben.

Mit dem ersten Spielen wächst die Lust, die Gleisfigur weiter auszubauen. Fast alle Hersteller bieten sinnvoll zusammengestellte Ergänzungspackungen z.B. mit zwei Weichen und Gleisstücken für eine Überholung an. Hat man noch wenig Erfahrung mit Modellbahnmateriale und keine Übung in der Anlagenplanung, empfiehlt es sich, auf diese Herstellerangebote zurückzugreifen, denn sie bieten meist relativ viel Gleis fürs Geld. Natürlich lohnt sich auch hier ein Blick auf den Gebrauchtmrkt online oder auf Modellbahnbörsen.

Jetzt ist auch der richtige Zeitpunkt für ein weiteres Triebfahrzeug gekommen. Hier kann man in der eigenen Baugröße anschaffen, was auch immer einem Spaß macht. Neue und für den Digitalbetrieb vorbereitete Fahrzeuge auch anderer Hersteller passen in der Regel und lassen sich mit den Steuergeräten aus der Startpackung in 99% aller Fälle einsetzen. Nur in H0 muss man darauf achten, passend zum eigenen Gleissystem zu kaufen: mit Mittelleiter oder mit Zweischienenversorgung. Hier hilft sicher auch der freundliche Verkäufer im Modellbahnladen oder auf der Modellbahnmesse.

TEPPICHBAHNING ALS KONZEPT

Zum jetzigen Zeitpunkt ist man einem ganzen ausgewachsenen Betriebskonzept recht nahe: dem Teppichbahning. Dieser liebevoll denglische Begriff bezeichnet Modellbahnaufbauten auf dem Boden ohne klassische Anlage außenherum. Ziel ist es, lange Fahrstrecken zu entwickeln, auf denen vorbildgerecht zusammengestellte Züge unterwegs sein können, ohne sich selbst „in den Schwanz zu beißen“. Der Aufbau erfolgt in der Regel mit festen Gleisstücken (statt Flexgleisen) und umkurvt Möbel, Tische, Stühle. Die Phantasie und das eigene Abstraktionsvermögen sind mehr gefragt als bei festen Anlagenaufbauten, wo die gestaltete Landschaft visuelle Vorgaben macht.

Betrieblich hat das Teppichbahning insofern die Nase vorn, als man die Gleisfiguren jederzeit den



Für Abwechslung im Spielbetrieb sorgen Ergänzungspackungen mit Weichen und Gleisen. Fast jeder Hersteller von Startpackungen hat entsprechende Zusammenstellungen im Angebot, die viel Gleis fürs Geld bieten.

IN H0 MUSS MAN DARAUF ACHTEN, DIE ZWEITE LOK PASSEND ZUM EIGENEN GLEISSYSTEM ZU KAUFEN.



Eine H0-Bahn lässt sich noch gut auf dem Boden aufbauen. Bei der Baugröße N wird dies schwierig, sodass man hier besser einen Tisch belegt. Hier dreht die 1:160-Version einer französischen BB 22200 ihre Runden auf dem Wohnzimmertisch.

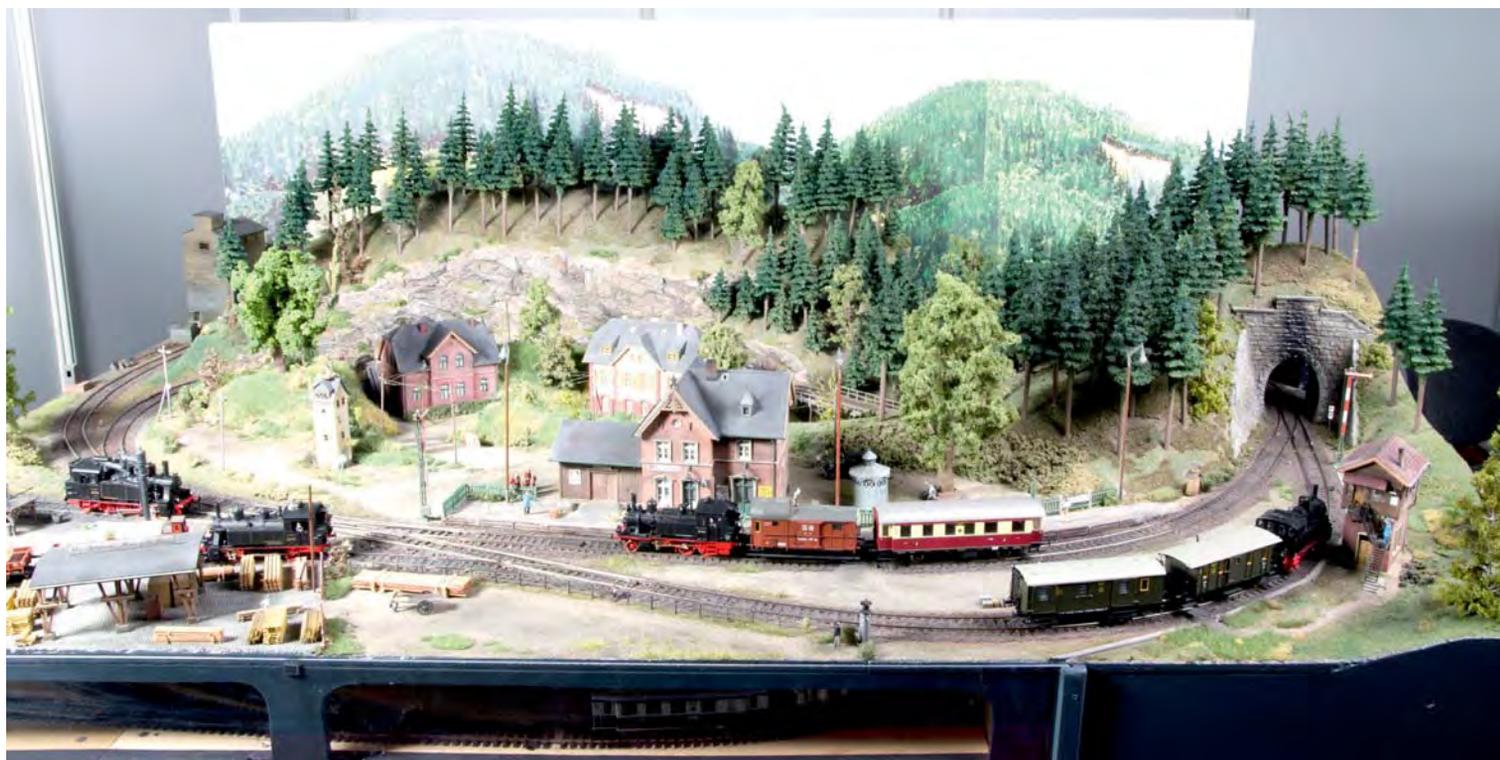
„Transportbedürfnissen“ anpassen kann, die man sich gerade ausdenkt. Ausflugsverkehr vom Bahnhof „Küche“ zur Endstation „Balkon“? Kein Problem, die Gleise sind schnell verlegt und man kann sich Gedanken über ein Betriebskonzept mit Pendelzügen machen. Ein zweiter Zug ist beim Teppischbahning fast schon Pflicht, und jetzt kann das Digitalsystem – egal von welchem Hersteller – seinen ersten großen Vorteil sehr gut ausspielen: unabhängiger Mehrzugbetrieb. Der Preis der langen Fahrstrecken auf dem Boden: Man tut sich schwerer mit dem Einbau gleisnaher Technik als bei einer dezidierten Modellbahnanlage und hat schnell zusätzliche Kabel herumliegen.

FESTE ANLAGEN

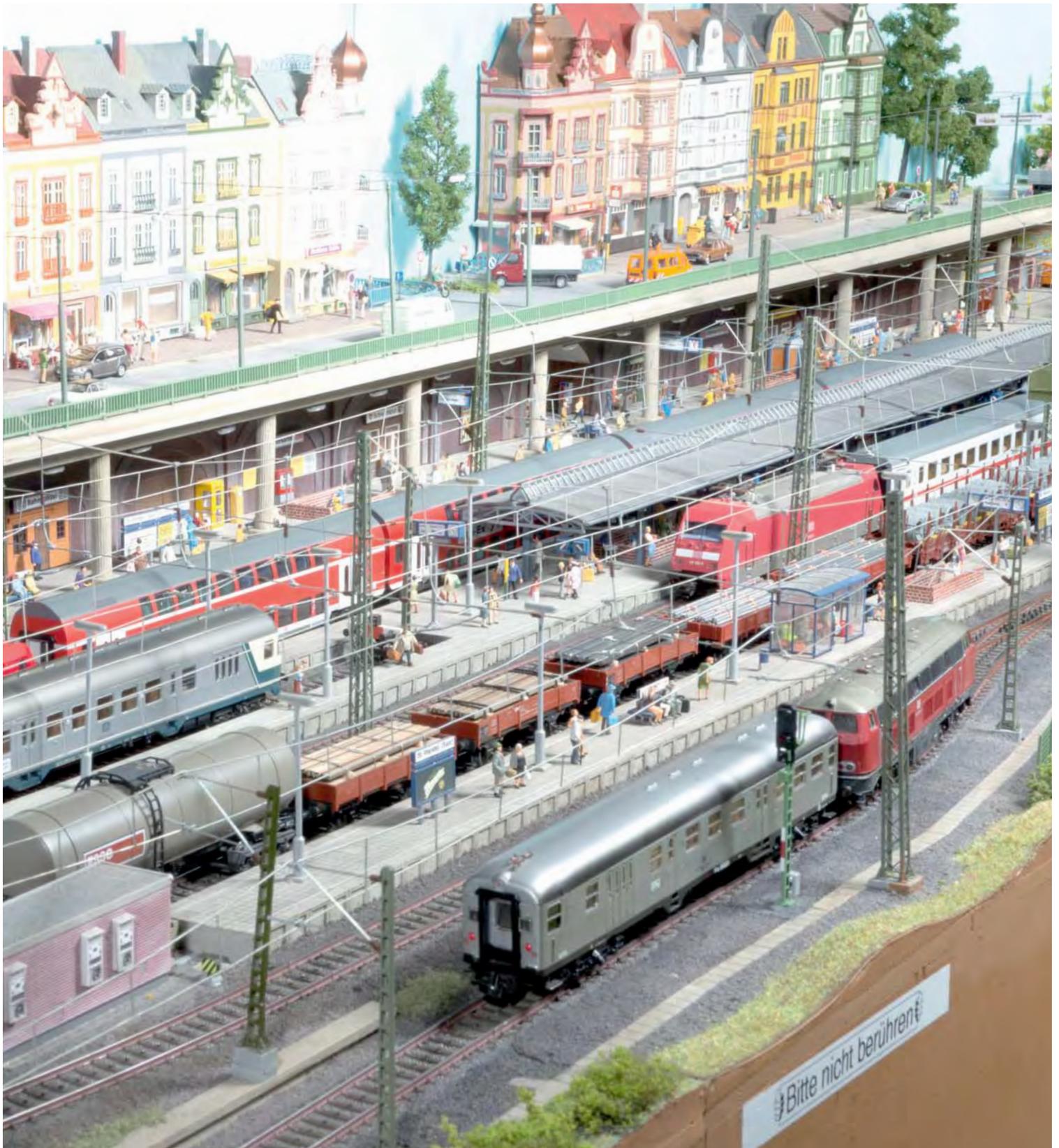
Die hier pauschal mit „feste Anlagen“ betitelten Modellbahnaufbauten umfassen sowohl die rundherum zugänglichen klassischen „Platten“, die meist entlang einer oder mehrerer Wände aufgebauten moderneren Anlagen mit differenziertem Unterbau, die zer-

legbaren Segmentanlagen und auch echte Anlagenmodule. Einer der Vorteile einer festen Anlage liegt auf der Hand: Der feste Aufbau erlaubt die stationäre Montage von technischen Einrichtungen entlang und abseits der Gleise, ohne dass wilde Kabelbäume über den Boden laufen müssen. Auch kann man manche Dinge nur unter den kontrollierten „Umwelt“-Bedingungen einer gestalteten Anlage einsetzen, z.B. Oberleitungen, Flexgleise, Weichen ohne Gelenke, viele Typen von Drehscheiben und Schiebebühnen, Schattenbahnhöfe unter der Anlagenoberfläche und einiges mehr.

Hinzu kommt die gesteigerte Herausforderung beim Anlagenbau durch die Landschaftsgestaltung. Natürlich kann man einfach drauflosbauen, aber das wird später zumindest technisch unbefriedigend, wenn man merkt, was man beim Aufbau alles nicht bedacht und vergessen hat. Die nächsten Kapitel zeigen, welche Komponenten neben den Loks und Zügen eine digitale Modellbahn ausmachen und was man bei der Planung und beim Aufbau im Blick behalten sollte.



Auch auf einer kleinen Plattenanlage wie hier kann man vielfältigen Betrieb machen. Aktuell sind vier Loks oben aktiv und im Schattenbahnhof wartet noch mindestens ein weiterer Zug. Hier kann die Digitaltechnik ihre Stärken – viele Züge gleichzeitig – voll ausspielen.



Sechs Bahnsteiggleise und fast alle besetzt: So ein Verkehrsaufkommen bewältigt man am besten zu mehreren mit verteilten Rollen. Oder man überlässt einen Teil der Aufgaben einem Anlagensteuerprogramm und konzentriert sich auf das, was einem am meisten Spaß macht, Züge fahren z.B.





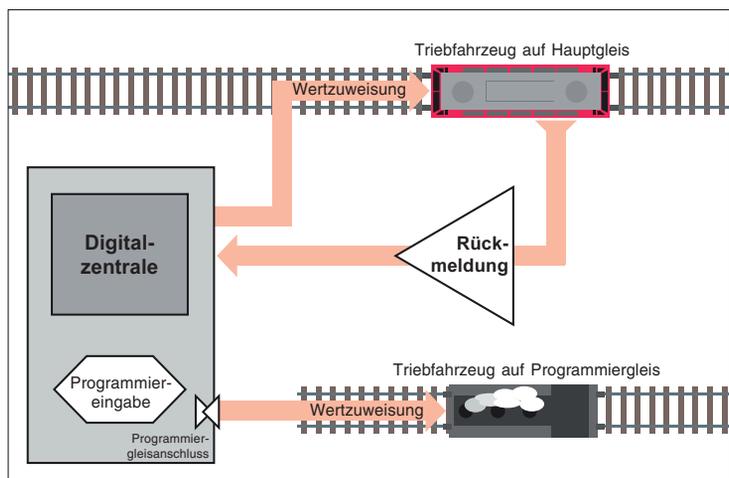
KAPITEL 2

DAS „PLUS“ VON DIGITAL

Mit der Hand am Regler

Die Bedienung der Modellbahn ist intuitiv: Eine Lok oder ein Zug steht auf dem Gleis, man greift zum Regler, dreht am Reglerknopf und der Zug setzt sich in die eine oder andere Richtung in Bewegung. Die gefahrene Geschwindigkeit ist proportional zum gewählten Drehwinkel. Zur Umkehr der Fahrtrichtung dreht man den Reglerknopf über die Nullstellung hinaus in die andere Richtung. Dieses einfache Verhalten ist so naheliegend, dass auch kleinere Kinder es beim ersten Kontakt mit der Modellbahn sehr schnell durchschauen und sofort in ihr Spiel integrieren.

Komponenten kommunizieren



Ein Kommunikationsschema bei der digitalen Modellbahn

DIE WICHTIGSTE UND HERAUSRAGENDSTE LEISTUNG EINES MODELLBAHN-DIGITALSYSTEMS IST ES, SEINE FAHRZEUGE GLEICHZEITIG INDIVIDUELL AUF DEM GLEICHEN GLEIS STEUERN ZU KÖNNEN.

Nach diesem einfachen Steuerungsprinzip funktionierte Modellbahn „schon immer“, auch schon zu Zeiten, als man noch lange nicht an „digital“ dachte. Der Reglerknopf war typischerweise ins Gehäuse des Fahrtrafos integriert. Man kann sich technisch ganz gut vorstellen, wie die Steuerung funktioniert: Mit dem Reglerknopf am Fahrtrafo stellt man die Spannung ein, die dem Antrieb im Zug auf den Gleisen zur Verfügung stehen soll. Abhängig von dieser Spannung dreht sich der Anker des im Modell eingebauten Motors langsamer oder schneller und sorgt so für eine langsamere oder schnellere Bewegung des Fahrzeugs auf den Gleisen.

Der für diese Art der Steuerung verwendete Begriff „analog“ beschreibt das Verfahren recht gut: Analog bedeutet „ähnlich, vergleichbar, gleichartig, entsprechend“. Im technischen Umfeld geht es bei „analog“ um einen stufenlosen und kontinuierlicheren Verlauf eines Signals. Genau das trifft bei der beschriebenen Modellbahnsteuerung zu: Jede winzige Veränderung der Stellung des Reglerknopfes führt zu einer (ebenso winzigen) Änderung der Spannung und damit der Geschwindigkeit.

Man könnte also sagen, dass der Bediener seiner Lok mittels des Reglerknopfes „sagt“, wie schnell sie fahren soll. Die Kommunikation zwischen Bediener

und Lok wird auf technische Weise übermittelt. Mit genau einem Triebfahrzeug oder Zug auf den Gleisen funktioniert das System hervorragend.

Hat man zwei oder mehr Züge vor sich auf dem gleichen Gleis, funktioniert der einfache Ansatz technisch immer noch. Das Ergebnis ist jedoch anders als gewünscht: Die Fahrzeuge bewegen sich synchron, alle gleichzeitig nach links, alle gleichzeitig nach rechts, gemeinsam schneller, gemeinsam langsamer. Wenn man genau das haben will, z.B. weil man mit Vorspann fährt – wunderbar! Meist will man die Züge jedoch individuell steuern können.

Also muss man mit den Fahrzeugen getrennt kommunizieren. Genau dies möglich zu machen, ist die wichtigste und herausragendste Leistung eines Modellbahn-Digitalsystems. Für viele heutige Digitalpropagandisten ist diese Fähigkeit kaum noch einer Erwähnung wert. Dabei ist es genau diese Möglichkeit zur individuellen Kommunikation, die von Anfang an Ziel der Entwicklung war und die auch heute noch den größten Wert der Systeme ausmacht.

Mit zwei Loks gleichzeitig auf einem Gleis rangieren zu können, war der große Traum ganzer Modellbahnergenerationen und es gab verschiedenste elektrotechnische Ansätze, um dem Ziel näher zu kommen. Endgültig gelöst wurde die Aufgabe erst durch Einführung der Digitalsysteme.

Zusammengefasst kann man sagen: Digitalsysteme sind im Wesentlichen Kommunikationssysteme. Mit dem Regler in der Hand erstellt man eine Nachricht mit Anweisungen, die der Lok oder dem Zug auf dem Gleis postwendend zugestellt wird. Es ist sogar vorgesehen, dass die Fahrzeuge antworten. Aber welcher Lok, welchem Zug wird eine bestimmte Nachricht zugestellt? Das legt man als Anwender natürlich vorher fest. Man wählt mit seinem Steuergerät ein Fahrzeug aus und „sagt“ ihm zum Beispiel: „Fahre mit halber Geschwindigkeit vorwärts!“ Das angesprochene Fahrzeug wird die Anweisung befolgen.

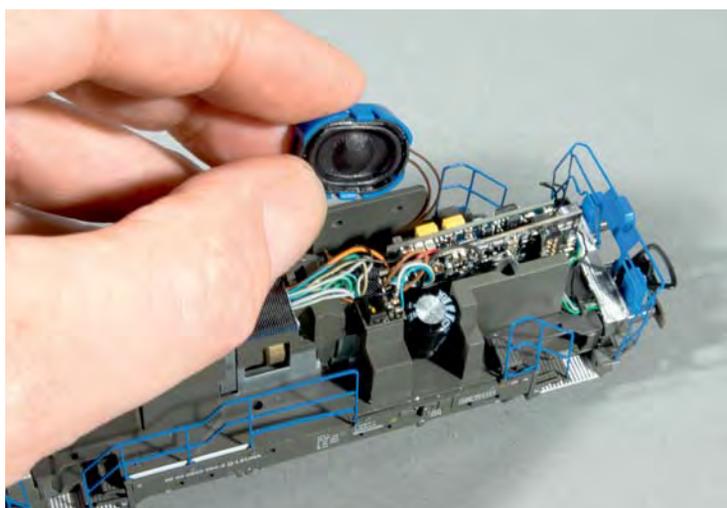
Es gibt Systeme, die die auswählbaren Züge am Steuergerät im Klartext mit einem Namen und/oder mit einem Bild der Lok anzeigen. Je nach System kann man solche Namen und Bilder sogar selbst ver-



Bediengeräte mit Touchdisplay eignen sich sehr gut, um die Möglichkeiten eines Modells mit Symbolen darzustellen. Hier wird eine V-200-Nachbildung mit einem Mobile Control II von Esu gesteuert.



Solche Geräte vermitteln zwischen Anwender und Modellbahn. Sie verrichten dort ihr elektronisches Werk normalerweise im Verborgenen. Im Bild eine Zentrale „Redbox“ von Tams Elektronik mit Anschlussadapter.



Auf Fahrzeugseite ist die Elektronik oft dicht gepackt eingebaut. Trotz knappem Einbauraum kann die Leistung der Elektronik durch die fortschreitender Miniaturisierung stetig weiter steigen.

geben. Zur Kommunikation mit dem Zug wird allerdings nicht ein solcher für Menschen verständlicher Name übermittelt, sondern eine kurze Codenummer, von der das Fahrzeug „weiß“, dass es die seine ist.

Diese Codenummer wird „Adresse“ genannt und sie funktioniert genauso wie die Postleitzahlen bei der Briefbeförderung. Die Postleitzahl ist eindeutig, und in gleicher Weise muss auch die Adresse eines Zuges eindeutig sein. So kann man z.B. bei Systemen mit wählbaren Bezeichnungen das Problem der Namensgleichheit lösen: So, wie die Post die vielen „Neustadt“ mit Postleitzahlen auseinanderhält, hält das Digitalsystem verschiedene als „Schnellzug“ angelegte Modelle anhand der Digitaladresse auseinander.

Es gibt, wie schon angedeutet, auch Systeme, die keine Möglichkeit zur Namensvergabe vorsehen. Das mag im ersten Moment als Nachteil erscheinen. Viele Modellbahner bevorzugen jedoch sogar die numerische Art der Ansprache: Man habe es mit einem technischen System zu tun, warum solle man also die technischen Aspekte hinter irgendwelchen verbalen Vorhängen verbergen? Die große Bahn nummeriere ihre Loks, Züge und Strecken ja auch – und das nicht ohne Grund ... Letztlich ist es eine Geschmacksfrage, ob Sie als Anwender lieber mit direkten Adressen oder mit Zug- bzw. Loknamen umgehen wollen.

ELEKTRONIK FÜR DIE KOMMUNIKATION

Zuständig für die Kommunikation ist ein Sender im oder beim Handsteuergerät und ein Empfänger im Zug. Der Sender wird üblicherweise „Zentrale“ genannt. Dieser stationäre Baustein schickt die Betriebsenergie für die Lokomotiven mit den enthaltenen Steuerbefehlen auf die Gleise. Die Empfänger in den Fahrzeugen werden „Decoder“ genannt und letztendlich sind sie es, denen man die Adressen zuweist. Die Bezeichnung „Decoder“ kommt daher, dass die Informationen nicht im Klartext, sondern verschlüsselt, also kodiert übermittelt werden. Die Zentrale packt die Befehle zu einem Datenstrom zusammen, ein Decoder entschlüsselt die Nachrichten und sorgt für entsprechende Aktionen im angesprochenen Triebfahrzeug.

Heutige Lok- und Triebwagenmodelle sind meist bereits ab Werk in einer digitalen Version erhältlich, teilweise bietet der Hersteller eine Modellvariante ohne Decoder gar nicht mehr an. Was ist aber mit den ganzen analogen Modellfahrzeugen aus der vordigitalen Zeit? Für die Umrüstung von Lokomotiven auf digital haben sich verschiedene Hersteller und Ingenieurbüros etabliert, die passende Nachrüstelektroniken in jeder gewünschten Geschmackslage liefern. Vor dem Hintergrund der angebotenen Vielfalt ist es möglich, jede Lokomotive, von der kleinsten in Baugröße Z bis zur größten in „Spur II“ mit einem Decoder zu versehen. Märklin bietet sogar komplette Umrüstsets für viele ältere Modelle aus dem eigenen Hause an, mit denen man sowohl den Motor um- als auch eine Digitalelektronik einbauen kann. Berichte über solche Umbauten und passende Anleitungen sind regelmäßig in der Zeitschrift „Digitale Modellbahn“^[1] zu finden.

ZUSÄTZLICHE SPIELMÖGLICHKEITEN

Hat man entschieden, welchen Zug man ansprechen möchte und dies am Steuergerät entsprechend eingestellt, kann man neben der Geschwindigkeitsregelung noch eine ganze Reihe weiterer Dinge tun. Schon bei den allerersten Digitalsystemen war die Möglichkeit vorgesehen, das Fahrlicht ein- und auszuschalten. Inzwischen können einige Systeme bis zu 32 Dinge schalten. Was hier geschaltet wird, nennt man „Funktionen“.

Wie auch bei der Adresse gilt bei Funktionen, dass sie technisch über eine Indexnummer angesprochen werden. Manche Steuergeräte zeigen Ihnen statt der Funktionsindexnummer ein Icon. Einige davon visualisieren die zugehörige Funktion richtig gut: Zum Beispiel ist das Signet einer Glühlampe für das Licht oder das einer Glocke für die „Bahnübergangswarnbimmel“ absolut eindeutig. Bei manch anderem Icon muss man jedoch erst in der Anleitung nachschauen, um zu verstehen, was gemeint ist.

Die Bedienung der links abgebildeten Redbox von Tams kann über einen normalen Handregler oder aber auch über ein Smartphone erfolgen. Auf dessen Display sind alle nötigen Steuerelemente verfügbar.

Einer anderen Philosophie folgen Geräte wie der Raptor (niederländische Zentrale, www.raptor-digital.eu) oder die Intellibox von Uhlenbrock: Alle Bedienelemente werden mit der Elektronik in ein gemeinsames Gehäuse vereint. Gerade letztere hat mit diesem Ansatz eine große Verbreitung gefunden.



¹ Die Zeitschrift „Digitale Modellbahn“ erscheint vierteljährlich bei der Verlagsgruppe Bahn, siehe die Vorstellung von Verlagsprodukten auf den letzten Seiten dieses Buches.



Auch wenn eine (digitalisierte) Modellbahnanlage rein technisch keine Signale für ihre Funktion braucht, sollte man auf sie allein schon wegen des besseren Aussehens nicht verzichten.



Nachbildungen von Licht- und Formsignalen lassen sich mit relativ geringem Aufwand einbauen.

Funktionen erweitern die Spielmöglichkeiten mit der Modellbahn enorm. Modelle können so ausgestattet werden, dass sie nicht nur langsam oder schnell vorwärts oder rückwärts fahren, sie können dies auch mit aus- oder eingeschaltetem Fahrlicht tun oder als Personenzug mit eingeschalteter Fahrstraumbeleuchtung. Manche Loks können die Kupplungen öffnen oder schließen, das typische Motoren- oder Antriebsgeräusch des Vorbilds kann bei manchen erklingen oder aber Warn- und Hinweistöne wie Glocke oder Pfeife sind zu hören. Die Vorbilder der kleinen Züge bieten genug Anregungen für Dinge, die man im Modell als Funktion nachbilden kann.

WEICHEN, SIGNALE, ZUBEHÖR

In gleicher Weise wie bei den Zügen funktioniert auch die Ansprache stationärer Elemente: Man wählt aus, welche Weiche man schalten möchte, drückt eine Taste und schon bewegen sich die Weichenzungen. Was ist daran besonders, werden Sie fragen, das kann man mit einem normalen Schalter am Stellpult doch analog auch erreichen?

Ja, kann man; sobald man aber mehr als nur ein paar Weichen schalten möchte oder aber das Ganze zugabhängig funktionieren soll, kann die Digitaltechnik ihre Stärken voll ausspielen. Fernbetätigte Weichen, Signale, Drehscheiben, Schrankenanlagen etc. gibt es bei der Modellbahn „schon immer“. Die Einbindung der jeweiligen Antriebe in eine digitale Ansteuerung macht sie jedoch für automatische Ablaufsteuerungen und Computer leicht zugänglich.

Wie die Fahrzeuge werden auch Zubehörkomponenten über Indexnummern, die Adressen, erreicht. Und genau wie dort kommen auch im stationären Bereich Decoder zum Einsatz, die die digitalen Befehle in entsprechende Aktionen umsetzen. Selbstverständlich haben auch diese Zubehördecoder individuelle Adressen. Viele Typen bieten vier oder acht Schaltkanäle mit Umschaltkontakten an, es gibt auch Varianten für die Ansteuerung von Servos oder anderen speziellen Elementen.

Die digitalen Befehle für das Zubehör werden im gleichen Gerät kodiert wie die Fahrbefehle und sie

werden mit diesen im schnellen Wechsel als Datenstrom aufs Gleis geschickt. Man kann also dem Gleis die Zubehörbefehle an jedem Ort entnehmen, zwei Anschlusskabel reichen. Wie genau die Leistungsversorgung von Zügen und Zubehör funktioniert, wird später noch Thema sein. Hier nur soviel: Für zwei, drei Züge und ein paar Weichen reicht die Leistung der Zentralen alleine meist aus, für größere Aufbauten sollte man zusätzliche Energiezuführungen vorsehen.

Besonders das im Vorkapitel angesprochene Teppichbahning profitiert von der direkten Anschlussmöglichkeit: Hat man sich für ein Gleissystem mit hohler Bettung (in H0 Märklin/Trix-C-Gleis, Piko-A-Gleis mit Bettung, RocoLine mit Bettung) entschieden, können in dieser Bettung sowohl ein Weichenantrieb als auch die zugehörige Decodierelektronik untergebracht werden. Die Versorgung erfolgt direkt aus dem Gleis. Eine solche Lösung ist kabelsparend, mobil und flexibel und – von außen nicht zu sehen!

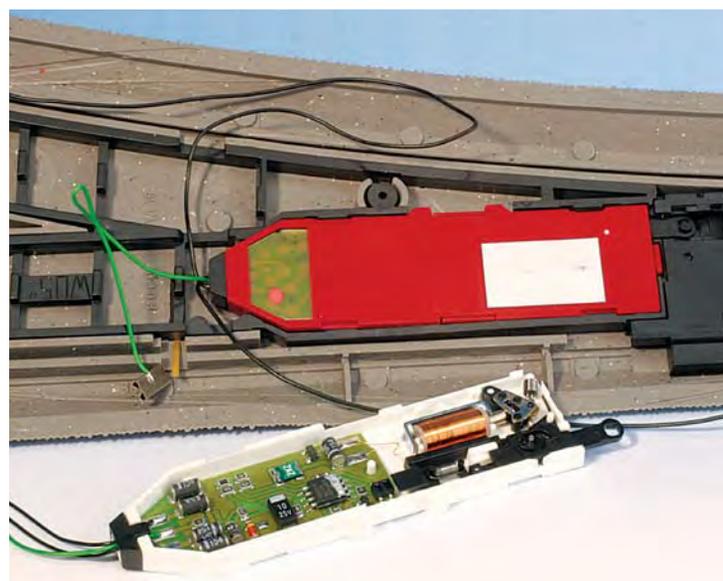
Bei festen Aufbauten sollte man jedoch nicht zu sehr auf das Einsparen von Kabeln setzen. Der Verkabelungsaufwand für eine digitale Modellbahn ist nicht geringer als für eine konventionelle. Nur tritt der Aufwand an anderen Stellen auf. Sind zum Beispiel mehr als nur eine Handvoll Weichen zu schalten, ist eine zusätzliche Stromversorgung für die Antriebe nötig, um den fahrenden Zügen keine Energie wegnehmen zu müssen. Bei sehr großen Aufbauten kommt auch das Datenübertragungsvolumen an seine Grenzen, sodass sich dort ein oder mehrere zusätzliche Kommunikationskanäle empfehlen.

DIE AUGEN DES SYSTEMS

Wenn Sie eine Lok steuern, haben Sie genau im Blick, was auf den Gleisen passiert. Ihre Augen bilden den „Informationsrückkanal“, der Ihnen ein „Feedback“ vom Geschehen gibt. Sie können Ihre Handlungen entsprechend dem, was Sie sehen, anpassen. Sie erkennen auch, ob die Wege der Loks passen, also, ob alle Weichen die richtige Lage haben. Wenn nötig, greifen Sie ein und stellen die Weichen nach Bedarf.



Märklin liefert Lichtsignale, die wie andere Signalnachbildungen auch im Gelände versenkt eingebaut werden können. Das Besondere ist, dass sie ebenfalls direkt an der Bettung des C-Gleises montiert werden können und so beim Teppichbahning einen festen Halt haben.



Bettungsgleise bieten eine gute Möglichkeit, Antriebselemente in ihrem Inneren zu verstecken. Hier abgebildet ist die Unterseite einer RocoLine-mit-Bettung-Weiche mit eingeklipptem Antrieb. Offen davor ein weiterer Antrieb, bei dem die für die digitale Ansprache nötige Elektronik erkennbar ist.



Wer ist für das Schließen der Schranken zuständig, wenn ein Zug kommt? Das kann eine Automatik übernehmen.

Sollen nun mehrere Loks auf den Gleisen fahren, wird die Angelegenheit sehr schnell sehr unübersichtlich. Die Menge an Informationen, die Sie gleichzeitig aufnehmen und verarbeiten müssten, ist zu groß. Entweder suchen Sie sich nun einen (oder mehrere) Mitspieler, der einen Teil der Aufgaben übernehmen kann, oder aber Sie ergänzen Ihre Augen technisch. In letzterem Fall ist das Ziel, dem Steuersystem alle nötigen Informationen zu geben, damit es bestimmte Abläufe eigenständig durchführen kann.

Ein ganz einfaches Beispiel: Ein Zug nähert sich einem Bahnübergang. Die dortigen Schranken sollen sich automatisch im richtigen Moment schließen und auch nach Durchfahrt des Zuges wieder öffnen. Das Steuerungssystem muss also eine Nachricht erhalten, wenn ein herannahender Zug einen bestimmten Punkt erreicht hat und eine weitere, wenn der Zug den BÜ passiert hat. Bei der ersten Nachricht werden die Schranken geschlossen, bei der zweiten wieder geöffnet. Sie als Bediener der Anlage werden von der Aufgabe entlastet, sich um den Bahnübergang zu kümmern.

Die Nachrichten vom Geschehen auf der Anlage – man nennt sie „Meldungen“ und die Geräte, die sie übermitteln „Melder“ – erlauben also eine Automatisierung des Betriebs. Von so einfachen Dingen wie den Schranken über die Kennzeichnung belegter Gleise im Stellpult oder teilautomatische Abläufe im Schattenbahnhof bis hin zum vorbildähnlichen vollautomatischen Betrieb ohne jeden Benutzereingriff reicht die große Palette dessen, was mit dem Melden alles möglich wird. Viele Schauanlagen, allen voran das MiWuLa in Hamburg, sind gute Beispiele dafür.

Digitale Triebfahrzeuge

Am Steuergerät stellt man ein, in welche Richtung und wie schnell ein Zug fahren soll. Bei den analogen Vorläufern unserer digitalen Modelle war es so, dass eine Modelllok, wenn das Fahrgerät die maximale Fahrspannung lieferte, mit ihrer baulich bedingten maximalen Geschwindigkeit fuhr. Im Digitalbetrieb ist

dies von der Bedienungsidee her nicht anders: 100% Ausschlag am Fahrregler bewirken 100% Modellgeschwindigkeit.

Wie schnell diese 100% auf Modellseite nun aber tatsächlich sind, ist eine Frage der Einstellungen des Modells. Eine Stärke der Digitalsysteme ist es, dass Reglerstellung und Fahrergebnis entkoppelt sein können. Völlige Loslösung möchte natürlich niemand, aber Einfluss auf die Übertragungsfunktion zu haben, ist äußerst nützlich.

Die Kommunikation zwischen einem Bediener und dem Zug als Empfänger wird von verschiedenen technischen Zwischenstufen vermittelt, die die übertragenen Informationen fast nach Belieben in verschiedenste Variationen übersetzen können. Dies funktioniert mithilfe von Tabellen, aus denen zu den Eingangswerten passende Ausgangswerte ausgelesen werden. Für Menschen sind solche Tabellen auf den ersten Blick Zahlenwüsten. Aber es gibt natürlich Werkzeuge, um sie visuell mittels eines X-Y-Diagramms grafisch am Bildschirm anpassen zu können.

Modellfahrzeuge fahren in der Regel zu schnell. Die überhöhte Geschwindigkeit hat technische und wirtschaftliche Gründe: Die Drehzahl der Elektromotoren in den Modellen ist bei maximaler Spannungszufuhr relativ hoch; will man die Drehzahl deutlich herabsetzen, benötigt man mehrstufige Getriebe. Diese kosten Platz und Geld und verursachen Geräusche.

Nicht vergessen sollte man allerdings auch, dass wir als Betrachter dazu neigen, Modelle, die mit maßstäblich korrekt umgerechneter Geschwindigkeit unterwegs sind, als zu langsam zu empfinden. Die zu hohe Geschwindigkeit ist also sogar zum Teil willkommen.

Die Digitaltechnik bietet Wege, einen Geschwindigkeitsüberschuss ohne Getriebeumbau in den Griff zu bekommen^[2]: Über die erwähnte Tabelle kann

² Voraussetzung für eine gute Geschwindigkeitseinstellung ist und bleibt aber auf jeden Fall eine sauber funktionierende Mechanik in einem Triebfahrzeug. Stuckert das Getriebe oder zwingen die Stangen, hilft die beste Digitaltechnik nicht, um gute Fahreigenschaften zu bekommen.



Auch beim Vorbild gibt es „Melder“. Die hier dargestellte Kabel-Reparaturszene zeigt auch einen Sicherungsposten, dessen einzige Aufgabe es ist, den Verkehr auf den Gleisen zu beobachten und die Bauarbeiter mit seiner Druckluft sirene vor herannahenden Zügen und anderer Gefahr zu warnen.



Der Lenz-Handregler LH100 war eines der am längsten ausgelieferten Steuergeräte bei der digitalen Modellbahn. Er ist auch heute noch häufig anzutreffen und beim Händler oder gebraucht erhältlich. Er kommt all den Modellbahnern entgegen, die eine reine Tastenbedienung bevorzugen. Funktionen werden mit den Zifferntasten aufgerufen.



Rocos Lokmaus war Teil von zehntausenden Startpackungen und machte die digitale Modellbahn für den normalen Anwender einfach bedienbar. Sie wird noch heute gerne gebraucht gehandelt.

man die maximale Geschwindigkeit eines Zuges anpassen. Nun gelingt es, eine Schnellzuglok weiterhin schnell fahren zu lassen, einer Rangierlok hingegen das Rasen abzugewöhnen. Die Fahrgeschwindigkeiten kann man individuell für jedes Modell festlegen, dazu in einem späteren Kapitel mehr.

FUNKTIONEN

Die schon erwähnten bis zu 32 schaltbaren Funktionen, die derzeit die maximale Menge auf Steuergerätseite darstellen^[3], sind, wenn man es recht bedenkt, schnell belegt. Mit manchen (älteren) Systemen lassen sich aus technischen Gründen nur deutlich weniger Funktionen ansprechen; 24, 16 und vier sind hier typische Mengen.

Betrachtet man die Loks und Züge des Vorbilds, stellt man schnell fest, dass nicht jede Modellnachbildung jede Art von Funktion „können“ muss. Für einen Güterzug benötigt man keine schaltbare Fahrgastraumbeleuchtung und für einen modernen Nahverkehrswendezug sind fernauslösbare Kupplungen Luxus. Auch rein technisch und wirtschaftlich haben Funktionen in den Modellen ihre Grenzen: Dinge wie Geräusche, Lichteffekte, bewegliche Anbauteile etc. benötigen sowohl Einbauraum als auch Material und Ingenieursleistung, womit sie den Preis eines Modells nach oben treiben. Aus Platz- und oder Kostengründen weisen viele Modelle daher nur eine Auswahl der machbaren Funktionen auf.

Dies und die zu Beginn geringe Anzahl an Schaltkanälen vom Steuergerät zum Modell auf den Schienen führte dazu, dass man auf eine feste Zuordnung von Funktionsindexnummern zu Funktionen verzichtete. Selbst das allgemein anzutreffende „Funktion 0 schaltet das Fahrlicht“^[4] ist nur eine Konvention. Tatsächlich wird mit vielen Modellen eine gedruckte Tabelle mitgeliefert, in der steht, welche Funktions-

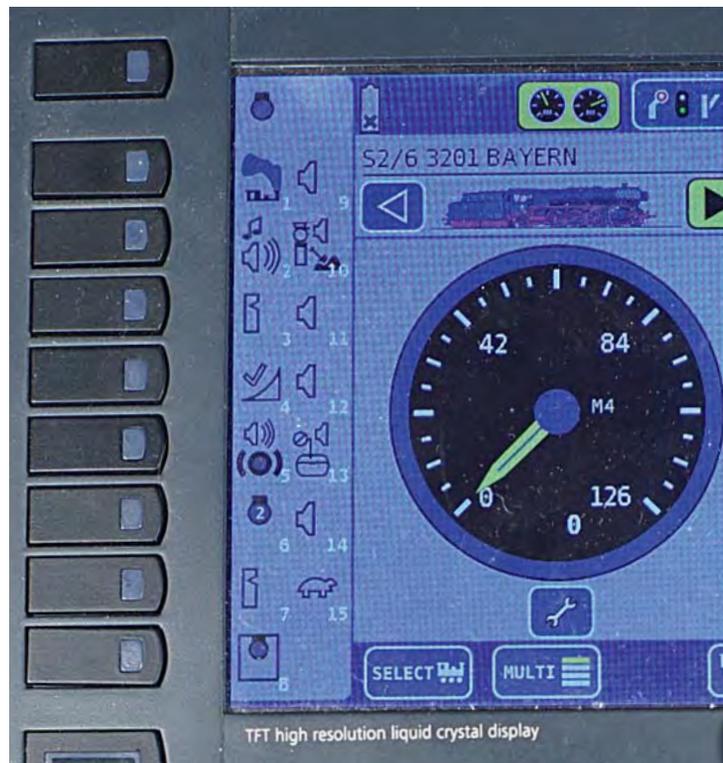
³ DCC als Protokoll definiert inzwischen 69 schaltbare Funktionen (z.B. in RCN-212).

⁴ Warum „Funktion 0“? Im Gegensatz zum allgemeinen menschlichen Vorgehen beginnt die Informatik üblicherweise aus technischen Gründen (Binärzahlen) bei „0“ statt bei „1“ zu zählen. Zu Beginn der Modellbahndigitalisierung definierten Elektroniker und Informatiker die Technik und ihre Bezeichnungen. Sie nummerierten die Funktionen, wie es ihnen von technischer Seite her vertraut war.

nummer welcher Funktion zugeordnet ist und wie sich die Funktion bei Betätigung der zugewiesenen Funktionstaste verhält. Später werden wir sehen, dass man diese Zuordnung eigenen Bedürfnissen anpassen und sich so eine Art „Hausnorm“ bei der Funktionsbelegung aufbauen kann. Eine solche Funktionszuordnung nennt man „Mapping“, was in etwa bedeutet, sich eine (Land-)karte anzulegen.

Im Zusammenhang mit den Funktionen ist interessant, dass auch das Fahrverhalten per „Funktionschalter“ beeinflusst werden kann. Konkret: Es gibt einen „Rangiergang“. Hier ist die Endgeschwindigkeit eines Modells ungefähr halbiert. Der Drehbereich des Reglers gilt also für einen kleineren Geschwindigkeitsumfang und pro Grad Drehung wird die Geschwindigkeit weniger gesteigert oder gesenkt. Fazit: Man kann bei geringen Geschwindigkeiten feiner regeln und so zum Beispiel eine Lok sanft an einen anzukuppelnden Wagen heranfahren. Ist, wie bei einem Nahgüterzug üblich, die Streckenlok auch fürs Rangieren zuständig, setzt sie sich (langsam) vor den fertig zusammengestellten Zug. Nun schaltet man den Rangiergang aus und die Lok kann ihren Zug auf die übliche Streckengeschwindigkeit beschleunigen.

Auch eine weitere Sache, die das Fahrverhalten beeinflusst, ist bei manchen Modellen per Funktion schaltbar: Man könnte es „vorbildgerechte Fahrtechnik“ oder „Massesimulation“ nennen. In den Bedienungsanleitungen findet man dafür meist die Begriffe „Anfahr- und Bremsverzögerung“. Es geht darum, dass Modellzüge bei Wegnahme der Energieversorgung meist innerhalb kurzer Distanz zum Stehen kommen (wegen selbsthemmender Getriebe und trotz der meist in den Loks eingebauten Schwungmassen). Auf der anderen Seite weisen sie beim Losfahren Sprinterqualitäten auf. Die Eisenbahnfahrzeuge des Vorbilds haben in Relation zum Modell eine große Masse, die zu beschleunigen ist. Hier ist das für Geschwindigkeitsänderungen begrenzende Moment für allem der Rad-Schiene-Kontakt. Auch wenn genügend Antriebsleistung oder Bremsvermögen zur Verfügung stehen, können diese wegen mangelnder Reibung nicht völlig aufs Gleis gebracht werden. Loks



Im Display einer Ecos-Zentrale werden die Symbole für die schaltbaren Funktionen eines Brawa-Modells der S2/6 gezeigt. Nr. 4 zeigt eine Geschwindigkeitskurve: Hiermit wird die Massesimulation („Anfahr- und Bremsverzögerung“) geschaltet. Bei Nr. 15 erkennt man eine Schildkröte. Damit schaltet man den Rangiergang ein- oder aus.



Einem ähnlichen Bedienkonzept wie die Lokmaus folgt der LH 01 von Lenz Elektronik. Er ist ein Beispiel für einen Handregler mit sehr wenigen Funktionstasten. Hier steht das Fahren im Mittelpunkt.



Eine elektronische Massensimulation sorgt für mehr Vorbildnähe bei der Fahrdynamik.

neigen dann zum Schleudern, das heißt zum Durchdrehen der Treibräder. Das Schleudern ist mit hohem Materialverschleiß verbunden, sodass man es möglichst zu vermeiden sucht. Im Endeffekt beschleunigt ein normaler Zug relativ langsam und je massereicher er ist, um so langsamer. Gleiches gilt für das Bremsen, wo man z.B. bei Güterzügen mit vielen hundert Metern oder gar Kilometern Anhalteweg rechnen muss.

BESCHLEUNIGEN UND BREMSEN

Modellbahn-Digitalsysteme sind in der Lage, die kleinen Züge so zu steuern, als würde eine dem Vorbild vergleichbare Masse wirken. Sowohl die Beschleunigung als auch die Verzögerung werden zeitlich gestreckt, sodass ein Zug weder losrast noch abrupt stehenbleibt. Tatsächlich leistet das Digitalsystem noch mehr: Die Geschwindigkeit wird zu jedem Zeitpunkt kontrolliert und geregelt. So ist es möglich, eine vorher definierte Beschleunigungs- und Bremskurve umzusetzen. Eine solche Kurve hat beim

Vorbild eine typische S-Form: langsam steigend, in der Mitte steiler und dann wieder langsam die Endgeschwindigkeit erreichend.

Wie schon bei der Fahrgeschwindigkeit neigt man als Betrachter dazu, ein vorbildgerechtes Zeitverhalten beim Modell als zu langwierig zu empfinden. In diesem Fall liegt dies auch an den im Modell notwendigerweise verkürzten Abständen zwischen wichtigen Wegpunkten (z.B. Distanz Haupt- und Vorsignal oder auch Bahnhof–Bahnhof). Die Beschleunigungs- und Bremskurven sind im Modell also verkürzt gegenüber dem Vorbild, sodass man ihren Effekt zwar deutlich merkt, das Erreichen der Höchstgeschwindigkeit eines Fahrzeugs aber auch problemlos erwarten kann.

Es ist die Kunst der Digital- und Fahrzeughersteller, hier einen überzeugenden Kompromiss für die automatische Dauer des Beschleunigens und Bremsens zu finden. Wer dieses Verhalten gar nicht mag, schaltet die Automatik per Funktionstaste oder fester Einstellung ab, wer andere Vorstellungen vom Verhalten

hat, passt die Fahrdynamik mit eigenen Werten an. Wie dies geht, wird in einem späteren Kapitel erklärt.

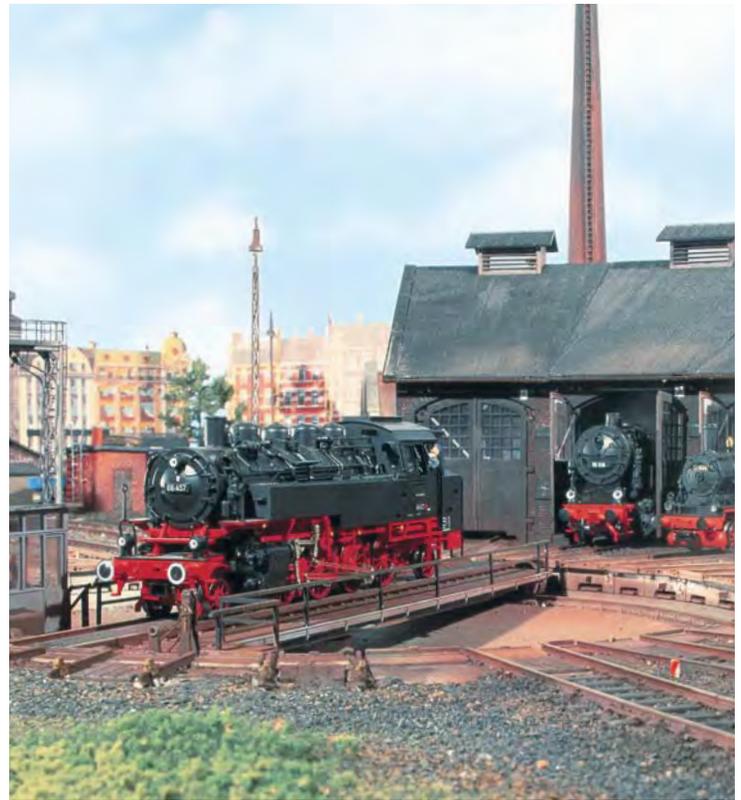
WAS IST DAS – „LASTREGELUNG“?

Meist nicht zu den schaltbaren Funktionen, aber zum Thema Fahrdynamik gehört eine weitere Fähigkeit der Digitalsysteme: die „Lastregelung“. Ihre Wirkung ist am ehesten mit der eines Tempomats in einem Auto vergleichbar: Das Fahrzeug soll sowohl in der Ebene als auch bergauf wie bergab mit der gleichen Geschwindigkeit unterwegs sein. Die Idee dahinter ist, abrupte Geschwindigkeitsänderungen zu vermeiden, die den kleinen Zügen aufgrund der in Relation zum Vorbild überhöhten Steigungen und Gefälle möglich wären. Natürlich werden Vorbildzüge an Steigungen langsamer und die Berichte von Dampflok, die sich mit ihrem Zug fast in Schrittgeschwindigkeit eine Rampe hochkämpfen, sind legendär. Auf der Modellbahn mag man so etwas jedoch nur dann sehen, wenn man Rampenfahrten bewusst als Modellthema gewählt hat.

Heutzutage funktioniert die Lastregelung in den Modellzügen über alle Hersteller hinweg in den meisten Fällen sehr ausgewogen und unauffällig. Wer sie nicht mag oder mit dem Effekt experimentieren möchte, kann sie auch ausschalten bzw. ihre Regelparameter verändern.

Die Rampenfahrten des Vorbilds geben das Stichwort: Um schwere Züge einen Anstieg hinaufzubringen, gab und gibt man ihnen dort gerne zusätzliche Antriebsleistung mit. Dies geschieht entweder in Form einer zusätzlich vorgespannten Lokomotive oder einer Lok am Zugende, die kräftig nachschiebt. Oder aber man plant von vorneherein zusätzliche Traktion mit ein und kann diese dann, wie in Amerika gerne praktiziert, als „Booster“ über den ganzen Zug verteilen. Vielfach sind Vorspannlok, Schiebelok oder Booster von einer anderen Baureihe als die eigentliche Lok am Zug. Ihr Fahrprofil ist daher in der Regel ein ganz anderes als das der Streckenloks. Dies trifft auch auf die jeweiligen Modellnachbildungen zu.

Stellte man eine vorbildgerechte Triebfahrzeugkombination auf analoge Modellgleise, würden die



Auch im Bw sorgt die Elektronik für angenehme Fahreigenschaften der Lokomotiven. Sanftes Ausrollen statt abruptem Stehenbleiben gehört zum Grundrepertoire der digitalen Modellbahn.



Gerade in Amerika werden mehrere Lokomotiven zu „Consists“ zusammengeschlossen, um die nötige Traktionsleistung aufzubringen. Im Modell lässt sich das gut darstellen.



Die Class-66- und Class-77-Modelle von Esu weisen vielfältige Lichtfunktionen auf.



Manche ältere Modelle sind nicht mit Glühlämpchen beleuchtet, sondern mit gelb leuchtenden LEDs. Dies erschien zum Zeitpunkt der Modellproduktion ein vertretbarer Kompromiss, da weiß leuchtende LEDs noch nicht in der gewünschten Art verfügbar waren. Es gab die weißen Typen zwar schon, aber ihr Licht hatte einen sehr hohen Blauanteil, sie leuchteten also „kalt“. Trotz dieses Nachteils waren sie sehr teuer. Heutige weiß leuchtende LEDs können nach Lichttemperatur gekauft werden. Die Staffelung lautet meist: kaltweiß, reinweiß, sonnig weiß, warmweiß. Letzteres wird nach einer Bezeichnung vom LED-Hersteller Yoldal auch gerne als „golden white“ bezeichnet.

Für Modelle älterer Vorbilder passt „golden white“ sehr gut für die Frontbeleuchtung. Alle anderen Modelle sollten „sonnig“ werden. Modelle mit unpassendem Licht kann man umbauen (lassen).

verschiedenen – mit gleicher Spannung versorgten – Modelle mit hoher Wahrscheinlichkeit asynchron arbeiten. Eine Lok führe deutlich langsamer, andere schneller, und im Effekt käme ein wenig vorbildliches Verhalten dabei heraus. Digitale Steuerungen können dieses unterschiedliche Verhalten ausgleichen und dafür sorgen, dass die Antriebskraft im Zug gemeinsam steuerbar ist. Die Bildung einer „Doppeltraktion“ oder eines „Consist“, wie die Amerikaner die Kopplung verschiedener Antriebsmaschinen in einem Zug nennen, erfordert etwas mehr Einstellungen als nur das Ein- oder Ausschalten einer Funktion. Welche Möglichkeiten es im Detail gibt und wie sie genutzt werden, erklären wir in einem späteren Kapitel.

FAHRZEUGBELEUCHTUNGEN

Das normale Fahrlicht, das üblicherweise über die Funktionstaste mit der Beschriftung „0“ ein- und ausgeschaltet wird, hatten wir schon angesprochen. Auch analoge Loks verfügten typischerweise über ein Fahrlicht, und es gehört zu den grundlegendsten Fähigkeiten aller Digitalsysteme, dieses Licht schaltbar zu machen. An seinem Verhalten ändert sich dadurch nichts: Je nach Fahrtrichtung vorne weiß und hinten rot. Leider entspricht dieses rein fahrtrichtungsabhängige Lampenbild nicht dem Vorbild.

Hat dort eine Lok einen Zug angekuppelt, bleiben die dem Zug zugewandten Lampen in der Regel aus. Im Rangierbetrieb wiederum ist nachts vorne und hinten je eine Lampe auf Pufferhöhe einzuschalten oder aber, wenn auch technisch ungesicherte Bahnübergänge befahren werden, ist das Dreilicht-Spitzensignal zu zeigen. Details zu den Lampenbildern, die ein Triebfahrzeug zeigen können muss, finden sich im Signalbuch der DB unter den Stichworten „Zg“ und „Fz“. Dieses Dokument, das auch in sonstiger Hinsicht beim vorbildgerechten Betrieb sehr nützlich ist, ist in der jeweils aktuellen Fassung als PDF auch online zu finden. Unter dem Stichwort „Signalbuch DB“ liefern die Suchmaschinen entsprechende Links.

Die angesprochenen Nachtzeichen von Zügen und Rangierfahrten gelten für Deutschland. Welche Lampen in anderen Ländern unter welchen Umständen

ein- oder auszuschalten sind, kann von den Regeln der deutschen Staatsbahn weit abweichen. Bei der Modellbahn immer wieder diskutiert sind die Lichter nach Schweizer Vorbild. Hier variiert z.B. je nach Situation auch das Zugschlusslicht. Unter dem Stichwort „Signalreglement Schweiz“ findet man wiederum im Internet detaillierte Informationen zum sog. Schweizer Lichtwechsel.

Will man, dass die eigenen kleinen Loks und Züge vorbildgerechte Lichter zeigen, müssen die Modelle innerlich passend vorbereitet sein. Kann man rote und weiße Lampen getrennt ein- und ausschalten (für den Lokbetrieb an einem Zug), ist schon viel gewonnen. Für die Bedienlogik des Lichts gibt es verschiedene Ansätze:

- pro Lampensatz und Seite je ein Schalter, also vorne Weiß an/aus, vorne Rot an/aus etc.; insg. vier Schalter, Licht nicht fahrtrichtungsabhängig
- pro Seite ein Schalter Licht an oder aus, jeweils ein weiterer Schalter zur Wahl Weiß oder Rot; insg. vier Schalter, Licht nicht fahrtrichtungsabhängig
- Schalter fahrtrichtungsabhängiges Licht an oder aus; Schalter zum Abschalten des Lichts zum Zug (also jeweils hinten); Schalter Schiebetrieb an/aus (dreht die Lichtrichtung); insg. drei Schalter
- Schalter fahrtrichtungsabhängiges Licht an oder aus; pro Seite ein weiterer Schalter zum Dunkel-schalten; insg. drei Schalter
- etc.

Ein sog. Doppel-A-Rangiersignal ist nur mit den ersten beiden Varianten schaltbar, bei den anderen braucht man dazu jeweils einen Schalter mehr zum gezielten ein- und ausschalten von Fz1^[5]. Grundsätzlich gilt: Je mehr Signalbilder man zeigen will, desto mehr Schaltkanäle benötigt man. Die Menge ist ungefähr gleich, egal, ob man es funktional angeht (also Auswahl des gewünschten Signalbilds) oder technisch (also Schalten der einzelnen Lampen). Voraussetzung ist in jedem Fall, dass das Modellfahrzeug mit der passenden Anzahl und Anordnung von Lampen ausgestattet ist. Das ist bei älteren Modellen nur selten der Fall, lässt sich aber gut nachrüsten.

⁵ Signal Fz 1 – Rangierlokomotivsignal: vorn und hinten ein weißes Licht, in der Regel in Höhe der Puffer.



Polnische Lokomotiven haben meist sehr große Lampen. Bei der Modellnachbildung ist die Gestaltung eines passenden Lampeninneren eine Herausforderung.



Zu DDR-Zeiten wurden viele ASF als 6 km/h „schnelles“ Rangiergerät an Reichsbahn und Industriebahnen geliefert. Auch das Hornby-H0-Modell weist nur je Seite ein Rangierkennlicht auf.



Dieses H0-Modell einer V 15 von Piko hat neben einer Führerstandsbeleuchtung auch eine Triebwerkslampe erhalten – beides digital getrennt schaltbar.



Der beleuchtete Führerstand des Class-77-Modells von Esu

Inzwischen haben wir neben F0 zwei oder drei weitere Schaltkanäle mit Lichtfunktionen belegt. Doch damit ist das Thema Licht noch nicht erledigt: Moderne Lokomotiven weisen neben dem normalen Kennlicht nach Signalbuch auch echte Fernscheinwerfer auf. Der Unterschied im Lichteffekt ist ähnlich, wenn nicht gar stärker als beim Kfz-Fernlicht im Straßenverkehr. Die Nachbildung im Modell ist reizvoll, belegt aber mindestens einen weiteren Schaltkanal zum An- und Ausschalten der Funktion. Noch sind entsprechend ausgestattete Modelle selten, aber dies wird sich ändern.

Beliebt und in jüngeren Modellen fast immer anzutreffen sind schaltbare Führerstandslichter. Ideal ist, wenn sie sich unabhängig von allen anderen Beleuchtungsfunktionen und bei Loks mit zwei Führerständen auch getrennt voneinander schalten lassen. Seltener sind Maschinenraum- und/oder Triebwerksbeleuchtungen im Modell anzutreffen. Sind sie vorhanden, belegen auch sie mindestens einen eigenen Schaltkanal.

Noch wichtiger als der Einbau von Führerstands-, Maschinenraum- und Triebwerksbeleuchtung ist es, die Lampen im Fahrgastraum eines Triebwagens oder Personenzugs schaltbar zu machen. Bei der großen Eisenbahn werden die Deckenleuchten in solchen Zügen dann eingeschaltet, wenn es draußen beginnt dunkel zu werden. Im Modell ist es sinnvoll, wenn innerhalb eines Zuges alle Lampen in den Fahrgasträumen mit nur einer einzigen Funktionstaste geschaltet werden können. Bei Triebwagen ist dies über den Fahrdecoder zu realisieren. Wie man dies in einem Zug mit abkuppelbaren Einzelwagen erreicht, wird Thema eines späteren Kapitels sein.

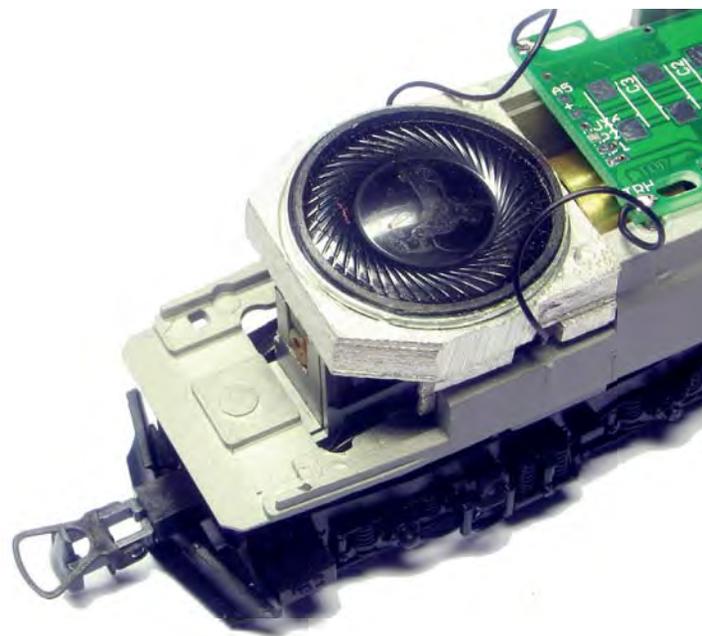
Ein ganz spezieller Effekt ist es, wenn im Führerstand einer Dampflokomotive immer wieder flackernder Feuerschein in dem Rhythmus aufleuchtet, in dem angenommenerweise die Feuerklappe geöffnet wird, damit der Heizer eine neue Schaufel Kohlen in die Esse bugsieren kann. Besonders bei Modellen größerer Maßstäbe wird diese Funktion gerne realisiert. Ist sie eingeschaltet, ertönen meist auch die passenden Geräusche zum Öffnen und Schließen der Essentür und zum Kohleschaufeln des Heizers.

VORBILDGERECHTE GERÄUSCHE

Damit ist das Stichwort „Geräusche“ gefallen, ein Bereich für Funktionen, der scheinbar endlos erscheint. Viele neue Modelle bringen die Fähigkeit mit, eine zur aktuellen Betriebssituation passende Geräuschkulisse aufzubauen. Als Grundlage dient das Antriebsgeräusch, das nach Möglichkeit direkt vom Vorbild abgenommen wurde. Je nach Vorbild verändert sich das Geräusch bei veränderten Geschwindigkeiten. Der Auspuffschlag einer Dampflokomotive steigert sich über ein schnelles Staccato bis zu dem nicht mehr auflösbaren Klangteppich bei höheren Geschwindigkeiten. Der Motor eines Akkutriebswagens kommt in ein immer höher klingendes „Singen“, je schneller das Fahrzeug wird. Das Brummen eines Dieselmotors wird zum Brüllen, je mehr Leistung vom Antrieb gefordert wird. Am „Sound“ in der Modellbahn scheiden sich die Geister: Die einen mögen die akustische Kulisse, die anderen empfinden sie schnell als unnatürlich laut und störend. Hier kann jeder für sich selbst entscheiden, ob und wie er die Geräusche hören will, denn „Sound“ ist – natürlich – schaltbar.

Dabei geht es nicht nur um das Aufspannen der erwähnten akustischen Kulisse, sondern auch um das Abspielen einzelner Töne. Sei es, dass die Nebenbahnlok ihre Glocke bei der Annäherung an einen Bahnübergang erklingen lässt, sei es, dass der typische Achtungspfiff vor der Einfahrt des Zuges in einen Tunnel ertönt oder die Geräusche des Kupplens und Entkupplens von Waggons zu hören sind: Jeweils wird ein Schaltkanal zum Abrufen des gewünschten Geräuschs benötigt. Die Phantasie der Modellhersteller kennt hier kaum Grenzen, sodass die Menge der verschiedenen schaltbaren Geräusche die aller anderen Funktionen weit übertreffen kann.

Bisher haben wir Funktionen erwähnt, die sich auf das Fahrverhalten auswirken, solche, die sich mit dem Licht befassen und schließlich das weite Feld der Geräusche berührt. Es bleiben noch die mechanischen Funktionen: Auf Tastendruck bewegt oder verändert sich etwas am Modell. Auch hier sind der Phantasie kaum Grenzen gesetzt, es gibt kaum et-



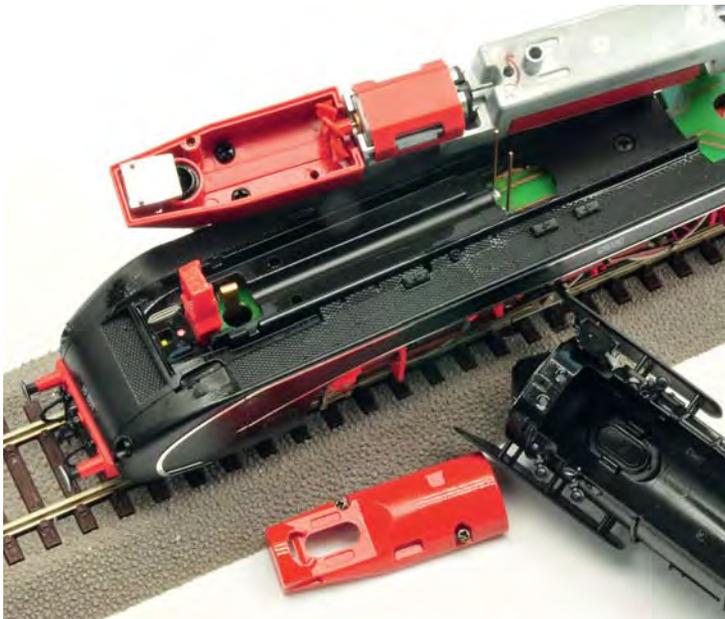
Kleinlautsprecher für vielfältige Anwendungen gibt es schon lange. Bei der H0-Modellbahn können Typen bis 28 mm Durchmesser zum Einsatz.



In manchen Modellen sind Handy-Lautsprecher eingebaut. Trotz ihrer Kleinheit können sie satt und voll klingen, wenn sie mit einem Resonanzkörper eingebaut werden.



Das Modell der Class 66 von Esu kann motorsynchrone weiße „Rauchschwaden“ ausstoßen.



Für die dynamische Dampferzeugung sind aufwendige Konstruktionen nötig. Hier sind die Dampfsammelkammer, das Gebläse und der Flüssigkeitstank für das Dampföl in einem Roco-Modell zu erkennen.

was, was es nicht gibt. Zu den grundlegenden Dingen gehört, dass eine Dampflok Dampf ausstoßen kann – möglichst dynamisch und passend zur angenommenen Kolbenbewegung in den Zylindern.

Dieselloks stoßen zwar keine Dampfwolken aus, dafür aber Abgase aus Rauch und Ruß. Dies lässt sich ebenfalls dynamisch simulieren und es gibt eine ganze Reihe Modelle, die ab Werk über entsprechende Einrichtungen verfügen. Ein Pendant dazu auf Ellokseite sind ferngesteuert heb- und senkbare Stromabnehmer. Doch damit nicht genug: Es gab Modellzüge mit öffnenden Türen, Nachbildungen von Gleisbaumaschinen, die das Stopfen von Schwellen simulieren, Turmtriebwagen für die Oberleitungswartung mit ausfahr- und drehbaren Arbeitsplattformen, Teleskophaubenwagen mit verschiebbaren Hauben u.s.w. u.s.w. Jede dieser Funktionen basiert auf einem kleinen mechanischen Wunderwerk, das natürlich seinen Preis hat – und auch jeweils einen oder mehrere Schaltkanäle erfordert!

AN- UND ABKUPPELN

Last but not least: Eine sehr wichtige Form der fernsteuerbaren mechanischen Funktionen stellen die Entkupppler dar. Es geht darum, die Verbindung zwischen Lok und angehängten Wagen auf Tastendruck lösen zu können, wobei man umgekehrt darauf vertraut, dass das Herstellen der Verbindung durch einfaches Zusammenschieben der Fahrzeuge möglich ist, also keinen eigenen Schaltkanal erfordert.

Das Lösen der Verbindung ist ein komplexerer Prozess, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Die normalen Kupplungssysteme bei der Modellbahn sind so gestaltet, dass ein Haken in einen Bügel greift. Da dies von beiden Seiten gleichzeitig geschieht, kann sich eine solche Verbindung im normalen Betrieb kaum von selbst lösen. Zum Lösen der Kupplung muss zeitgleich auf beiden Seiten ausgehakt werden. Ob dabei nun die beiden Haken oder die beiden Bügel die beweglichen Teile sind, spielt keine Rolle.

Zieht eine Lok mit einem solchen Kupplungssystem ihren Zug, stehen die Kupplungen unter mechanischer Spannung. Bügel und Haken reiben nun u.U. so stark aneinander, dass sie sich nur „mit Gewalt“

gegeneinander bewegen ließen. Hier hilft, den Zug „kurz“ zu machen. Das Triebfahrzeug drückt etwas gegen den Zug auf, die Kupplungen werden entspannt, Bügel oder Haken können nun kontrolliert bewegt werden. Ist die Kupplung dann ausgehakt, muss das Triebfahrzeug noch etwas vom Zug abrücken, damit nicht wieder ungewollt eingekuppelt wird.

Im Digitalbetrieb lassen sich diese Schritte gut automatisieren, sodass auf Tastendruck zum Entkuppeln folgendes passiert:

- 1. Zug anhalten bzw. nur mit dem Entkuppeln weitermachen, wenn er steht
- 2. entgegen der bisherigen Fahrtrichtung etwas gegen den Zug aufdrücken
- 3. Kupplungsmechanik des Triebfahrzeugs zum Entkuppeln öffnen
- 4. ein kleines Stück – einige Millimeter bis wenige Zentimeter – vom Zug abrücken
- 5. Kupplungsmechanik des Triebfahrzeugs wieder schließen.

Fertig! Für den ganzen Ablauf hat sich der schöne Name „Kupplungswalzer“ etabliert. Nicht nur, dass der gesamte Entkuppelungsvorgang hier zu einem Tastendruck zusammengefasst ist, was die Bedienung der Modellbahn erleichtert, nein, der Ablauf schützt auch den Kupplungsantrieb vor Überlastung. Es ist sichergestellt, dass der Antrieb nur für eine kurze Zeit eingeschaltet ist. Man kann ihn nicht zu lange betätigen oder gar vergessen (was ziemlich sicher zum Durchbrennen der Antriebsspulen führen würde).

WAS GIBT ES NOCH?

Die meisten aufgezählten digitalen Fähigkeiten beziehen sich auf ein Triebfahrzeug. Aber auch der Rest vom Zug kann digitalisiert sein. Denkt man zum Beispiel an einen Wendezug, soll der Steuerwagen die gleichen Möglichkeiten zum Schalten des Lichts haben wie die Lok am anderen Zugende. Die Beleuchtung von Reisezugwagen, die man für den Tag-Nacht-Betrieb schaltbar haben möchte, wurde bereits erwähnt. Mit etwas mehr Aufwand ist das auch differenziert möglich, z.B. wenn in einem Schlafwagen Abteillichter getrennt schaltbar sein sollen.



Dieses Modell einer BR 212 mit fernbedienbarer Kupplung steht auf einem Rollenprüfstand.



Beim Vorbild war die BR 160 eine Rangierlok. Das Fleischmann-Modell mit fernbedienbaren Kupplungen kann vorbildgerecht eingesetzt werden.



Auch einen Speisewagen kann man so herrichten, dass die Tischlampen getrennt schaltbar sind.





KAPITEL 3

DIGITALE INFRASTRUKTUR

Was wofür verwenden?



Ein Fremo-Aufbau in einer Sporthalle in Cloppenburg hunderten Meter Gleis. Wer lange Strecken für seine Modellzüge sucht, sich gerne austauscht und reisefreudig ist, ist beim Fremo genau richtig.



Die Aufnahme vom Bahnhof Brebeck zeigt, welch detaillierter Modellbau auf Modulen möglich ist. Die gerade aufgegangene Sommersonne taucht das Bw Brebeck und Teile der Stadt in gleißendes Licht.

Je nach Typ und Wesensart bevorzugt man unterschiedliche Wege, sein Hobby zu betreiben. Sicherlich ist es möglich, hier in großen Zügen eine Kategorisierung vorzunehmen, auch wenn sich niemand gerne in eine Schublade stecken lässt. Es ist sinnvoll, sich selbst zu prüfen, in welche Richtung man neigt, denn je nach Antwort sind auch die Anforderungen an eine digitale Ausstattung unterschiedlich.

Wer sich hier keine Gedanken machen muss, ist der Sammler, der seine Fahrzeuge nach dem Neuerwerb auf einer Teststrecke Probefahren lässt, bevor er sie in die Vitrine stellt. Für ihn ist einzig wichtig, dass ein passendes Fahrgerät vorhanden ist. Alle anderen Modellbahnerinnen und Modellbahner legen ihren Hobbyschwerpunkt auf das Fahren, das Rangieren oder das Basteln. Natürlich gibt es hier beliebige Mischformen und auch die persönlichen Interessen verschieben sich im Laufe der Zeit.

Eine Rolle bei der Auswahl des „richtigen“ Digitalequipments spielt natürlich auch der Aufbau der Modellbahn: Zeitweilig zusammengesteckte Gleise beim „Teppichbahning“ stellen andere Anforderungen als eine unverrückbare fest montierte größere Anlage. Irgendwo dazwischen liegt eine aus Segmenten aufgebaute bewegliche Anlage, wobei hier ein Aufbau für Ausstellungen oder den gemeinsamen Betrieb mit anderen eine besondere Herausforderung darstellt.

Schließt man sich z.B. dem Fremo¹⁾ an, ist man in digitaler Hinsicht die Auswahlorgen los. Hier haben Modellbahner in vielen Jahrzehnten kollaborative Verfahren entwickelt, die nahezu jeder Aufbauherausforderung gewachsen sind. Bei der Digitalelektronik liegen die Schwerpunkte auf Robustheit, Skalierbarkeit und Einfachheit in der Anwendung. Auch wird der Selbstmachgedanke hochgehalten. Das

¹⁾ Der FREMO ist der „Freundeskreis europäischer Modellbahner“, eine herstellerunabhängige Vereinigung von Modellbahnern, die für ihre Mitglieder regelmäßige Treffen an wechselnden Orten veranstaltet. Bei diesen Treffen werden die von den Modellbahnern mitgebrachten Module zu sehr großen Aufbauten zusammengestellt. Es entstehen lange Fahrstrecken und ein intensiver vorbildähnlicher Betrieb kann durchgeführt werden. Weitere Infos: www.fremo-net.eu

Resultat ist eine kleine Auswahl erprobter Geräte, die in unterschiedlichsten Zusammenstellungen miteinander funktionieren und von allen Beteiligten bedient werden können.

Hier wird deutlich, dass es ein verbindendes Element geben muss, das das Zusammenfunktionieren der verschiedenen Komponenten ermöglicht. Wieder geht es um Kommunikation – diesmal um die Abstimmung zwischen verschiedenen Bedienelementen untereinander und mit den gesteuerten Geräten. Bei der elektronischen Datenverarbeitung werden vergleichbare Aufgaben per Netzwerk gelöst – vom weltweiten Internet bis herab zum LAN^[2] vor Ort. Auch der Fremo hat sich für eine Netzwerktechnologie entschieden, eine, die seine modellbahnspezifischen Anforderungen erfüllt: das LocoNet.

EIN BUS FÜR DIE HEIMANLAGE

Für den Betrieb einer Modellbahnanlage zuhause ist diese Technik natürlich auch einsetzbar. Je nach Anforderungen kann man aber auch mit sehr viel schlichteren Ansätzen auskommen, bei denen der kollaborative Aspekt und die Interkomponentenkommunikation deutlich in den Hintergrund treten oder völlig entfallen. Hier geht es dann „nur“ noch um den Transport von Informationen von dem Ort, wo sie entstehen, zu einer gemeinsamen Sammelstelle.

In der Elektronik nennt man so etwas üblicherweise „Bus“ und auch bei der Modellbahn hat sich der Sammelbegriff „Bussysteme“ für die Technologien etabliert, die die Komponenten verbinden. Uns als Anwender begegnen die Bussysteme meist ganz schlicht in Form von Kabeln, teilweise mit spezifischen Steckern. Die „Sammelstelle“ ist meist identisch mit dem Gerät, das auch für die Versorgung der Gleise zuständig ist, der Zentrale.

Als Anwender muss man wissen, dass man sich mit der Entscheidung für die Geräte eines Herstellers auch auf die von ihm unterstützte Auswahl an Bussystemen festlegt. Das ist kein Nachteil, denn die Systeme der einzelnen Hersteller sind funktional voll-

² LAN = Local Area Network; der Begriff „LAN“ sagt nichts über die verwendete Netzwerktechnologie aus, auch wenn er häufig als Synonym für „Ethernet“ als Übertragungstechnik verwendet wird.



Das LocoNet wurde von Digitrax, einem US-amerikanischen Hersteller von Modellbahnelektronik entwickelt.



In Europa hat Uhlenbrock das LocoNet populär gemacht. Ein recht junges Gerät für das Bussystem ist der Handregler Daisy II mit seinem Gleissignalerzeuger. Auch die DR5000 vom niederländischen Hersteller Digikeijs ist eine bekannte Zentrale für das LocoNet.



Beim LocoNet kommen normale RJ12-Kabel zum Einsatz, wie man sie noch von schnurgebundenen Telefonen her kennt .



Auch die Roco-Z21 hat einen LocoNet-Anschluss. Diese Abbildung der Rückseite des Geräts offenbart auch den Hintergrund untenstehender Warnung: drei gleiche Buchsen nebeneinander.

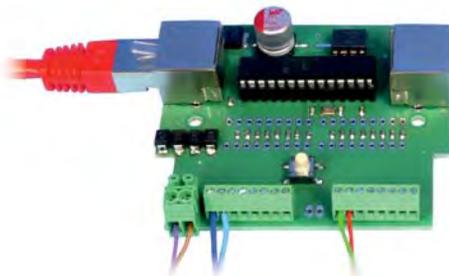
Achtung!

Das LocoNet und z.B. Rocos X-Bus verwenden die gleichen Stecker und vorkonfektionierten Kabel. Auf keinen Fall verwechseln! Ein LocoNet-Handregler wie z.B. die Daisy II hat am XPressNet/X-Bus nichts zu suchen und umgekehrt auch keine Multimaus etwas am LocoNet.

Die RedBox von Tams bietet ebenfalls einen RJ12-XpressNet-Anschluss. Das hauseigene EasyNet weist hingegen RJ45-Buchsen für Patchkabel auf, wie sie auch im Ethernet verwendet werden.



Auch hier ACHTUNG! der M-CAN-Bus von CdB (im Bild ein SignalChef) sowie Zimos Z-CAN, der BiDi-Bus und auch S88N verwenden die gleiche Verkabelung wie das EasyNet von Tams!



ständig und können die gleichen Aufgaben übernehmen. Sie sind alle darauf ausgelegt, mit ihnen eine normale Heimanlage zu betreiben und in den meisten Fällen sind sie skalierbar für größere Aufgaben.

Die für den Anwender wesentlichen Unterschiede der Bussysteme liegen in den Informationen, die sie übermitteln sowie in der Transportrichtung. Das LocoNet z.B. ist ein echtes Netzwerk, bei dem allen Teilnehmern alle Informationen zur Verfügung stehen. „Alle“ meint hier wirklich alle im System Modellbahn verfügbaren Informationen, also Fahr- genauso wie Schaltbefehle, Gleisbelegmeldungen genauso wie Zustandsinformationen über Funktionen. Ganz ähnliche Universalbusse sind EcosLink, M-Can und Z-Can sowie der DiMax, der BiDi- und der Sx-Bus, wobei je nach Hersteller die Einsatzschwerpunkte unterschiedlich liegen.

Das XPressNet bzw. der X-Bus bindet verschiedene Steuergeräte an eine Zentrale an. Dieses System ist ebenso wie das Tams-EasyNet ein reiner Steuerbus. Zum Einsammeln der Nachrichten von stationären Meldern verwenden so ausgestattete Zentralen einen eigenen spezifischen Meldebus. Dies kann auch das traditionsschwere S88-System^[3] sein, das zur Übermittlung von Meldungen von vielen Herstellern unterstützt wird.

Zu den Bussen ist natürlich auch jegliche Verbindung zu einem PC, zu einem Smartphone oder Tablet zu zählen. Hier werden zum einen Bedieninformationen übertragen, seien es die von einer Anlagensteuerungssoftware generierten oder die von einem Modellbahner bei der Steuerung seiner Züge mit einer Smartphone-App erzeugten. Hier werden zum anderen Informationen für den Bediener transportiert. Zum Einsatz kommen Verbindungstechniken aus dem Computerumfeld wie USB oder LAN und WLAN.

³ S88 ist technisch gesehen kein Bus, sondern eine „Eimerkette“ mit einer sehr langen Leitung vor dem letzten Teilnehmer. Die Informationen der einzelnen Melder werden von einem zum nächsten Teilnehmer weitergegeben, bis sie alle das Ziel erreicht haben. Märklin entwickelte die Technik bereits in den 1980er-Jahren für seine frühen Digitalprodukte.

ZENTRALEN

Als „Zentrale“ wird häufig das Gerät bezeichnet, das für die Codierung der an die Züge und das Zubehör zu sendenden Steuerinformationen zuständig ist, das weiterhin diesen Datenstrom und die Betriebsenergie für die Fahrzeuge mischt und auf die Gleise gibt und das die Meldungen von der Anlage entgegennimmt. Eine Reihe von Zentralen benötigen keine zusätzlichen Schnittstellengeräte zwischen Mensch und Modellbahn, sondern bieten selbst Schalter und Regler, mit denen sich alle Steuerungsaufgaben einer Modellbahn erledigen lassen.

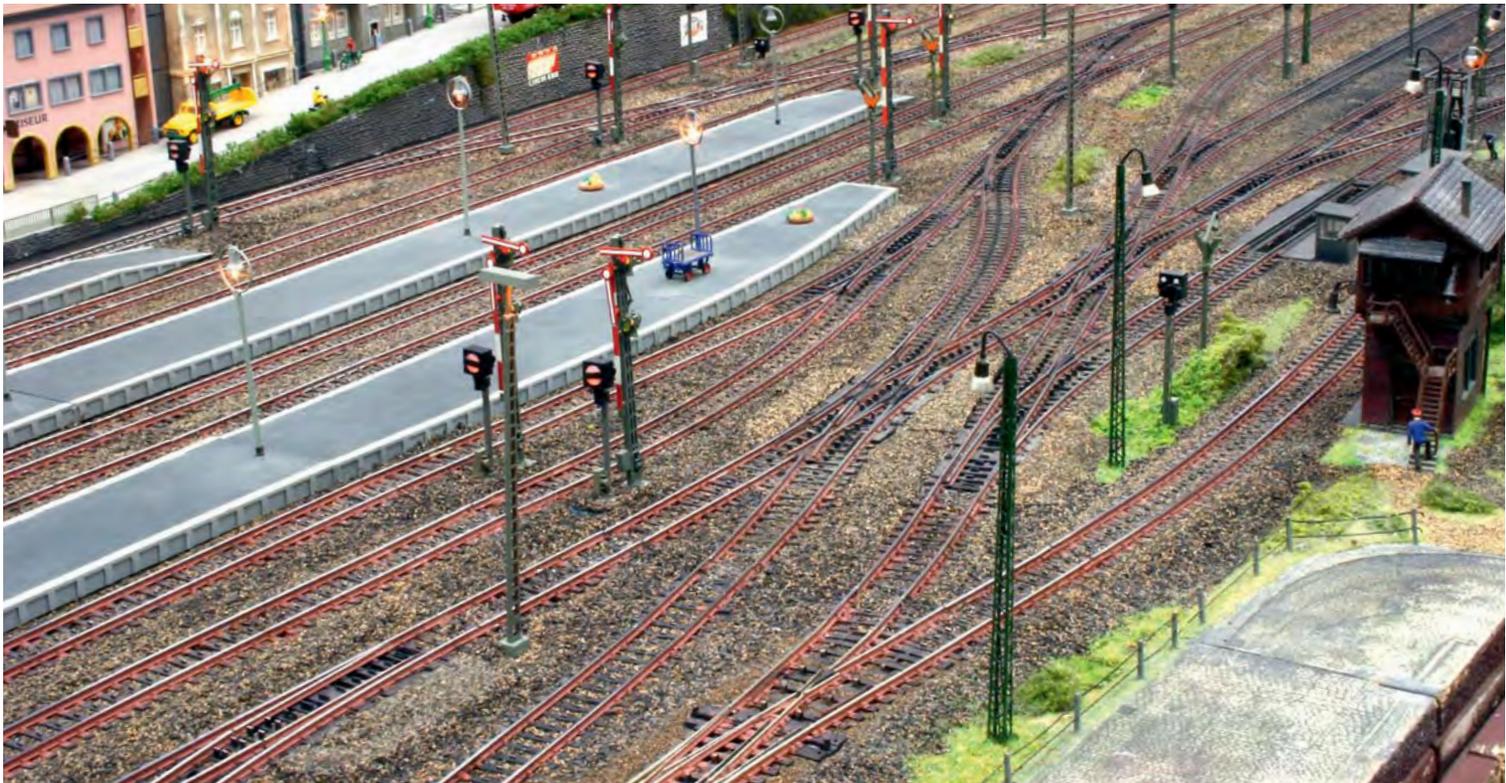
Zu diesen All-in-one-Geräten zählen z.B. die IntelliBox (Uhlenbrock), die ECoS (ESU) und die CS3 (Märklin). Nicht nur, dass man mit einer solchen Zentrale seine Züge fahren kann, mit ihr kann man auch Schaltvorgänge auslösen und sich die Meldungen von der Anlage anzeigen lassen. Die Integration geht teilweise so weit, dass automatische Abläufe gespeichert und abgerufen werden können. Dass auch alle Einstellungsoptionen für Fahrzeuge mit einer solchen Zentrale relativ eingängig bedient werden können, ist naheliegend. Wer seine Modellbahn von einem zentral gelegenen Ort aus steuern will, kann mit einem Gerät dieser Art glücklich werden. Zusätzliche Bedienelemente sind optional und können nach Geschmack zugefügt werden.

Als Blackbox ganz ohne oder mit nur wenigen Bedienelementen kommen die klassisch als Zentrale bezeichneten Geräte daher. Hier sind zu nennen: LZV200 (Lenz), z21 und Z21 (Roco/Fleischmann), RedBox (Tams), FCC (Doehler & Haass), DAISY-II-Zentrale (Uhlenbrock), SmartBox u. SmartBox light (Piko), DiMAX 1210Z (Massoth), GBM Master (Fichtelbahn), DiCoStation (Bühler, ehem. Littfinski), MX10 (Zimo), DR5000 (Digikeijs) ...

Für die Bedienung benötigt man zusätzliche Geräte. Dies kann ein Computer sein oder aber – was der Normalfall sein dürfte – ein Handregler. Bekannte Beispiele sind hier die MultiMaus von Roco, der LH101 von Lenz, die Daisy von Uhlenbrock, das Mobile Control von Esu, das HandControl von Tams oder das MX31 von Zimo. Auch Märklins MobileStation gehört zu den Eingabegeräten.



Der Begriff „Zentrale“ ist sehr weit gefasst. Je nach eigenen Vorlieben kann man sich für ein voll integriertes Gerät mit allen Bedienmöglichkeiten und Anzeige des Betriebszustandes entscheiden oder für Geräte, die zusätzliche Bediengeräte wie Fahrregler, Schaltpulte etc. benötigen. Auch hier gibt es „alle Geschmacksrichtungen“ – von der verschlossenen Schachtel bis zum spacigen Design mit Textdisplay. Von oben nach unten: Ecos von Esu, CS3 von Märklin, IntelliBox II von Uhlenbrock, FCC von Doehler & Haass und MX10 von Zimo



Eine Eisenbahn ist ohne Weichen nicht denkbar. Sie sorgen dafür, dass die Züge die richtigen Gleise benutzen.

Es gilt die schon einmal gemachte Empfehlung bzw. Feststellung: Gehen Sie in den Laden oder auf Messen und nehmen Sie die Eingabegeräte in die Hand. Was Sie hier wählen wird Ihre Schnittstelle zur Modellbahn sein. Dass Sie hier sagen können: „Ja, das entspricht mir!“ ist viel wichtiger als alle technischen Daten einer Zentrale oder eines Systems. Im Endeffekt können sie alle das Gleiche: Züge fahren lassen, Zubehör schalten, Zugänge für die Automatisierung vorhalten.

WEICHEN SCHALTEN

Sollen bei einer analogen Modellbahnanlage Weichen von einem Stellpult aus gesteuert werden, ist jede Weiche mit mindestens drei Kabeln mit diesem Stellpult zu verbinden. Man kann die Anzahl der Kabel durch verschiedene Schaltungstricks zwar etwas reduzieren, bei größeren Weichestraßen ergibt sich allerdings doch in jedem Fall ein beträchtlicher Kabelbaum. Will man nun zusätzliche Bedienstellen einrichten oder ganze Fahrstraßen schalten, kommt

man um aufwendige Matrix- und Relaisschaltungen (oder moderner: mit Logik-ICs) nicht herum.

Wie auch bei der Fahrzeugsteuerung kann die Digitaltechnik hier ihre Stärke ausspielen: Die Bedieninformationen werden auf der einen Seite gesammelt, gemeinsam durch eine einzige Verbindung übertragen und am Zielort auf die verschiedenen Empfänger verteilt.

Dieses Vorgehen spart sicherlich ein paar Leitungsmeter im Vergleich zum analogen Aufbau. Trotzdem ist die immer mal wieder zu hörende Behauptung, eine digitale Steuerung reduziere den Verkabelungsaufwand erheblich, schlicht und einfach falsch. Der Aufwand tritt an anderer Stelle auf, er verschiebt sich zu den Endpunkten hin.

Der wesentliche Vorteil der digitalen Ansteuerung ist die Möglichkeit, Informationen während der Verarbeitung miteinander zu verknüpfen. So etwas gelingt zwar auch, wie die große Bahn in ihren Stellwerken vorgemacht hat, elektromechanisch mit Relais oder gar rein mechanisch mit Riegeln und Verschlussystemen, aber der Aufwand dafür

ist ungleich größer als der für eine digitale Lösung. Hinzu kommt, dass eine solche analoge Lösung stark auf den Einzelfall angepasst werden muss, bevor sie funktioniert, während eine digitale Lösung relativ universell ist und bleibt.

ZUBEHÖRDECODER

Wie ein Schienenfahrzeug benötigt auch ein Zubehörprodukt, das digital geschaltet werden soll, einen Empfänger für die digital übertragenen Befehle. Auch hier spricht man von einem Decoder. Anders als Fahrzeugdecoder müssen Zubehördecoder jedoch nicht besonders klein sein und meist reichen auch Typen mit relativ geringer eingebauter „Intelligenz“. Steuert man handelsübliche Weichenantriebe mit Magnetspulen an, geht es für den Decoder einfach nur ums Schalten: Entweder ist die eine Magnetspule aktiv oder die andere. Die einfachsten Decoder tun tatsächlich nichts anderes als hin- und herzuschalten.

Anders als bei Fahrzeugen geht es beim Zubehör nicht darum, viele Informationen für einen einzelnen Empfänger zu codieren, sondern viele Empfänger mit jeweils wenigen Informationen zu versorgen. Daher hat man unter einer Zubehördecoderadresse acht Schaltkanäle zusammengefasst, die jeweils nur an- und ausgeschaltet werden können.

Die meistverbreiteten Antriebe von Modellbahnweichen sind die mit doppelten Magnetspulen. Die eine Spule zieht, wenn eingeschaltet, die Weichenzungen in die eine Richtung, die andere in die andere Richtung. Die digitale Ansteuerung hat man so gelöst, dass ein Schaltkanal die erste, ein anderer die zweite Spule bedient – also je Weichenlage ein Kanal. Da die Antriebe niemals gleichzeitig aktiv sein dürfen, sondern immer nur einer oder keiner, hat man die Schaltkanäle paarweise so zusammengefasst, dass sie sich gegenseitig abschalten. Dies führt dazu, dass unter einer Zubehördecoderadresse vier hin- und herschaltende Verbraucher angesteuert werden können.

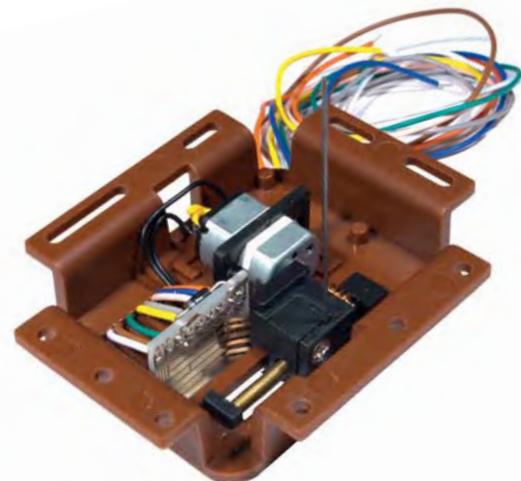
Neben den klassischen Magnetspulantrieben haben sich auch Motor- und Servoantriebe für die Weichen etabliert. Allerdings benötigen diese Antriebe eine andere Ansteuerung als Magnetspulen. Bei einem Motor muss nicht entweder die eine oder



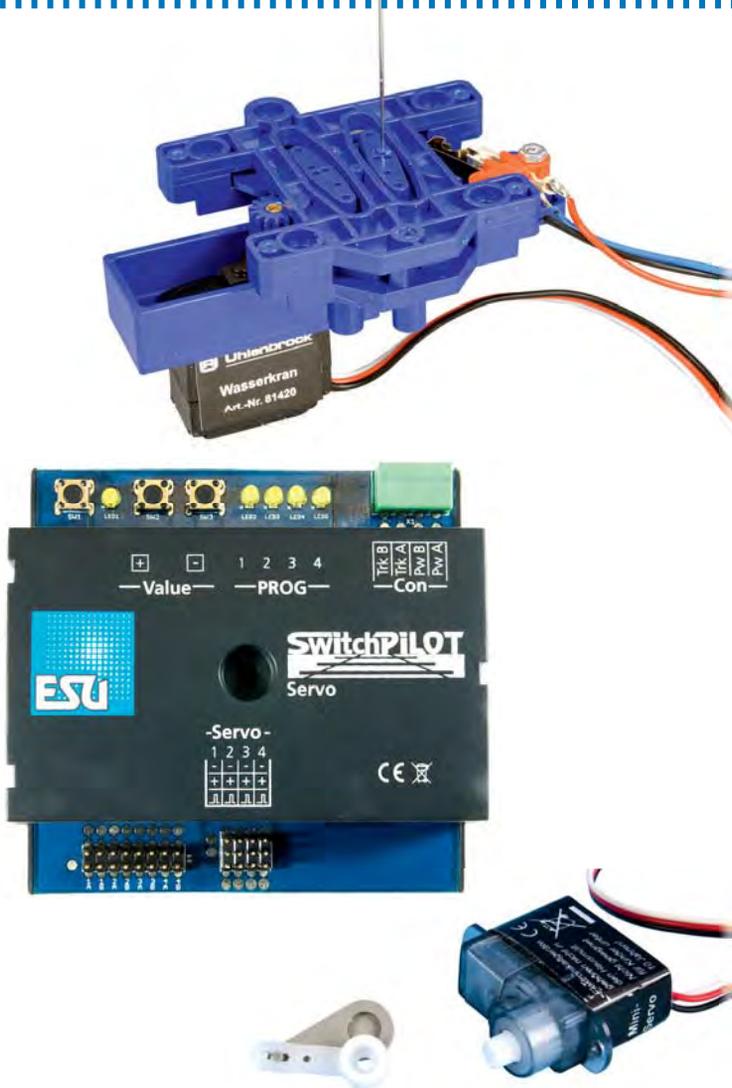
Ein moderner Weichendecoder kommt meist sehr schlicht daher. Eine Reihe von Steckkontakten oder Schraubklemmen wird von einem Taster und manchmal auch einer Kontrollleuchte begleitet. Wie genau der Anschluss erfolgt, ergibt sich wie hier beim WD-34.2 von Tams aus der Bedienungsanleitung. Der gezeigte Decoder kann Weichenlagen prüfen und entsprechende Meldungen abgeben. Üblicherweise sind Weichendecoder robust und man hat nach der Installation nur noch per Schaltbefehl mit ihnen zu tun.



So und ähnlich sehen Magnetspulantriebe für Weichen aus. Kennzeichnend ist die langgestreckte Form des Gehäuses, das neben einer Weiche angeklippt oder angeschraubt wird. Hier Antriebe für Fleischmann-Piccolo-Weichen.



Ein Weichenantrieb mit Motor hat den Vorteil, dass der Stellvorgang wie beim Vorbild eine gewisse Zeit benötigt. Meist bieten die Motorantriebe vielfältige Schalt- und Kontrollanschlüsse. Hier ein Antrieb von Tillig



Eine moderne Kraftquelle für Weichen, aber auch für anderes bewegliches Zubehör, sind aus dem RC-Modellbau stammende Servos. Das Besondere ist, dass Servos nicht nur zwei Endlagen kennen, sondern auch Zwischenwerte feinfühlig angesteuert werden können. Dies erfolgt mit Signalen, die in speziellen Decodern erzeugt werden. Meist sind hier zusätzliche Bewegungsmuster wie z.B. „Nachwippen“ abrufbar.



Der Doppelspulenantrieb für Märklin-K-Gleis-Weichen weist zwei Schalter auf. Diese werden in der jeweiligen Endlage des Antriebszylinders betätigt und trennen die zugehörige Spule vom weiteren Stromfluss ab. So wird ein Dauerstrom verhindert und damit, dass die Spule durchbrennt.

die andere Spule mit Strom versorgt werden, sondern die Drehrichtung des Motors ist durch Umpolen umzukehren. Eine externe Hilfsschaltung macht dies möglich. Manche Decoder sind auch entsprechend konfigurierbar, sodass man bei ihnen ein für einen Motorantrieb passendes Anschlusschema wählen kann.

Die Ansprache von Servos ist noch komplexer und bedarf einer eigenen Elektronik. Da Servos nicht nur für Weichen, sondern auch für vielfältige andere Bewegungsaufgaben eingesetzt werden, existiert eine große Menge verschiedener Servodecoder, die meist mehr können, als nur zwischen zwei Endlagen des Antriebs (wie bei einer Weiche benötigt) hin- und herzuwechseln. Die Schranken unseres Bahnübergangs sind ein gutes Beispiel: Beim Vorbild bewegen sie sich kontrolliert, langsam und leicht nachwippend, wenn sie elektrisch angetrieben werden. Von Hand gekurbelt machen sie jedoch gerne auch eine kurze Pause auf ihrem Weg. Das Nachwippen (auch von Flügeln mechanischer Signale) können die meisten Servodecoder abbilden, für die Unterbrechungen müssen sie in der Lage sein, verschiedene Zwischenpositionen anzufahren.

ENDABSCHALTUNG

Magnetspulenantriebe haben eine Eigenschaft, die nach vorbeugenden Maßnahmen verlangt: Die Spulen heizen sich auf, solange sie vom Strom durchflossen werden. Dies kann dazu führen, dass eine zu lange aktivierte Spule durchbrennt. Die Mechanik der meisten Modellbahnweichenantriebe ist so aufgebaut, dass, auch wenn der Antrieb komplett abgeschaltet wurde, ungewollte Lageänderungen nicht auftreten können. Manche Typen von Magnetspulenantrieben enthalten mechanische Schalter, die die gerade aktive Spule nach Erreichen der Antriebsendlage von der Stromzufuhr trennen, dafür aber die andere, bisher getrennte Spule wieder mit den Zuleitungen verbinden. Diese Spule ist damit wieder zum Umschalten bereit.

Unabhängig von diesen Schaltern (die im Einzelfall auch Probleme bereiten können) empfiehlt es sich, Zubehördecoder einzusetzen, die die Stromzufuhr

zum Antrieb nach einer kurzen Zeitspanne (wenige Sekunden) automatisch trennen, denn man kann sich nicht darauf verlassen, dass die Zentrale nach dem Einschalt- auch einen passenden Abschaltbefehl sendet bzw. dass dieser nicht unterwegs verlorenght. Idealerweise lässt sich diese Zeitspanne einstellen. Ein Magnetspulenantrieb ist recht schnell („Klackklack“), während ein Motor eine gewisse Zeit zum Umlaufen benötigt^[4], man hier mit dem Abschalten des Decoderausgangs also länger warten muss.

ZUSATZENERGIE

Ein paar Seiten zuvor wurde es schon erwähnt: Die Zentrale stellt die Betriebsenergie für die Fahrzeuge auf den Gleisen bereit. Modellbahnfahrzeuge kann man nicht anders versorgen als über die Schienen. Die Belastbarkeit einer Zentrale ist allerdings begrenzt. Braucht man mehr Leistung, braucht man zusätzliche Elektronik zur Verstärkung des Gleissignals^[5]. Das macht Digitalstrom relativ teuer im Vergleich zu einer unmodulierten Versorgung.

Auch die Energie für Zubehör wie Weichenantriebe lässt sich aus der digital modulierten Gleisspannung gewinnen. Die meisten Hersteller bauen ihre Zubehördecoder so auf, dass sie diesen Versorgungsweg ab Werk nutzen. Damit sind sie schnell und unkompliziert einsetzbar. Einzeldecoder, wie sie beim Teppichbahning in Weichen zum Einsatz kommen können, lassen sich nicht sinnvoll auf einem anderen Weg versorgen.

In den meisten Fällen aber werden die Elektroniken stationär in der Anlage eingebaut. Da bietet es sich an, ihre Energie über eigene Kabel aus einer weniger teuren Quelle zuzuführen. Viele stationäre Zubehördecoder haben daher nicht nur einen Digitaleingang, sondern auch einen für eine Gleich- und/oder Wechselspannungsversorgung für die Schaltenergie. Das Digitalsignal wird nun kaum belastet, die Power für die Weichenantriebe kommt aus der analogen Zusatzversorgung.

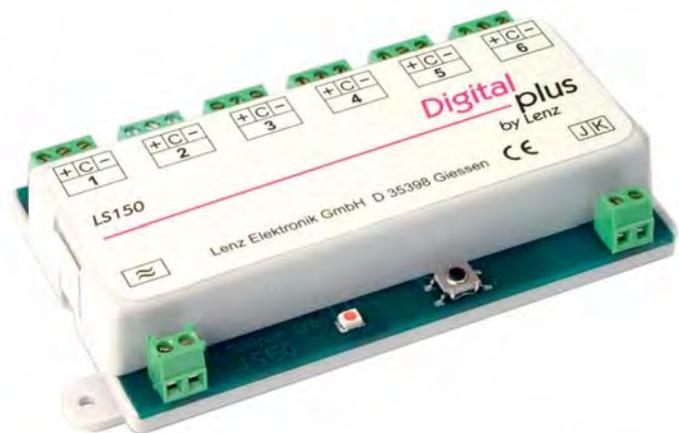
⁴ Genau dies ist im Sinne eines vorbildgerechten Aussehens der Weichenzungenbewegung auch gewünscht.

⁵ Geräte, die dies leisten, werden Booster genannt. Die Gleisanlage wird in Versorgungsbezirke eingeteilt. Einer wird an die Zentrale angeschlossen, jeder weitere erhält seinen eigenen Booster.



Märklin liefert Einzeldecoder und passende Antriebe, die unter C-Gleis-Weichen montiert werden.

Für den stationären Einsatz gibt es Vierfachweichendecoder m83. Für die Ansteuerung von motorischen Antrieben wird je Kanal ein zusätzliches Bauteil montiert.



Der LS150 von Lenz ist insofern ungewöhnlich, als er sechs statt der üblichen vier Kanäle aufweist. Schön erkennbar ist der Anschluss für die Zuführung externer Schaltenergie in Form einer Wechselspannung.

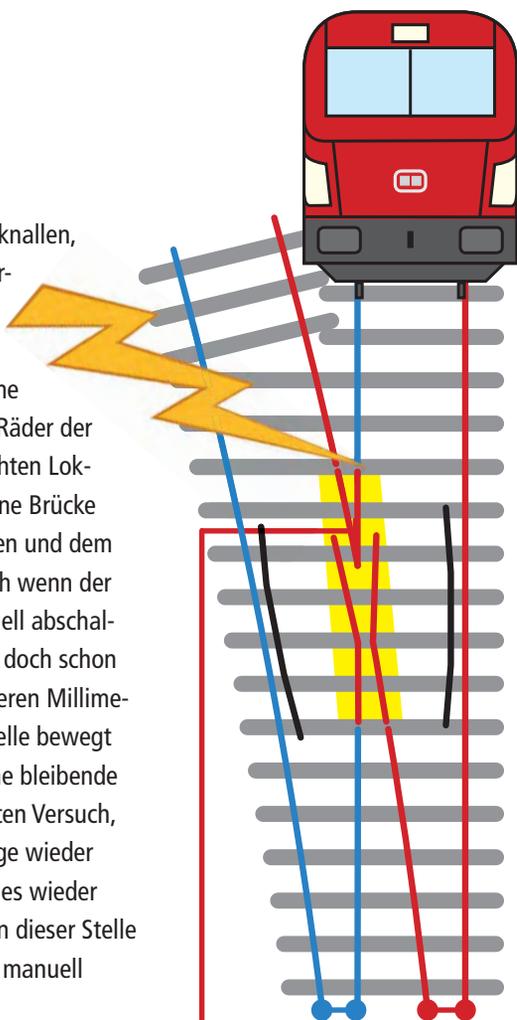


Auch in Zeiten hocheffizienter Schaltnetzteile kommt man bei manchen Aufgaben um einen Netztrafo kaum herum. Passende Typen für die Zubehörversorgung mit Wechselspannung sind bei den meisten Herstellern erhältlich.



Die Cobalt-iP-Weichenantriebe vom britischen Hersteller DCCConcepts arbeiten mit einem kräftigen Motor, der auf ein vielstufiges Getriebe wirkt. An Board sind ein Weichendecoder und Schalter für Rückmeldung und Herzstückpolarisierung.

Genau hier wird es knallen, wenn die Lok weiterfährt! Die im Dienste einer guten Stromabnahme durchverbundenen Räder der in Fahrtrichtung rechten Lokseite bilden dann eine Brücke zwischen dem blauen und dem roten Potential. Auch wenn der Überlastschutz schnell abschaltet, hat sich die Lok doch schon den einen oder anderen Millimeter über die Trennstelle bewegt und bildet somit eine bleibende Brücke. Beim nächsten Versuch, den Strom der Anlage wieder einzuschalten, wird es wieder einen Kurzschluss an dieser Stelle geben – bis die Lok manuell entfernt wurde.



LAGEMELDUNG

Bleiben wir noch ein wenig bei den Weichen. Im Modell stellt sich das gleiche Problem wie beim Vorbild: Sicherstellen, dass die Weichenzungen wirklich die Lage einnehmen, die sie haben sollen. Beim Vorbild sorgt eine Verriegelung dafür, dass erreichte Zungenlagen sich nicht ungewollt verändern bzw. dass unklare oder falsche Zungenlagen zu einer Fehlermeldung führen. Im Modell gibt es keine Verriegelung und auch keine echte Weichenlagemeldung. Zum Glück ist die Gefahr, die im Modell von einem Unfall wegen einer falsch gestellten Weiche ausgeht, äußerst gering. Außer an den Modellen kann kein Schaden entstehen.

Es gibt Weichendecoder, die den Zustand eines mit dem Weichenantrieb verbundenen Schalters auswerten können. Auch wenn hier keine Aussage über die tatsächliche Lage der Weichenzungen möglich ist, so lässt die Schalterstellung doch mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Stellung der Weiche schließen. Ein solcher Weichendecoder meldet die Lage des Schalters (bzw. das Geschlossen- oder Offensein eines Kontakts an einem entsprechenden Eingang) über ein Meldesystem an die Zentrale. Es gibt sogar Decoder, die anhand der fließenden Ströme auf die Stellung eines Magnetspulenanschlusses rückschließen können und dies entsprechend melden.

EXKURS: STROMFÜHRUNG IN EINER WEICHE UND HERZSTÜCKPOLARISIERUNG

Die wechselnden Polaritäten in einer Weiche zu verstehen, ist beim Einsatz der Zweischienenversorgung fast schon essentiell, will man spätere Probleme vermeiden. Mittelleiterfahrer müssen sich hier keine Gedanken machen, sollten aber auch die Schwachstellen ihrer Weichen kennen. Später dazu mehr.

Grundsätzlich ist es bei der Modellbahn anstrengenswert, eine ununterbrochene Stromzuführung zu den Modellfahrzeugen zu erreichen. Neben sauberen Gleisen und Rädern setzt dies voraus, dass es keine „unversorgten“ Schienenabschnitte im Fahrweg gibt. Früher waren Weichenherzstücke gute Kandidaten für eine solche Unterbrechung, da einige Hersteller

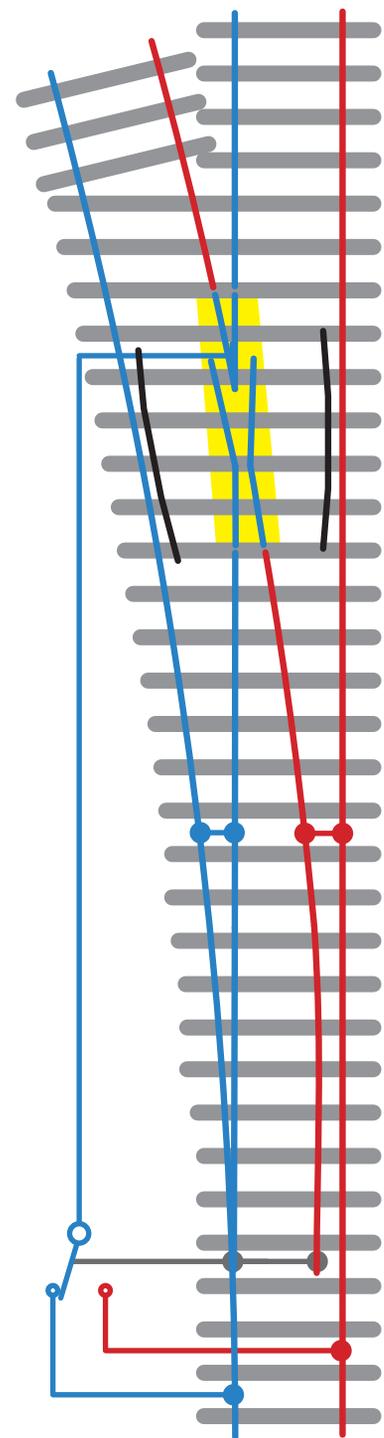
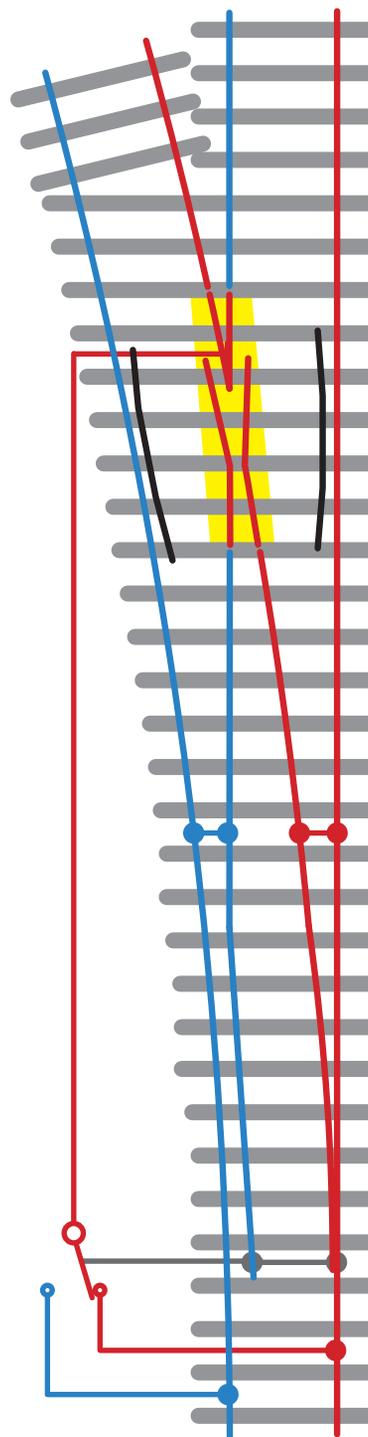
sie aus Kunststoff fertigten. Auch versäumte man es, die Weichenzungen passend elektrisch anzuschließen, man verließ sich stattdessen auf deren (geringen) Anpressdruck an die Backenschienen. Hier muss man aufmerksam sein, wenn man gebrauchtes älteres Gleismaterial einsetzen möchte.

Moderne Weichen besitzen Metallherzstücke, die im Betrieb mit der Backenschiene mit der anliegenden Zunge verbunden werden. So wird die befahrene Schienenkante elektrisch durchverbunden. Liegt die Weiche in der anderen Stellung, liegt auch die andere Zunge an der anderen Backenschiene an und die dortige Schienenkante wird befahren. Demnach muss auch das Herzstück die Polarität der dortigen Schienen aufweisen. Dies wird mit einem Umschalter erreicht, dessen Stellung gemeinsam mit dem Umlaufen der Weiche passend wechselt. Das Verfahren nennt man Herzstückpolarisierung. Das Umschalten wird meist vom Decoder miterledigt oder gesteuert. Auch bieten manche Antriebe integrierte Umschaltkontakte für diesen Zweck.

Um Zufallskurzschlüsse durch Fahrzeuge mit minimal zu klein eingestellter Spurweite zu vermeiden, sollten die Weichenzungen elektrisch voneinander getrennt und mit der jeweils benachbarten Backenschiene verbunden sein. Im Bereich der Zwischenschienen ist dann für beide Zungen eine Trennstelle Richtung Herzstück nötig. Der jeweils anschließende Zwischenschienenteil wird vom Herzstück mitversorgt, also in der Polarität der Weichenstellung angepasst.

Keinesfalls vorbildgerecht, bei Modellbahnern aber durchaus beliebt ist das Aufschneiden von Weichen. Bei Mittelleiterfahrern ist das Verfahren relativ unproblematisch, da hier keine Pole wechseln müssen. Bei Systemen mit Zweischienenversorgung mit polarisiertem Herzstück ist dieses beim Aufschneiden jedoch genau falsch herum gepolt. Normale Wagenräder ohne weitere elektrische Funktion erzeugen mit dem Überrollen der Trennstelle einen Mikrokurzschluss, der schon zu Betriebsstörungen führen kann. Ganz sicher schädlich ist es, wenn ein Fahrzeug mit mehrachsiger Stromabnahme (heute praktisch jede Lok!) die Trennstelle überfährt: Das erzeugt einen veritablen Kurzschluss und das Fahrzeug muss manuell von

Herzstückpolarisierung bei Weichen für die Zweischienenversorgung: Mit den gezeigten Trennungen auch innerhalb der Weiche erreicht man, dass nirgendwo ein Kurzschluss entstehen kann.



Es ist wichtig, auch die Zungen elektrisch anzuschließen und sich nicht darauf zu verlassen, dass sie ihren Kontakt an den durchgehenden Schienen finden.

der Weiche entfernt werden, da die Versorgungselektronik abschaltet! Das „Aufschneiden“ von Weichen ist also keine Betriebsoption^[6].

Apropos: Die Schwachstellen der Mittelleiterweichen ergeben sich aus der Kreuzung der Mittelleiterpins mit den entgegengesetzt gepolten Schienen. Oft genug entsteht hier heftiger Funkenflug, weil der Mittelschleifer kurz auf den Schienen aufsetzt.

SIGNALE

Was ist eine Modellbahnanlage ohne Signale? Diese rot oder grün leuchtenden „Dinger“ gehören einfach dazu. Fast noch besser ist es, wenn sie Flügel haben, die sich bewegen können. Die Bedeutung der Signalbilder und die korrekte Aufstellung der Signale sind „eine Wissenschaft für sich“. Als Modellbahner

liest man am besten in den MIBA-Publikationen von Stefan Carstens^[7] nach.

In unserem Kontext hier ist wichtig, dass Signale in gleicher Weise von einem Decoder angesteuert werden können wie Weichenantriebe. Für Formsignale gilt dies ganz besonders, denn ihre mechanischen Antriebe sind den Weichenantrieben technisch sehr ähnlich. Die in Mitteleuropa komplexeste Variante von Formsignalen weist drei Signalbegriffe auf, benötigt also zwei Antriebe, die jeweils zwischen zwei Endpositionen wechseln können. Mit zwei „Weichenadressen“ kann man also Hp 0, Hp 1 und Hp 2 schalten. Zentralen, die ihren Bedienelementen für das Zubehör Symbole zuweisen können, bieten hier entsprechend nicht nur Weichendarstellungen sondern auch Signal-Icons zur Auswahl an.

Tageslichtsignale können ungleich komplexer als Formsignale sein. Ausfahrtsignale der Bauart von 1951 können zumindest die drei oben genannten Signalbegriffe plus Sh 1 plus Notrot plus Ersatzsignal Zs 1 zeigen. Die letzten beiden genannten sind im Modell viel-

⁶ Denkbar wäre – und beim Vorbild in modernen Rangierarealen mit EOWs (elektrisch ortsgestellten Weichen) durchaus anzutreffen – eine Technik, die die auf das stumpfe Ende der Weiche zulaufenden Gleise überwacht und, wenn die Annäherung eines Fahrzeugs erkannt wird, die Weiche in die richtige Lage bringt.

⁷ MIBA Signale Bd. 1–4, im Fachhandel und unter shop.vgbahn.info erhältlich



Bei der Modellbahn haben Signale meist die Aufgabe, gut auszusehen. Nur selten sind sie so verschaltet, dass sie auf den Betrieb Einfluss nehmen.

leicht nicht wichtig, Zusatzpersonalsignale wie z.B. Zp 9 „Abfahren“ oder gar die Richtungsanzeiger Zs 2 und die Geschwindigkeitsanzeiger Zs 3 hingegen schon.

Will man sich das gewünschte Signalbild nicht jedesmal aus einer Menge von einzeln zu bedienenden Schaltkanälen „zusammenbasteln“, empfiehlt sich der Einsatz spezialisierter Signaldecoder. Bei diesen ruft man mit einem Schaltbefehl das gewünschte Signalbild auf, der Decoder „weiß“ dann, welche Lampen er an bzw. ausmachen muss. Ein spezialisierter Signaldecoder bringt zusätzlich noch die Fähigkeit mit, das Überblenden zwischen einem Signalbegriff und dem nächsten vorbildgerecht langsam vorzunehmen. Auch das betriebssituationsabhängige Dunkelasten von Signalen lässt sich mit einem spezialisierten Signaldecoder realisieren.

Eines muss hier klar gesagt werden: Signale sind für den Betrieb einer Modellbahn nicht notwendig. Sie haben keinerlei Wirkung auf den Betriebsablauf und ungefähr die gleiche Bedeutung wie ein schön gestaltetes Baummodell oder ein Gebäude. Sie sind für's Auge gemachte Ausschmückungsgegenstände.

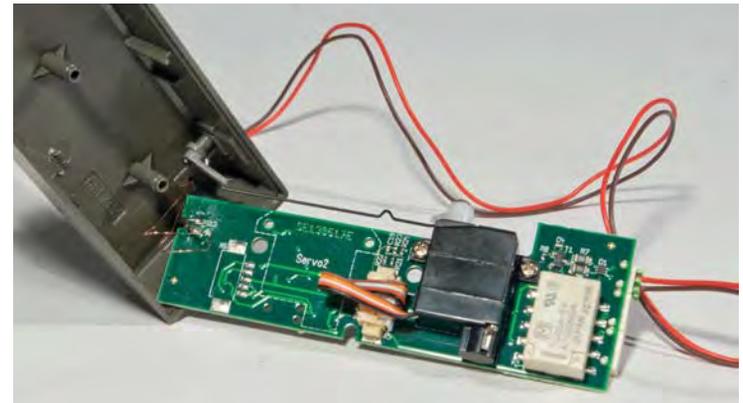
Allerdings gibt es zwei Ausnahmen: Zum einen gibt es Modellbahnbetriebsweisen, bei denen sich die „Lokführer“ tatsächlich wie beim Vorbild nach den Signalen richten. Gerade wenn mehrere Personen die anfallenden Aufgaben wie Fahrdienstleitung (Stellwerke) und das Führen der Fahrzeuge untereinander aufteilen, kann ein sehr vorbildähnlicher Betrieb entstehen. Der bereits erwähnte Fremo verfolgt genau dieses Konzept, es ist aber auch im heimischen Bereich realisierbar.

Zum anderen gibt es Signale, die signalbildabhängige Schalter enthalten. Mit dieser Technik war es in vordigitalen Zeiten möglich, einen Zug durch schlichte Stromwegnahme bei Hp 0 anzuhalten, um ihn beim Umspringen des Signals schlagartig wieder losfahren zu lassen. Theoretisch kann man auch im Digitalbetrieb so verfahren.

Das bedeutet jedoch, dass man ein im geschalteten Abschnitt fahrendes Triebfahrzeug inkl. Licht und Ton komplett abschaltet. Das Modell kommt abrupt zum Stehen, die digitalen Möglichkeiten wie Bremsverzögerung bleiben natürlich wirkungslos. Kommt der Strom dann wieder, weil das Signal nun einen



Die Firma QElektronik ist besonders für ihre Signaldecoder bekannt geworden. Man ist in der Lage, fast jedes europäische Signalbild mit passenden Signalmodellen fast jeden Herstellers anzusteuern.



Die Märklin-H0-Formsignale werden von einem Servo angetrieben. Auf der Platine ist auch ein Relais aufgesetzt, das passend zur Signalstellung schaltet. So kann man vom Signal aus die Lage melden oder aber auch direkt auf den Zugverkehr Einfluss nehmen.



Was man anstellen muss, damit der Zug punktgenau vor dem Signal hält, folgt in einem späteren Kapitel.



Blockstellen dienen beim Vorbild u.a. der Beobachtung und Meldung des Zugverkehrs. Nur in einen freigemeldeten Block darf eingefahren werden.

Fahrbeginn zeigt, muss die Fahrzeugelektronik zuerst ihre Startsequenz durchlaufen („booten“), bevor sie wieder die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen kann. Beim Loklicht ist dies nicht weiter schlimm, beim Ton kann es jedoch sehr stören, wenn die betroffene Lok zuallererst die Aufrütroutine des Vorbilds akustisch simuliert, bevor sie wieder losrollt.

Das komplette Stromlosschalten von Gleisabschnitten im Digitalbetrieb ist also zumindest unelegant, wenn nicht gar kontraproduktiv, weshalb man es tunlichst unterlassen sollte. Wir werden unter dem Stichwort „Bremsen“ bessere Lösungen kennenlernen.

MELDEN

Unter dem Stichwort „Augen des Systems“ wurde die grundsätzliche Aufgabe des Meldens im Vorkapitel bereits angesprochen. Hier soll es nun um den Aufbau der Melder gehen. Für das Beispiel mit dem Bahnübergang benötigt man einen Melder, der die Ankunft eines Schienenfahrzeugs an einer bestimmten Stelle meldet. Der technische Aufbau der Melder

ist in der Regel zweigeteilt. Es gibt zum einen die eigentliche Informationserfassung am Gleis, zum anderen die Elektronik, die die erfasste Information über ein Bussystem an die Zentrale weiterleitet.

Die üblichen Modellbahnmelder sind nicht darauf eingerichtet, komplexe Informationen zu übermitteln, sondern schlichte Ja/Nein-Informationen: Ein Zug ist da oder nicht da, Weichen liegen richtig oder nicht etc. Auf der Eingangsseite genügt also im Prinzip ein Schalter, der an oder aus ist.

Diese einfache Art der Meldung ist älter als die digitale Modellbahn. Schon zu analogen Zeiten gab es Schaltgleise, die mehr oder weniger trickreich in der Lage waren, die Anwesenheit eines Fahrzeugs zu detektieren. Eines der auffälligsten alten Systeme stammte von Fleischmann.

Unter deren H0-Loks sitzt (auch heute noch) ein pilzförmiger Kontakt, der beim Darüberfahren einen asymmetrisch im Gleis angebrachten Schleifer mit dem Fahrzeugchassis und damit einer der beiden Schienen verbindet. Dies kann als Schließen eines Schalters interpretiert werden und passende Aktionen auslösen.

Beim Selbstbau waren und sind Reed-Kontakte beliebt, kleine Glasröhrchen mit zwei eingeschweißten Anschlüssen, die im Innern in Metalllamellen enden. Legt man nun ein Magnetfeld an das Röhrchen, ziehen sich die Lamellen im Innern an und schließen den Kontakt^[8]. Die Glasröhrchen der Reed-Kontakte sind nur wenige Millimeter dick und nur zehn bis zwanzig Millimeter lang. Sie eignen sich damit hervorragend, um zwischen den Schwellen eines Modellbahngleises versteckt zu werden, ideal ab Baugröße TT aufwärts.

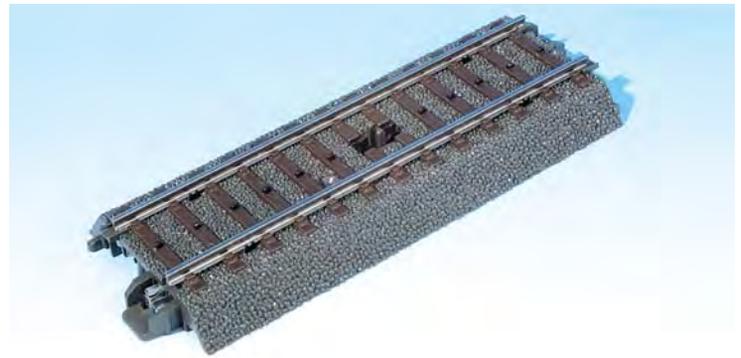
Als Gegenstück zum Schalten wird ein am bzw. unter dem darüberrollenden Fahrzeug befestigter Magnet benötigt. Bei jeder Passage wird der Kontakt im Glasröhrchen kurzgeschlossen, was als Kennung für die Fahrzeuganwesenheit gemeldet werden kann. Ein Nachteil der Reed-Kontakte ist ihr relativ aufwendiger Einbau in die Gleise. Auch kann die exakte Justage der Magneten an den Fahrzeugen zeitraubend sein. Hinzu kommt, dass nicht jeder seine Loks und Wagen modifizieren mag, indem er einen Magnet unterklebt. Bestehende Modellbahnanlagen mit Reed-Kontakten sollten diese bei der Digitalisierung natürlich nutzen.

Gleiches gilt für alle anderen „alten“ Formen von Schaltgleisen, angefangen bei mechanischen Wippen über Druckschalter bis hin zu Kontaktgleisstückchen: Wenn schon eingebaut, dann weiternutzen. Beim digitalen Neuaufbau gibt es jedoch bessere und vor allem einfachere Alternativen.

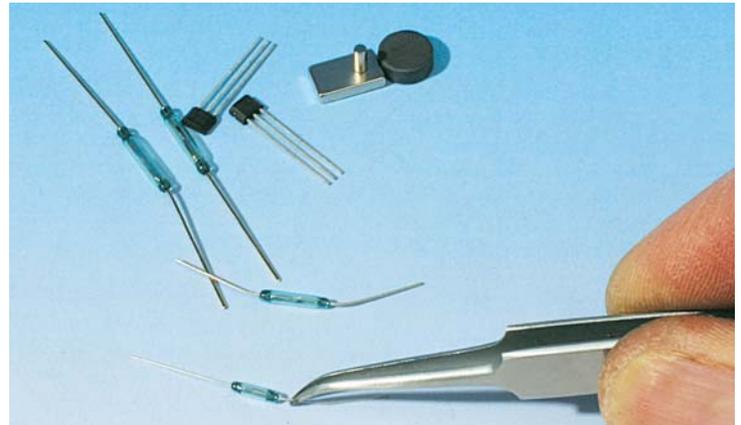
Erwähnenswert ist, dass die „alten“ Gleissensoren punktförmig wirken, also Meldungen erzeugen, die sich auf genau einen eng umgrenzten Ort beziehen. Man spricht daher von Punktmeldern. Punktmelder melden im dynamischen System Modellbahn einzelne Ereignisse. Für das Beispiel mit dem Bahnübergang scheinen sie genau richtig: Der ankommende Zug löst das Senken der Schrankenbäume aus, der weg-fahrende sorgt dafür, dass sie sich wieder heben.

Es bleiben aber noch einige Fragen offen: Welcher Zugteil löst eine Meldung aus? Die Zugspitze? Ist dann der „Wegfahrmelder“ so weit weg vom BU, dass auch der längste Zug die Straßenquerung sicher

⁸ Es gibt auch seltene Bauformen von Reed-Kontakten, die als Öffner oder – mit drei Anschlüssen – als Wechsler arbeiten.



Etwas „schräg“ erscheint uns heute das Märklin-Schaltgleis 24994. Durch den darübergeführten Mittelschleifer wird ein mechanischer Kontakt ausgelöst, der zum Melden oder für andere Schaltaufgaben herangezogen werden kann. Das Schaltgleis ist prinzipbedingt digitaltauglich, reagiert als Melder aber nur auf Triebfahrzeuge.



Für Punktmeldungen werden auch gerne Reedkontakte oder Hallelemente eingesetzt. Sie sind digitaltauglich, erfordern aber immer eine Modifikation der Fahrzeuge, die eine Meldung auslösen sollen. Zum Einsammeln der Meldungen ist hier wie oben eine zusätzliche Meldeelektronik notwendig.



Fleischmann-H0-Loks besitzen einen pilzförmigen Kontakt auf der Unterseite. Dieser verband eine kurze Schleifleiste im Gleis mit der danebenliegenden Schiene. Diese Meldetechnik sollte man im Digitalbetrieb nicht mehr einsetzen.



Bahnübergänge sind dankbare Objekte für erste Automatisierungen im Modell: Nähert sich ein Zug, sollen sich die Schranken schließen. Hat er den BÜ passiert, sollen die Schranken wieder aufgehen. Statt Schranken könnte natürlich auch eine Blinklichtanlage geschaltet werden.



Märklin liefert unter der Artikelnummer 74923 einen Bahnübergang für das C-Gleis, der alle nötigen Teile inklusive Gleismelder mitbringt, um ein automatisches Schließen der Schranken zu erreichen. Für fliegende Aufbauten oder den Spielbetrieb mit Kindern ist der kompakte BÜ genau das Richtige.

geräumt hat? Kommt die Steuerung beim Einsatz von Radkontakten mit den in schneller Folge auftretenden Mehrfachauslösungen klar? Und vor allem: Was ist mit Zügen in der Gegenrichtung? Hier müssen sich automatisch die Rollen „löst Senken aus“ und „löst Heben aus“ umkehren. Also braucht man eine Fahrtrichtungserkennung, was mit je einem weiteren Punktmelder in Nachbarschaft zu den bestehenden Meldern realisiert werden könnte ...

All diese Fragen sind erledigt, wenn man keine Punkt- sondern Abschnittsmelder einsetzt. Diese überwachen nicht einen einzelnen Ort, sondern prüfen auf die Anwesenheit von Fahrzeugen in einem begrenzten und definierten Gleisabschnitt. Abschnittsmelder sind also Belegungsmelder, und genau dafür werden sie bei der digitalen Modellbahn auch vorrangig eingesetzt: Die meisten Gleisbildstellpulte und automatischen Steuerungen nutzen die von Abschnittsmeldern vermittelten Belegungsinformationen.

Man kann natürlich aus Ereignissen auf Zustände rückschließen, siehe oben das Beispiel mit dem Bahnübergang: Das Ereignis „Zug nähert sich“^[9] erlaubt den logischen Schluss, dass die nachfolgende Strecke nun belegt ist und demnach die Schrankenbäume zu senken sind.

Ebenso sollte man aus „Zug entfernt sich“ auf das Freisein der Strecke schließen können. Was ist aber, wenn das zweite Ereignis nicht stattfindet, weil z.B. der Zug von Hand von der Anlage genommen wurde? Für die Anzeige und für die Automatik ist das Gleis immer noch besetzt. Noch wichtiger: Was ist aber, wenn das Freigabeereignis stattfindet, der Zug aber einen Wagen auf dem BÜ verloren hat? Dann wird der Abschnitt in der Anzeige und in einer Automatik fälschlich als „frei“ angenommen.

BÜ-SICHERUNG PER ABSCHNITTMELDER

Nehmen wir an, wir gestalten einen Gleisabschnitt, der dort beginnt, wo wir bisher den „Zug nähert

⁹ Für die Information „Zug nähert sich“ bzw. „Zug entfernt sich“ braucht man wie erwähnt zwei Sensoren und eine Auswerteelektronik, um nicht nur den Zug selbst, sondern auch seine Fahrtrichtung erfassen zu können.

sich“-Melder platziert hatten. Wir geben dem Abschnitt die doppelte Länge der Entfernung von diesem Melder bis zum BÜ, der Bahnübergang sitzt also in der Mitte. Nähert sich nun ein Zug, passiert Folgendes: Mit Einfahrt des Zuges in den BÜ-Abschnitt wird dieser als „belegt“ gemeldet. Die Schrankenbäume werden gesenkt.

Die Schranke bleibt nun geschlossen, solange die Belegtmeldung fortbesteht. Das heißt, solange der Zug den Meldeabschnitt durchfährt oder sich auch nur ein verlorener Wagen in dem Meldeabschnitt befindet, darf kein kreuzender Straßenverkehr stattfinden. Erst wenn der Abschnitt erneut als „frei“ erkannt wird, dürfen sich die Schrankenbäume wieder heben.

Die Vorteile dieser Lösung sind bestechend: Man kommt mit einem einzigen Melder aus; der gemeldete Zustand kann direkt in einen gewünschten Schrankenzustand übersetzt werden; die Annäherungsrichtung eines Fahrzeuges spielt keine Rolle; die Länge eines Zuges ist ebenso egal; ungewollte Zugtrennungen werden erkannt. Natürlich können Punkt- bzw.

Ereignisinformationen in bestimmten Situationen interessant sein, man denke z.B. an den typischen Pfiff, den eine Lok beim Einfahren in ein Tunnel ausgeben soll. Die Information „Punkt erreicht“ lässt sich auch mit Abschnittsmeldern erhalten: Entscheidend ist der Moment des Übergangs vom nicht überwachten zum überwachten Bereich. Genau in dem Moment, in dem eine Meldung auftritt, passiert ein meldendes Fahrzeug die Grenze und man weiß ganz genau, wo es sich befindet. (In der Elektronik würde man dies als „flankengetriggert“ bezeichnen.) Jetzt ist es nur noch die Aufgabe des Modellbauers, die zustandsmeldenden Gleisabschnitte so beginnen und enden zu lassen, dass sich aus den Zustandswechseln sinnvolle Ereignisinformationen ergeben.

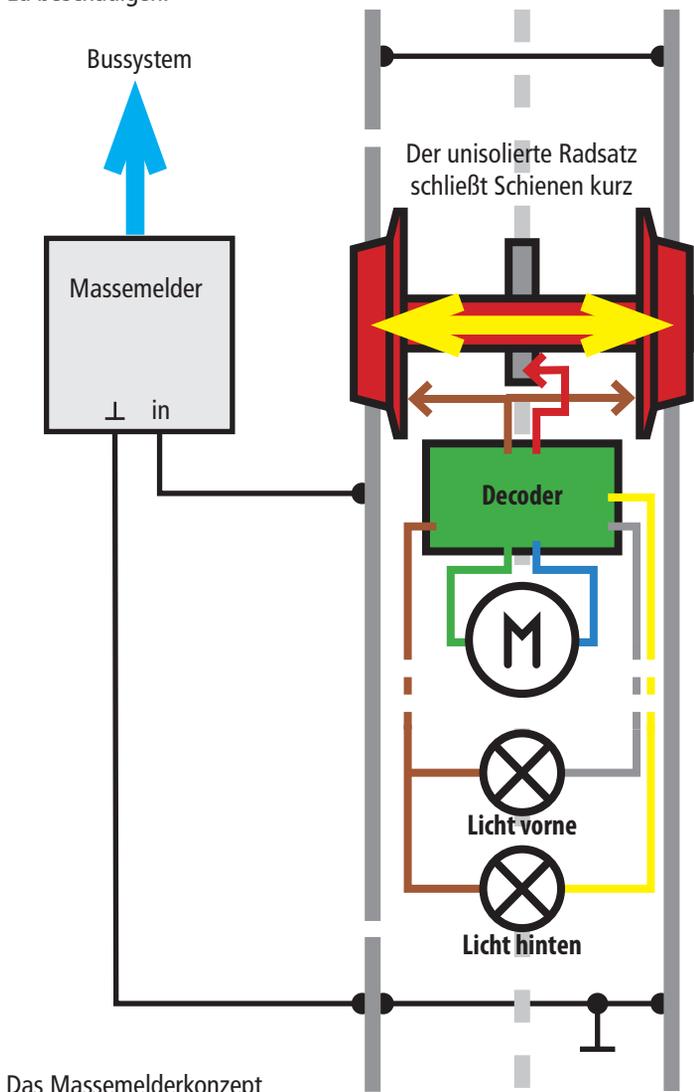
Wenn kein Richtungsverkehr auf den Gleisen herrscht, ist natürlich auch die Fahrrichtung von Interesse. Ein aus dem Tunnel herauskommender Zug soll schließlich nicht pfeifen. Die Richtungsinformation erhält man durch das Hintereinanderschalten zweier Melder: Zuerst löst der eine, dann der andere aus, aus der Reihenfolge ergibt sich die Fahrtrichtung.



Ein Pfiff bei Einfahrt in den Tunnel ist eine romantische Reminiszenz an frühere Zeiten.



Als Kontaktgleissatz 24995 liefert Märklin für sein C-Gleis alles, was man braucht, um einen Abschnittsmelder aufzubauen. Alternativ kann man auch selbst eine der Schienen durchsägen. Mit ein wenig Übung gelingt dies mit einer Kleinbohrmaschine auch ohne die Schotterbettung zu beschädigen.



Das Massemelderkonzept

ABSCHNITTMELDER FÜR MITTELEITERFAHRER

Vergegenwärtigen wir uns nochmal den Querschnittsaufbau eines Mittelleitersgleises: linke Schiene, Mittelleiter mit Punktkontakten, rechte Schiene. Der eine Pol der Stromzuführung zum Fahrzeug ist der Mittelleiter, den Gegenpol bilden die Schienen. Beide Schienen haben systemimmanent das gleiche elektrische Potential, weshalb eine gegenseitige Isolierung der Räder einer Achse nicht nötig ist.

Wenn man dies andersherum betrachtet, erkennt man die Möglichkeiten: Ein Radsatz stellt eine elektrische Verbindung der rechten mit der linken Schiene dar. Isoliert man auf der linken oder rechten Seite einen Schienenabschnitt, kann man mit einer einfachen Schaltung feststellen, ob dieser Abschnitt mit der gegenüberliegenden Schiene elektrisch verbunden ist. Ist diese Verbindung gegeben, kann man davon ausgehen, dass ein Fahrzeug auf dem Gleisabschnitt mit der isolierten Schiene steht oder fährt. (Es könnte natürlich auch ein Werkzeug über den Gleisen liegen oder etwas anderes eine Verbindung der beiden Schienen herstellen.)

Da bei Fahrzeugen für das Mittelleitersystem in der Regel alle Radsätze für dieses System ausgelegt sind, kann jedes im Meldeabschnitt stehende oder fahrende Fahrzeug detektiert werden. Auch ein einzelner Wagen, der sich gewollt oder ungewollt im Meldeabschnitt befindet, wird also erkannt.

In der Elektrik nennt man einen gemeinsamen Bezugspol einer ganzen Schaltung „Masse“. Beim Mittelleitersystem sind die Schienen ein solcher gemeinsamer Bezugspol, sodass man bei den in der beschriebenen Weise funktionierenden Meldern von „Massemeldern“ spricht.

STROMFÜHLERMELDER

Den Luxus der Mittelleitersysteme, ganze Schienenabschnitte nur für das Melden verwenden zu können, haben Systeme für die Zweischienenversorgung nicht. Vergleichbare Meldeergebnisse werden hier erzielt, indem die Anwesenheit von Fahrzeugen über einen fließenden kleinen Strom detektiert wird. Durch die Elektronik eines digitalen Fahrzeugs fließt

immer ein kleiner Strom, selbst dann, wenn das Fahrzeug steht und alle Verbraucher abgeschaltet sind. Dieser kleine Versorgungsstrom ist messbar – „fühlbar“ – und kann zur sicheren Erkennung eines Fahrzeugs mit Decoder herangezogen werden. In der Regel sind dies die Triebfahrzeuge.

Bei der Zweischienenversorgung sind die Räder eines Fahrzeugs voneinander isoliert. Ein Wagen ohne Decoder kann also von einem Stromfühlermelder nicht erkannt werden. Um die Universalität der Massemelder zu erreichen, müssen die Radachsen der Wagen so vorbereitet sein, dass ein kleiner „fühlbarer“ Strom von Rad zu Rad fließen kann. Die nötige Manipulation kann man selbst vornehmen, man kann aber auch fertige „Widerstandsachsen“ kaufen und mit ihnen die originalen Achsen im Fahrzeug ersetzen.

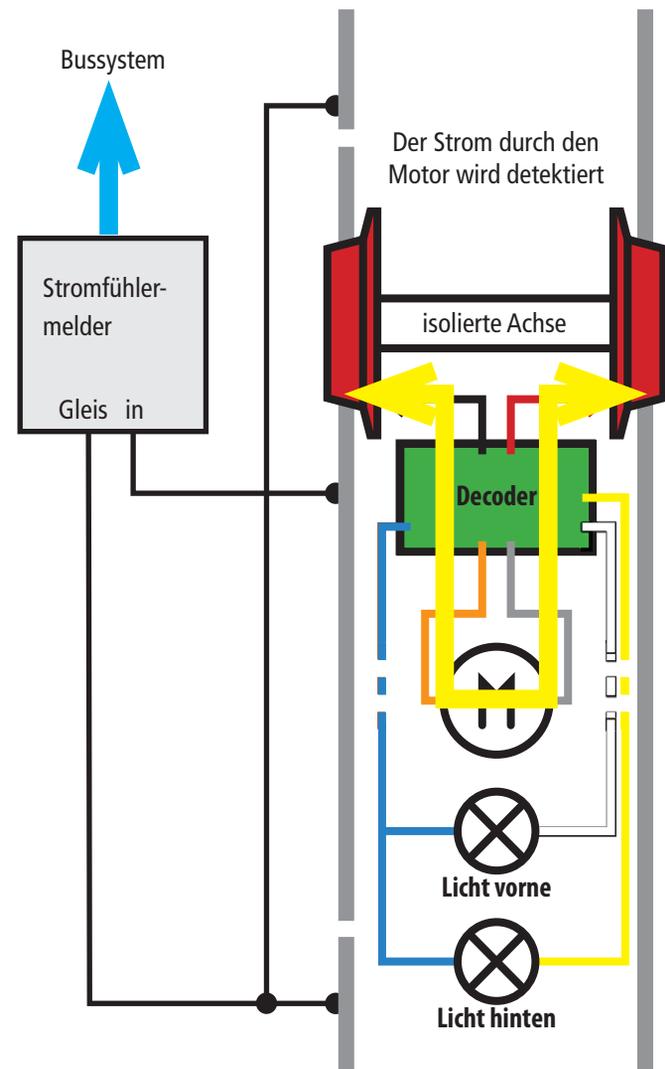
Ein Nachteil gegenüber Massemeldern ist bei Stromfühlern systembedingt gegeben: Sie sind deutlich empfindlicher und damit stör anfälliger. Ein Massemelder kann so eingestellt sein, dass er – ganz digital – nur meldet, wenn das Massepotential komplett anliegt, also die beiden Schienen über eine Fahrzeugachse komplett kurzgeschlossen werden. Ein Stromfühler muss hingegen gerade das „ein bisschen“ erkennen, also einen Zustand, bei dem man noch lange nicht von einem Kurzschluss sprechen kann. Widrige Umstände können hier viel schneller zu Fehlmeldungen führen. Bei einer Modellbahn im Haus sollte Feuchtigkeit kein ernsthaftes Thema sein. Bei einer Gartenbahn im Freien sieht dies jedoch anders aus. Das Wetter, Pflanzen und Tiere können unter Umständen für einen Kriechstrom sorgen, der von der Stromfühlerelektronik als „Gleis ist belegt“ interpretiert wird. Hier ist es wichtig, Belegtmelder mit einstellbarer Empfindlichkeit zu verwenden.

UMKEHREINSATZ FÜR MELDER

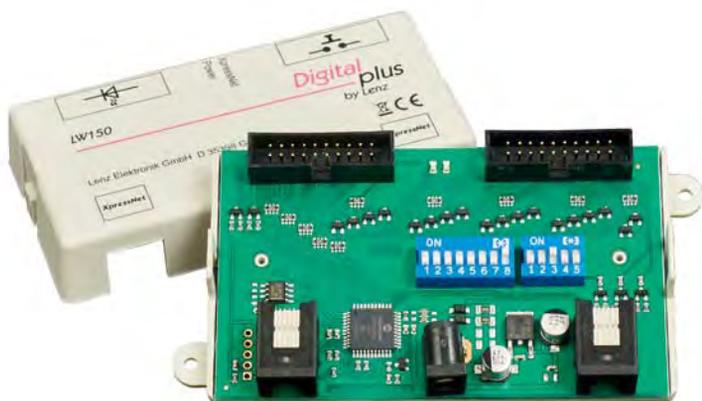
Werden die richtigen Dinge vom Gleis gemeldet – Belegungszustand, vielleicht auch Weichenlage – und die Information passend angezeigt, kann ein Bediener sich ein Bild von der Situation auf der Anlage machen, ohne diese vollständig sehen zu müssen. So ähnlich passiert das auch beim Vorbild bei Drucktas-



Widerstandsachsen kann man fertig kaufen. Man kann sie sich aber auch selbst machen, indem man einen SMD-Widerstand der Bauform 0603 oder kleiner so am Radsatz angeklebt, dass die Radisolierung überbrückt wird. Den endgültigen Kontakt der beiden Widerstandsenden mit der Radscheibe bzw. der Achse stellt man mit Silberleitlack her. Als Widerstandswert hat sich 10 kΩ bewährt.



Stromfühlermelder



Ein ungewöhnlicher Meldebaustein ist das Tastenmodul LW150 von Lenz. Es sammelt die Informationen von bis zu 16 Schaltern ein und liefert sie über das XPressNet an die Zentrale. Mit den Dip-Schaltern stellt man ein, welche Zubehöradressen geschaltet werden sollen. Über einen eigenen Anschluss kann der jeweilige Schaltzustand per LED angezeigt werden. Auch wenn vom Hersteller vorrangig dafür beschrieben, ist das Modul nicht auf Weichen beschränkt. Auch der BÜ wäre hiermit automatisierbar.



Für viele Modellbahner war die für eine Massemeldung in Verbindung mit der s88-Meldungsübertragung geforderte einfache Technik ein guter Einstieg in eigene Elektronikprojekte. Da ist es nur naheliegend, dass es wohl auch keinen Anbieter von Modellbahnelektronik für das Märklin-Umfeld gibt, der nicht auch selbst einen Massemelder in seinem Programm hätte. Stellvertretend für all die vielen verschiedenen Typen soll hier der Melder von Uhlenbrock stehen, der 16 Zustände per LocoNet weitermeldet.

tenstellwerken mit Fahrstraßenausleuchtung. Sind die nötigen Informationen im Modellbahnsteuersystem angekommen, kann man sie nicht nur anzeigen, sondern auch weiterverarbeiten und passende Aktionen ableiten.

Folgt man dem Gedanken weiter, erkennt man, dass man das Meldesystem letztlich als ein universelles Eingabesystem für die Modellbahnsteuerung einsetzen kann. Es spricht nichts dagegen, statt eines Gleisbelegungszustands einen Taster oder einen Schalter abzufragen. Hat man ein System mit Massemeldern, ist das sogar sehr einfach zu realisieren. Die eine Seite des Tasters kommt an Masse, die andere an den Meldereingang. Ein Tastendruck löst dann eine Meldung aus, diese wird in eine Aktion umgesetzt.

Voraussetzung ist, dass man ein System hat, das Meldungen auswertet und automatisiert darauf reagieren kann. Die All-in-one-Zentralen haben diese Möglichkeit direkt eingebaut. Man kann hier ganze Schalt- bzw. Aktionssequenzen auf Tastendruck (also auf eine Meldung hin) ablaufen lassen. Bei Blackbox-Zentralen ist in der Regel das Bediengerät, meist der Handregler, in der Lage, Meldezustände anzuzeigen. Um hier Aktionen per Meldung auszulösen, braucht man ein zusätzliches Gerät, das genau dies tut. Hier bietet sich der Einsatz eines Computers an, wodurch man sich noch sehr viel mehr Steuer- und Spielmöglichkeiten mit der Modellbahn eröffnen kann. Aber das soll Thema des nächsten Kapitels sein.

Neben der gerade besprochenen zentralen Meldungsauswertung gibt es auch die Möglichkeit, lokal auf Meldungen zu reagieren. Systeme mit einem Universalbus können dies am einfachsten. Hier liegen im Bus alle nötigen Informationen vor. Man kann einen Busteilnehmer so auslegen, dass er auf Meldungen reagiert und eine passende Aktion ausführt. Das Beispiel mit dem Bahnübergang wäre leicht auf diesem Weg umzusetzen: Ein kleines Gerät in der Nähe des BÜ prüft die im Bus weitergeleiteten Meldungen. Sobald sich irgendetwas auf dem zugehörigen Gleis befindet, erzeugt es einen Schaltbefehl für einen Zubehördecoder, der in Folge die Schranken schließt. Nur wenn das Gleis für eine gewisse Zeit absolut frei ist, dürfen sich die Schrankenbäume wieder öffnen.

Für das LocoNet gibt es mit Lissy^[10] und Marco^[11] von Uhlenbrock sowie für Märklin-CAN mit Elementen von CdB Bausteine, die genau diese hier benötigte Art von lokaler Steuerintelligenz bereitstellen.

FAHRZEUGE MELDEN: BIDIREKTIONALE KOMMUNIKATION

In modernen Digitalsystemen können auch die mobilen Lok- und Funktionsdecoder Nachrichten senden. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Das Lissy-System nutzt einen zusätzlichen Kommunikationskanal via Infrarot. RailCom^[12] und mfx^[13] funktionieren übers Gleis. Hier ist die technische Voraussetzung, dass das System den Fahrzeugen überhaupt die Gelegenheit gibt, sich zu äußern. Der von der Zentrale ausgehende Strom an Befehlen muss immer wieder zum „Zuhören“ unterbrochen werden. In diese Lücke melden die Fahrzeuge ihr Daten.

Doch was hätte uns eine Lok zu erzählen? Eine ganze Menge, wenn wir wollen. Da wäre zum Bei-

¹⁰ Lissy steht für „Lok-individuelles Steuersystem“. Die Triebfahrzeuge, die Teil des Systems werden sollen, erhalten auf der Unterseite kleine verdeckte IR-Sender. Passende Empfänger werden zwischen den Schwellen unauffällig im Gleisbett montiert. Fährt ein Fahrzeug mit Sender über einen Empfänger, erhält dieser nicht nur die Anwesenheitsinformation sondern erfährt auch, „wer“ gerade vorbeifährt. Die Auswerteelektronik auf Empfängerseite ist auf verschiedene Reaktionsschema einstellbar und kann so u.a. gezielt Funktionen auslösen, die Geschwindigkeit beeinflussen, einen Aufenthalt bewirken oder z.B. wie eine Blocksteuerung funktionieren. Dabei erzeugen die Lissy-Bausteine die digitalen Steuerbefehle nicht selbst, sondern kommunizieren via LocoNet mit dem Gleissignalerzeuger. Lissy funktioniert unabhängig vom verwendeten Digital- und Stromübertragungssystem.

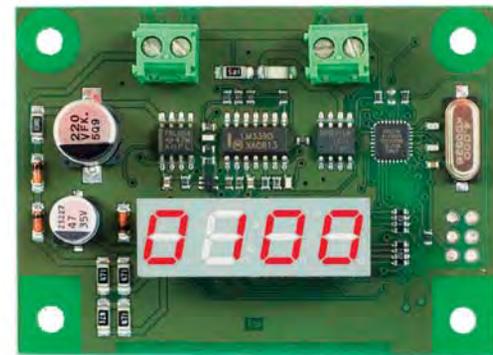
¹¹ Marco ist eine Abkürzung für „Modulare Automatisierung mit RailCom“. Das System basiert auf RailCom-Nachrichten, die entsprechend ausgestattete Triebfahrzeuge im zugeordneten Gleisabschnitt aussenden. Ein Marco-Baustein fungiert als normaler RailCom-Empfänger, wertet darüberhinaus die empfangenen Informationen aber auch lokal aus und kann fahrzeugindividuell reagieren. Die Abläufe und Möglichkeiten entsprechen denen des Lissy-Systems. Marco setzt das Digitalprotokoll DCC voraus.

¹² RailCom ist ein Standard zur bidirektionalen Kommunikation auf digitalen Modellbahnanlagen, die im DCC-Format gesteuert werden. Es ermöglicht, die Adresse und die CV-Werte von RailCom-fähigen Decodern zur Digitalzentrale oder zu speziellen Empfängerbausteinen (Detektoren) zurückzumelden.

¹³ „mfx“ wurde von Märklin Mitte der Nullerjahre eingeführt, aber nicht für andere Hersteller freigegeben. Trotzdem wurden Wettbewerbsprodukte geschaffen, die das Anmeldeverfahren beherrschen und es z.B. „M4“ nennen.



Lissy- und Marco-Bausteine kommen unspektakulär daher. Sie sammeln Informationen von der Anlage und geben diese via LocoNet weiter. Das Besondere ist ihr lokale „Intelligenz“. Die Bausteine sind in der Lage, gezielt bestimmte Schalt- und Fahrbefehle anzufordern und so z.B. dafür zu sorgen, dass ein Triebfahrzeug anhält.



Die LRC120 RailCom-Anzeige von Lenz gibt die Adressen von RailCom-fähigen Triebfahrzeugen wieder, die sich im überwachten Gleisbereich befinden.



Ein moderner Melder ist Rocos Z21-Detector 10808. Er liefert für acht Gleisabschnitte nicht nur den Belegungszustand, sondern auch die Adressen und sonstige Informationen zu den dort fahrenden Fahrzeugen.

spiel ihre Kennung sowie die Art des Zuges (Güterzug, Personenzug etc.), den sie zieht. So ist die Identifikation des Fahrzeugs auf einem bestimmten Gleisabschnitt und mithin seine Lokalisierung möglich. Das ist allgemein für einen Automatikbetrieb und – in schwer einsehbaren Bereichen – auch für den Modellbahner von Interesse. Ebenfalls kann man aus den übermittelten Informationen die für den aktuellen Zug an seiner Position zulässige Fahrgeschwindigkeit ermitteln. Darüberhinaus gibt es verschiedene technische Parameter des Decoders, deren Abfrage und Aktualisierung während des Betriebs wichtig sein können (z.B. Zusammenstellung von Mehrfachtraktionen).

Im idealen Fall meldet sich ein Fahrzeug selbst beim System an: Kaum steht es auf den Gleisen, teilt es der Zentrale die eigene Anwesenheit mit. Der anschließende Datenaustausch zwischen Zentrale und Fahrzeug führt dazu, dass dem Bediener nicht nur mitgeteilt wird, dass es ein neues Fahrzeug auf den Gleisen gibt, sondern auch welches dies ist und über welche Fähigkeiten es verfügt. Ab diesem Moment steht das Fahrzeug für den Bediener zur Steuerungsübernahme bereit. Märklins Central Stations und die ECoS von Esu unterstützen die Selbstanmeldung.

Voraussetzung ist natürlich, dass das Fahrzeug überhaupt in der Lage zur Selbstanmeldung ist. Für die Anmeldung an den Central Stations kommt mfx zum Einsatz, bei der ECoS „RailCom Plus“^[14]. Nur bei den Modellen von Märklin und bei Esu kann man auch davon ausgehen, dass sich deren Fahrzeuge bei den jeweils hauseigenen Zentralen anmelden können. Manche Fahrzeuge anderer Hersteller beherrschen eines der Verfahren oder auch beide. Dies muss man im Einzelfall den Produktunterlagen entnehmen. Legt man viel Wert auf die Selbstanmeldung, bleibt die Möglichkeit, die Fähigkeit dazu bei seinen Fahrzeugen nachzurüsten. Für alte Modelle ist dies auf jeden Fall nötig: Sie fahren vielleicht digital, die Selbstanmeldung beherrschen sie aber noch nicht.

Das Melden vom Fahrzeug aus eröffnet einen zusätzlichen interessanten Aspekt für den Spielbetrieb: Beim Vorbild verbrauchen Triebfahrzeuge je nach Typ Kohle, Wasser, Diesel und Sand. Dies kann bei der Modellbahn simuliert werden. Der Decoder rechnet dazu den virtuellen Verbrauch der Betriebsstoffe seines Triebfahrzeugs mit. Wird etwas „leer“, muss die Lok ins Bw zum Auffüllen der Vorräte. Bevor das nicht geschehen ist, ist die betroffene Lok nur noch in Schleichfahrt unterwegs. Um diesen Zustand zu vermeiden, kann man die virtuellen Füllungsgrade der „Verbrauchsstoffe“ seiner Modellbahnfahrzeuge im Betrieb abfragen.

Eine bei automatischen Abläufen nützliche Variante des Meldens vom Fahrzeug aus ist die Bekanntgabe der eigenen Identität. Benötigt die Selbstanmeldung relativ viel Zeit wegen der Menge der zu übertragenden Informationen, können die reinen „Ich heiße“-Meldungen sehr schnell sein. Somit sind sie das ideale Werkzeug für eine Zugverfolgung. Stattdet man die Belegungsmelder von Gleisabschnitten mit der Fähigkeit zum „Lesen“ der Fahrzeugmeldungen aus, wird erkannt, welche Fahrzeuge sich in den jeweiligen Abschnitten befinden. Diese Informationen werden zur Weiterverarbeitung an die Zentrale und andere Systeme, meist einen Computer, geleitet.

Im einfachsten Fall wird dem Bediener die Identität des einen Abschnitt belegenden Fahrzeugs angezeigt. Existiert ein Bildschirm-Gleisbildstellpult, kann z.B. eine Zugnummer an der entsprechenden Stelle eingeblendet werden. Es ist aber auch möglich, dass das auswertende System komplexer reagiert und Steuerungsentscheidungen von der Identität des Fahrzeugs abhängig macht, z.B. „ein Güterzug wird über die Umfahungsstrecke geleitet“.

Eine solche Auswertung ist auch mit dem auf einer IR-Datenübertragung basierende Lissy-System möglich. Hier kann allerdings nicht jedes Fahrzeug individuell erkannt werden. Eine Zuordnung zu einer von vier Fahrzeuggruppen ist jedoch möglich. Ein Lissy- und auch ein Marco-Baustein kann darüberhinaus in Abhängigkeit vom identifizierten Fahrzeug lokale Aktionen auslösen oder individuelle Steuerbefehle generieren lassen.

¹⁴ RailCom Plus ist ein von Esu auf Basis des RailCom-Standards entwickeltes Verfahren zur Selbstanmeldung von Fahrzeugen, das auch von manchen Lenz-Decodern unterstützt wird.







KAPITEL 4

ABLÄUFE AUTOMATISIEREN

Auf Ereignisse reagieren

DAS SAMMELN VON BETRIEBSINFORMATIONEN IST EINE DER GROSSEN STÄRKEN DER DIGITALEN MODELLBAHN.



Wer die Fahrzeuginformationen nicht auf dem Bildschirm, sondern z.B. am Gleisbildstellpult haben möchte, kann sich von einem RCA-24 die von passenden RailCom-Detektoren gesammelten Lokadressen anzeigen lassen.

„Melden“ war bereits im vorangegangenen Kapitel ein Thema. Dass es hier wieder auftaucht, liegt ganz einfach daran, dass – neben der unabhängigen Steuerung mehrerer Fahrzeuge auf dem Gleis – das Sammeln von Informationen eine der großen Stärken der digitalen Modellbahn ist. So kann man den Kreis schließen: Es führt zu einem System, das genau so weit automatisch funktioniert, wie es der Modellbahner haben will. Von leichten Assistenzsystemen wie dem wiederholt angesprochenen Bahnübergang bis hin zur Vollautomatik, bei der man sich zurücklehnt und der Parade der Züge genüsslich zuschaut, ist alles drin.

Doch zuerst schauen wir die Ereignisse noch einmal genauer an: Welche Informationen sind uns nützlich und was können wir damit anfangen? Und daraus folgend: Wie müssen die Melder angeordnet werden, damit sie uns genau das geben, was wir brauchen? Beim Beispiel mit dem Bahnübergang wurden bereits zwei grundlegende Meldertypen angesprochen: Punkt- und Abschnittsmelder. Die von ihnen erzeugten Nachrichten lauten: „Ein Fahrzeug hat einen bestimmten Punkt erreicht“ und „Ein Fahrzeug befindet sich in einem bestimmten Gleisabschnitt“. Damit lässt sich schon manches anfangen. Darüberhinaus könnte es interessant sein zu wissen, in welcher Richtung ein Fahrzeug unterwegs ist, mit welcher Geschwindigkeit es fährt sowie um welches Fahrzeug es sich handelt. Wie man Richtungsinformationen mit zwei Meldern kurz hintereinander erhält, wurde schon beschrieben. Misst man zusätzlich die Zeit zwischen beiden Meldungen, kann man auf die Geschwindigkeit rückschließen.

Die Richtung, die Geschwindigkeit und vor allem die Identität eines Fahrzeugs lässt sich mit RailCom-Meldern¹ feststellen oder durch logische Deduktion herleiten: Fährt Fahrzeug A in einen leeren Gleisabschnitt hinein, kann man davon ausgehen, dass auch Fahrzeug A wieder aus diesem Gleisabschnitt herauskommen wird. Wichtig ist dabei nur, die Ausgangsstellung zu erfassen und dann genau Buch zu führen, wer sich wann wo aufhält und wie bewegt.

¹ Vergleichbare mfx-Melder gibt es noch nicht.

Man kann Meldungen unterscheiden in solche, die auf die Fahrwege und die Modellfahrzeuge selbst zurückwirken, z.B. im Blockstellenbetrieb, wo erst weitergefahren werden darf, wenn das vorausliegende Gleis frei ist, und solche, die externe Abläufe auslösen. Man könnte es auch so bezeichnen: Meldungen mit Bedeutung für den Betriebsablauf und Meldungen mit Bedeutung für Auge und Ohr.

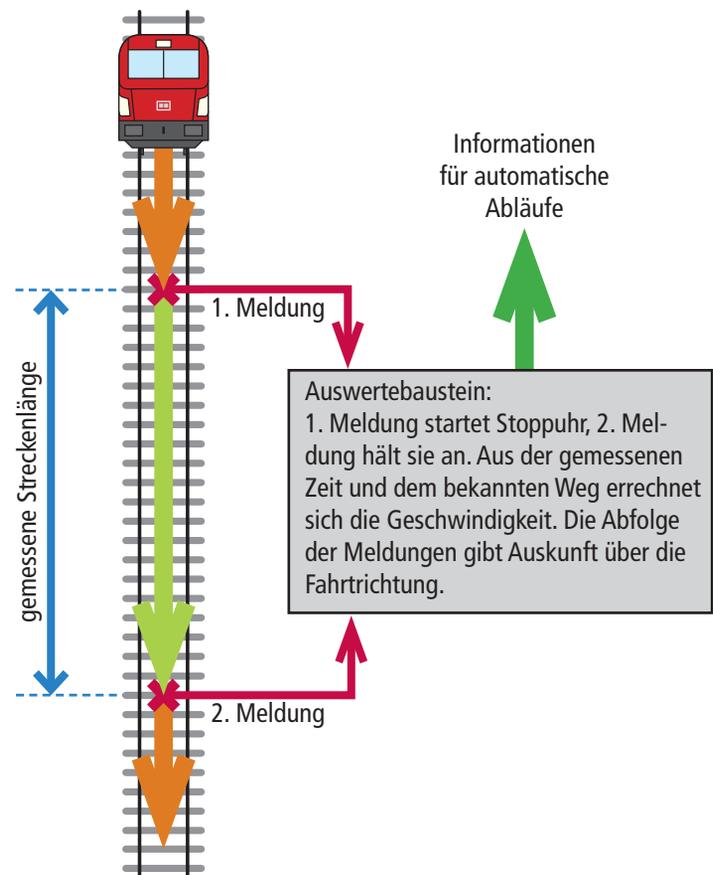
Letztere lassen sich in der Regel gut mit Punktmeldern auslösen, sind aber auch gerne fahrtrichtungsabhängig wie z.B. der Lokpfeif vor Einfahrt in einen Tunnel (angenommen, dieser wird von einem stationären Lautsprecher wiedergegeben; soll die Lok selbst pfeifen, muss ihre Identität bekannt sein).

Bei Meldungen mit Bedeutung für den Betriebsablauf geht es im Endeffekt um Fahrberechtigungen oder das Fehlen derselben. Rechtzeitiges Anhalten ist sicherheitsrelevant. Deshalb muss das dynamische Verhalten der Fahrzeuge bekannt sein, will man hier zielgerichtet eingreifen, also punktgenau anhalten können. Die zentrale Frage ist also: Wie lang ist der vorgesehene Bremsweg einer Lok bzw. eines Zuges?

Ohne jede Modifikation durch eine Elektronik sind die Bremswege bei der Modellbahn sehr kurz. Sie sind so unerfreulich kurz, dass die Lokmodellhersteller vielfach Energiespeicher in Form von Schwungmassen einbauen, um den Fahrzeugen über kleine Schienenverschmutzungen hinwegzuhelfen. Als elektronisches Gegenmittel gegen zu kurze Bremswege gibt es die bereits im Kontext der Fahrzeugdecoder vorgestellte Bremsverzögerung. Mit einer solchen Massesimulation lassen sich die Bremswege vorbildgerecht bzw. modellbahngerecht lang gestalten. Die Frage, wie lang der Bremsweg bei den verschiedenen Zügen nun tatsächlich ist, ist damit aber noch nicht beantwortet.

DIGITAL BREMSEN

Welche Bremsmöglichkeiten gibt es bei der digitalen Modellbahn überhaupt? Die krasse Methode „Strom weg“ kommt nur im Notfall in Frage, wenn schlagartig alles stehen soll, um Unfälle zu vermeiden. Drückt man bei seinem Regler auf „Not-Stopp“, werden die Züge auf genau diese Art angehalten, egal wo sie



Mit zwei kurz nacheinander eingebauten Meldern kann man die Geschwindigkeit und die Fahrtrichtung genau bestimmen.



Der LG100 ist ein DCC-Bremsgenerator, ein Gerät, das an seinem Ausgang ein digitales Gleissignal bereitstellt, das allen Triebfahrzeugen das geordnete Anhalten unter Beachtung der Massesimulation befiehlt.

ABC-BREMSEN



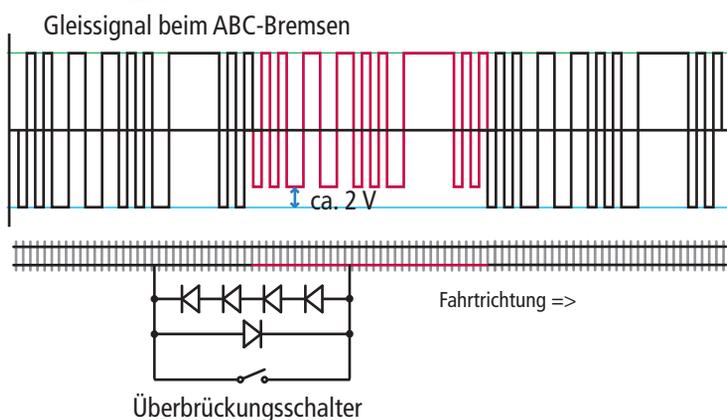
ABC steht für „Advanced Breaking Control“, eine Technik, bei der das eigentlich symmetrische digitale Gleissignal einseitig um ca. 2 V reduziert wird. Ein ABC-fähiger Fahrzeugdecoder erkennt diese Asymmetrie im Gleissignal und bremst das Fahrzeug im eingestellten Bremsweg zum Stillstand herunter. Sobald die Asymmetrie verschwindet, beschleunigt das Fahrzeug mit der eingestellten Masseverzögerung auf die vor dem Bremsen eingestellte Reisegeschwindigkeit.

Teil des ABC-Konzeptes ist es, zu erkennen, wie herum die Asymmetrie erzeugt wurde. So kann ein Triebfahrzeug in der einen Fahrtrichtung zum Bremsen gebracht werden, in der Gegenrichtung jedoch fährt es auf dem gleichen Gleis ohne Unterbrechung durch. Auch ist ein Vorbeifahren am roten Signal möglich, wenn man sein Triebfahrzeug in den Rangiergang schaltet.

Die Anwendung der Technik setzt voraus, dass der Fahrzeugdecoder ABC „kann“. Auf viele am Markt befindliche Decoder trifft das zu. Will man ABC flächendeckend einsetzen, sollte man die verfügbaren Decoder vorab entsprechend prüfen.



Der Baustein BM1 ist sehr schlicht aufgebaut. Letztlich besteht er nur aus fünf Leistungsdioden.



In einer erweiterten ABC-Form ist es möglich, dem Triebfahrzeug über den einfachen Brems- bzw. Anhaltebefehl hinaus eine Langsamfahranweisung zu geben. Hierbei wird die Asymmetrie im Gleissignal zusätzlich moduliert, sodass der Decoder einen Unterschied erkennen kann. Dies leistet ein BM2 genanntes Modul von Lenz Elektronik. Eine zusätzliche Fähigkeit des BM2 ist es, korrekte Bremswege für geschobene Züge einzuhalten. Dazu wird die Gleisbelegung geprüft und die Bremsung im richtigen Moment ausgelöst. Die Belegungsinformation kann per zusätzlichem Melder weitergeleitet werden, ein direkter Anschluss an den Lenz-Meldebus ist nicht vorgesehen..

Die Module BM3 und BM3K sind ABC-Anwendungen für Blockstrecken. Sie kombinieren eine Folgeblockauswertung mit einer passenden Signalansteuerung und der ABC-Gleissignalformung. Ein so aufgebauter Blockverkehr läuft automatisch. Es findet keine Steuerung oder Überwachung von Fahrzeugen oder Signalen durch eine übergeordnete Instanz statt. Will man den Belegungszustand der Blöcke an einer anderen Stelle nachvollziehen können, z.B. in einem Gleisbildstellpult, müssen zusätzliche Melder eingebaut werden.

sich befinden. Die Strom-Weg-Methode ist universell und funktioniert für alles, was sich auf den Gleisen befindet.

Viele alte analoge Schaltungen, besonders solche für verdeckte Bereiche wie z.B. Schattenbahnhöfe, funktionieren nach dem Strom-Weg-Prinzip. Das kann man mit digitalen Fahrzeugen auch machen und viele ältere umgestellte Anlagen beweisen, dass es funktioniert. Man handelt sich aber eine ganze Reihe von Nachteilen ein: Beim Wiederauffahren startet die Elektronik in den Triebfahrzeugen von Null an. Loks mit Betriebsgeräusch starten z.B. den Motor, was aus den Tiefen des Schattenbahnhofs schon eigenartig klingen kann.

Eine reguläre Besetzmeldung der Schattenbahnhofsgleise per Strommelder ist nicht möglich, weil keine Spannung am Gleis anliegt. Hat man ein Steuerungsprogramm, das die Zugpositionen mitnotiert, ist das kein Problem. Ansonsten muss man sich selbst merken oder aufschreiben, welches Gleis besetzt ist. Vor allem ist es auch eine Frage der Konsequenz: Wenn man digital fährt und digital steuert, warum sollte man dann nicht auch digital kontrolliert bremsen? Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten, die auch miteinander gemischt werden können. Die erste Variante setzt an der Fahrzeugelektronik an.

DER DECODER MACHT DEN JOB

Hier liegen alle Informationen über die aktuelle Geschwindigkeit und Last vor. Wird die fahrzeuginterne Bremsfunktion für einen konstanten Bremsweg aufgerufen, weiß die Elektronik, wie der Motor geregelt werden muss, damit das Fahrzeug exakt am Ende einer festgelegten Strecke zum Halten kommt. Wann gebremst werden soll erfährt die Elektronik unabhängig von den digitalen Daten. Eine kleine analoge Modifikation des Gleissignals durch ein paar Dioden genügt als Information. Sobald diese Veränderung erkannt wird, beginnt die Elektronik mit dem Zielbremsen. Die Technik nennt sich ABC^[2]. Die meisten modernen DCC- bzw. Multiprotokoll-Fahrzeugdecoder sind ABC-fähig. Das Bremsen mit

² siehe Kasten „ABC-Bremsen“

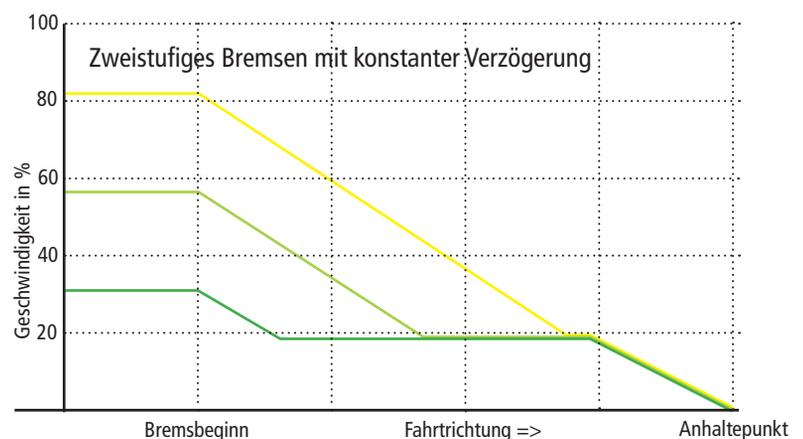
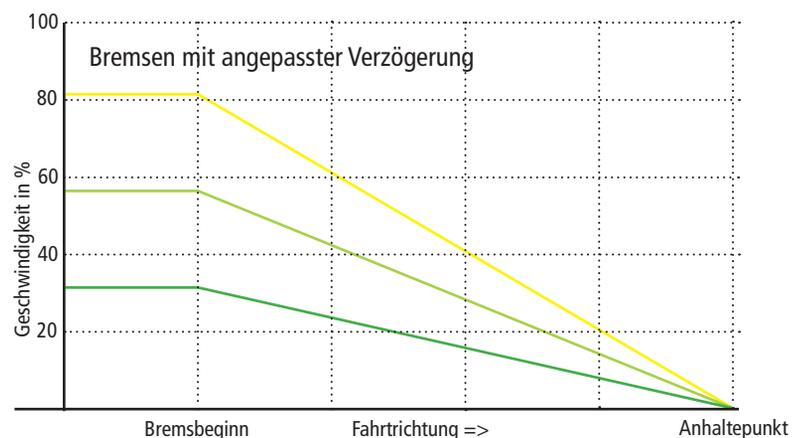
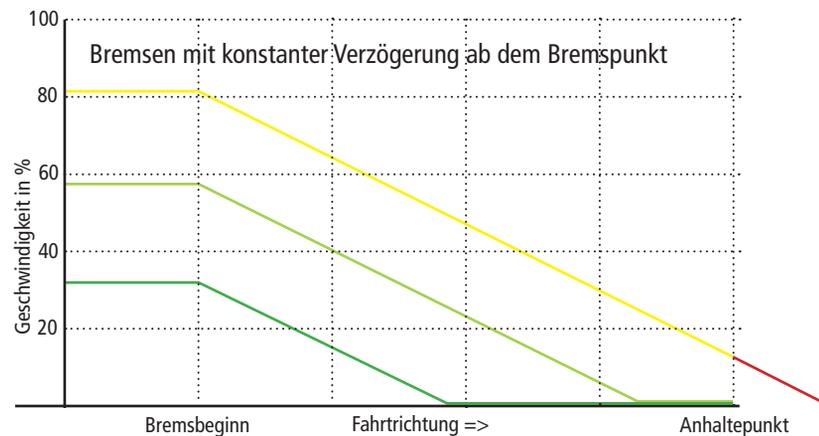
ABC kann parallel zu anderen Verfahren eingesetzt werden. Während der Bremsung und auch im Stillstand danach sind alle Funktionen des betroffenen Triebfahrzeugs schaltbar, da der digitale Datenstrom aufrecht erhalten wurde.

Für die alten Digitalprotokolle MM und Sx gibt es ebenfalls Bremsmethoden, die auf einer umschaltbaren Manipulation des Gleissignals beruhen^[3]. Beide Verfahren sind mit Nachteilen behaftet, veraltet und sollten nicht mehr neu aufgebaut werden. Auch nicht mehr zeitgemäß sind klassische DCC-Bremsgeneratoren^[4]. Weder erlauben sie ein Zielbremsen noch bleiben die Funktionen der in ihrem Bereich befindlichen Fahrzeuge erreichbar. Letzteres leisten „intelligente“ Bremsgeneratoren^[5]. Das Zimo-HLU^[6]-System gehört auch in diese Kategorie, verwendet aber einen anderen Wirkmechanismus.

„INTELLIGENTE“ BREMSYSTEME

Bei den „intelligenten“ Systemen wird eine Punktbremsung dadurch erreicht, dass in einem ersten Schritt die Geschwindigkeit deutlich reduziert wird. Dabei kommt die eingestellte Bremsverzögerung zum Tragen. Das Fahrzeug „schleicht“ dann weiter bis kurz vor den eigentlichen Anhaltepunkt, wo eine letzte Bremsung bis zum Stillstand erfolgt. Der gewünschte Anhalteort wird bis auf wenige Zentimeter genau getroffen.

Auch Bausteine mit lokaler Steuerintelligenz können Fahrzeuge nach diesem Verfahren abbremsen. Sie greifen allerdings nicht in den vorhandenen



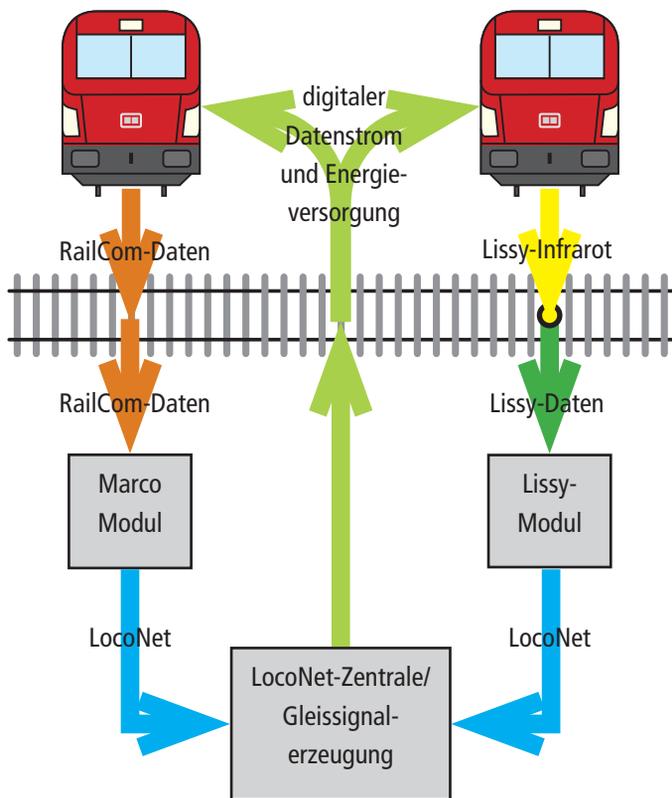
Die obere Variante entspricht dem Bremsgenerator, der ab einer bestimmten Stelle die Gleisversorgung übernimmt. Alle Züge bremsen mit ihrer eingestellten Bremsverzögerung und kommen je nach Geschwindigkeit an sehr unterschiedlichen Punkten zum Halten. Die zweite Variante passt die Bremsverzögerung an. Dies setzt Kenntnisse über Geschwindigkeit und Weg voraus – wie sie ein Decoder beim ABC-Bremsen hat. Variante drei bremst die Züge auf Schleichfahrt ab, lässt sie so vorrücken und stoppt sie dann exakt am Anhaltepunkt.

³ Stichworte „Gleichspannungsbremsen“ für MM und „Bremsdiode“ für Sx

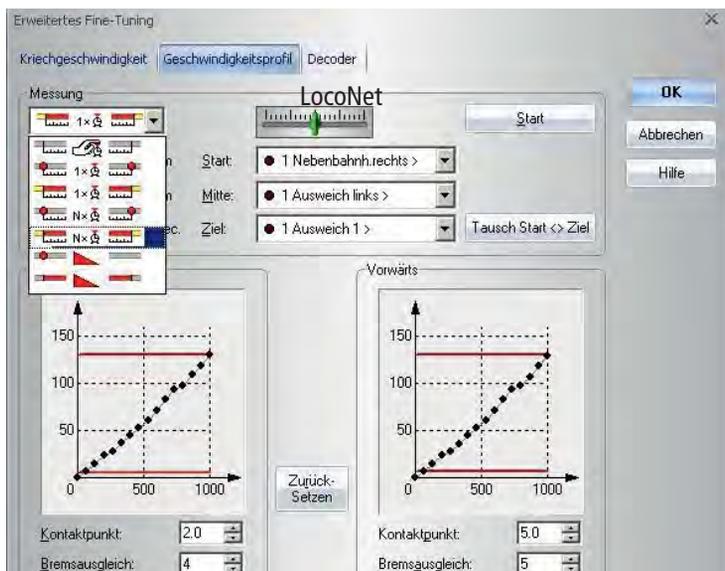
⁴ Im DCC-Protokoll sind Broadcast-Befehle vorgesehen, die von allen Decodern adressunabhängig ausgeführt werden. Wird hier die Fahrstufe „0“ gesendet, kommen alle Triebfahrzeuge unter Beachtung der eingestellten Massesimulation zum Stehen.

⁵ z.B. Bremsgenerator 10779 von Roco oder Digimoba Gleisbaustein 2025, beide für DCC; die Fahrbefehle für die aktiven Fahrzeuge werden aus dem Datenstrom herausgefiltert und gegen solche mit Fahrstufe „0“ bei Erhalt aller anderen Informationen ausgetauscht.

⁶ HLU steht für „Halt-Langsamfahrt-Ultralangsamfahrt“. Bestimmte Füll-Bits im DCC-Signal werden verändert, um einem HLU-fähigen Decoder Informationen zukommen zu lassen. Dieser reduziert die Fahrgeschwindigkeit nach Anforderung auf verschiedene Stufen. Decoder von Zimo, ct-Elektronik und manche von Esu beherrschen das HLU-Bremsen.



Datenverlauf bei Lissy- und Marco-Modulen. Zusätzliche Möglichkeiten ergeben sich, weil LocoNet-Teilnehmer wie Zubehördecoder direkt angesprochen werden können.



Man kann die Triebfahrzeuge und ihr Verhalten in den Modellbahnsteuerprogrammen bekanntmachen. Diesen Vorgang nennt man „Einmessen“ (Screenshot vom TrainController während dieser Prozedur). Mit den danach im Programm hinterlegten Daten kann das Triebfahrzeug punktgenau an der gewünschten Stelle angehalten werden.

Datenstrom ein, sondern sorgen dafür, dass er für die betroffenen Fahrzeuge gleich in passender Weise erzeugt wird. Die Lissy- und Marco-Bausteine von Uhlenbrock fallen in diese Kategorie. Ebenso kann der RCD-2 von Tams in Abhängigkeit von den Adressen der Loks, die in einen seiner beiden Gleisabschnitte einfahren, Schaltvorgänge auslöst

AUF DEN PUNKT PER SOFTWARE

Eine Reihe von Anlagensteuerungsprogrammen verfahren in ähnlicher Weise: Mit der Einfahrt in einen ersten Meldeabschnitt wird eine normale Bremsung des Triebfahrzeugs auf eine niedrige Geschwindigkeit ausgelöst. Mit dieser Geschwindigkeit fährt das Fahrzeug dann weiter bis zu einem zweiten Meldeabschnitt, wo die Fahrstufe auf „0“ gesetzt wird und das Fahrzeug nach kurzer Zeit zum Stehen kommt. Die Abschnitte nennt man entsprechend auch „Brems-“ und „Stopp-“ bzw. „Halteabschnitt“.

Es gibt auch Steuerungssoftware, die ein Fahrzeug völlig individuell auf den Punkt genau bremsen kann. Voraussetzung ist, dass das Fahrzeug „eingemessen“ wurde. Hierbei erzeugt die Software anhand verschiedener Prüffahrten eine interne Fahrzeugkennlinie. Diese dient als Berechnungsgrundlage für das Bremsen, denn die Software „weiß“ nun jederzeit, mit welcher Geschwindigkeit sich das Triebfahrzeug wo bewegt. In dieser Betriebsart ist eine fahrzeuginterne Massesimulation beim Bremsen und Beschleunigen nachteilig, da das Fahrzeug dann nur verzögert auf Fahrstufenänderungen durch die Software reagiert. Hier ist es besser, das Programm für ein passendes Fahrverhalten sorgen zu lassen. Die Software berechnet geeignete Beschleunigungs- und Verzögerungskurven anhand der hinterlegten Fahrzeugdaten und anhand der eingetragenen Zuggewichte. Das visuelle Ergebnis dieser Steuerungsweise ist im Sinne der Vorbildähnlichkeit unübertroffen.

Wie eine Assistenzautomatik zum Anhalten eines Zuges aufgebaut sein kann, haben wir gesehen. Dabei sind wir immer davon ausgegangen, dass wir einen Zug auch wirklich stoppen wollen. Im tatsächlichen Modellbahnbetrieb ist das natürlich nicht immer der

Fall und auch nach einem Stopp muss ein Zug wieder anfahren können.

SIGNALE ALS BREMSAUSLÖSER

Bei der großen Bahn wird dies mittels Signalen geregelt, die befahrbare Gleisabschnitte absichern. Auch bei der Modellbahn sollte man sich an den richtigen Stellen Signale denken, um das Fahren und Halten von Fahrzeugen zu regeln. Steht ein solches virtuelles Signal auf Halt, muss der zugehörige Bremsabschnitt eingeschaltet sein, steht es auf Fahrt, muss der normale Datenstrom im zugehörigen Abschnitt anliegen.

Bei der Modellbahn lohnt es sich allein schon aus optischen Gründen, in nicht verdeckten Bereichen tatsächlich Modellsignale aufzustellen. Sie werden parallel zu den Bremsabschnitten angesteuert und zeigen den jeweiligen Zustand. Mehr noch: Einige Modellsignale bringen einen elektrischen Schalter mit, der zum Einschleifen der zugehörigen Bremsstrecke verwendet werden kann. Besonders beim ABC-System ist dies einfach.

Achtung ist bei kurzschlussempfindlichen Bremsmethoden geboten. Bei diesen ist zusätzlicher Aufwand nötig, um einen solchen Kurzschluss zu vermeiden – allein das ist Grund genug, die entsprechenden Methoden nicht mehr einzusetzen. Die konkrete Ausgestaltung der Bremsstrecke, ihre Länge etc., hängt von der angewandten Methode ab. Detaillierte Aufbauanleitungen finden sich in den Beschreibungen der jeweiligen Produkte. Dort erfährt man auch, wieviele Melder man je Bremsstrecke einbauen muss.

Zählt man die sich ergebenden Meldebereiche auch bei kleinen Anlagen durch, kommt man relativ schnell zu relativ großen Zahlen. Selbst wenn man glaubt, gar nicht so viele Bremsbereiche zu benötigen, sollte man seine Anlage doch zumindest gleis- und verkabelungstechnisch für den späteren Einbau vorbereiten. Ebenso eine falsche Sparsamkeit wäre es, die Gleisbereiche zwischen den Bremsabschnitten ohne Melder zu lassen. Auch wenn man sie jetzt noch nicht braucht, der Moment wird kommen, an dem man sich über seine Weitsicht freut: Man hat alle Voraussetzungen für eine höher integrierte Digi-

taltechnik mit z.B. einer durchgehenden Zugnamen-Anzeige geschaffen.

TECHNISCHE ASSISTENTEN

Gehen wir gedanklich noch einmal einen Schritt zurück: Warum sollten wir überhaupt Bremsabschnitte einbauen, wenn wir unsere Züge doch selbst fahren wollen? Wer ganz sicher ist, immer und jederzeit alle seine Züge manuell betreiben zu wollen, kann sich tatsächlich den ganzen Aufwand mit dem Melden ersparen. So jemand ist dann Lokführer und Stellwerker, Schrankenwärter und Dispatcher in einem, ohne Unterbrechung. Ob Gleis 3 im Schattenbahnhof frei oder belegt ist, und wenn belegt, von wem, kann man natürlich auch mit einem Stift in einer Tabelle erfassen und man kann einen Zug am Einfahrsignal anhalten, um zuerst den Fahrweg im Bahnhof zu stellen. Eine solche Betriebsweise macht tatsächlich Spaß, wenn man zu mehreren ist.

Bei einer Heimanlage ist es sinnvoll, all das zu automatisieren, was weniger Spaß macht. So kann man sich auf das konzentrieren, an dem man die meiste Freude hat, z.B. die Lokbehandlung im Bw. Währenddessen läuft der Streckenbetrieb automatisch weiter und sorgt für die richtige Atmosphäre.

Auch sollte man nicht vergessen, dass auch das große Vorbild eine Reihe von Abläufen per Automatik abwickelt, angefangen beim Selbstblock auf der Strecke über das Bewegen der Weichen und Signale bei der Wahl einer Fahrstraße per Gleisbildstellpult bis hin zu computerisierten Wagenverteilanlagen. Eine Triebfeder für die Automatisierung war und ist sicherlich eine gesteigerte Sicherheit. Aber auch die Arbeitersparnis spielt immer wieder eine große Rolle. Inzwischen werden weite Streckenbereiche von Zentralstellwerken aus bedient.

GEMELDETES TEPPICHBAHNING

Melder sind in fliegenden Aufbauten nur schwierig unterzubringen, da sie immer eine zusätzliche Verkabelung benötigen. Dazu kommt, dass dezidierte Meldesysteme wie s88 oder der RS-Bus zusätzliche Mühe bei der Adressierung machen können, wenn

man den Gleisplan wechselt. Zubehördecoder für Weichen und Signale lassen sich zwar direkt am Gleis betreiben, belasten aber die Endstufe der Digitalsignalerzeugung zusätzlich zum rollenden Material.

Wählt man einen der leicht steckbaren Universalbusse^[7] hat man den Vorteil, hierüber das Zubehör ansteuern und es (in Grenzen) versorgen zu können, sowie über die gleiche Leitung alle Meldungen von seinen Gleisen einsammeln zu können.

Hier ist übrigens die Möglichkeit eines Signals, einen potentialfreien Kontakt schalten zu können, ein großer Vorteil, denn es kann die Umschaltung des zugehörigen Bremsabschnitts automatisch mitübernehmen. Beim Aufbau lässt sich alles, was zur Einrichtung einer Stopp-Stelle nötig ist – Signal mit Zubehördecoder, Bremsabschnitt-Umschaltung, Mel-der – an einer Stelle z.B. in einem kleinen Kästchen konzentrieren. Alternativ zum Signal (mit Schaltkontakt) kann man natürlich auch ein Relais verwenden. Signale ohne Schaltkontakt benötigen in jedem Fall ein solches zusätzliches Relais.

Auf Bedienerseite ist ein Computer prädestiniert für die Auswertung und Anzeige der Meldungen. So schnell und leichthändig wie mit ihm lässt sich nirgendwo sonst der im fliegenden Aufbau entstandene Gleisplan nachbilden und so einfach wie mit ihm lässt sich keine Block- oder Fahrstraßensteuerung aufbauen. Das Ganze kann so weit gehen, dass man auch seine Teppichbahning-Anlage vollautomatisch laufen lässt – exotisch, aber durchaus reizvoll und lehrreich.

Pendeln als Automatisierungsbeispiel

Bei einer Pendelstrecke geht es darum, einen Zug auf einem eigenen Gleisabschnitt hin- und herfahren zu lassen, vielleicht mit einem oder mehreren Zwischenstopps. Das Pendeln ist ein Beispiel für eine Automatik, die neben allen anderen (manuellen) Aktivitäten

auf den Gleisen ablaufen kann und für Atmosphäre sorgt. Es ist auch ein Beispiel für die sinnvolle Anwendung von Meldungen, die vom fahrenden Zug erzeugt werden. Hier zeigt sich auch sehr schön, wie Nachrichten Reaktionen der Steuerung auslösen, die wiederum das Verhalten der Fahrzeuge auf den Gleisen beeinflussen.

Was genau muss beim Pendeln passieren? Gehen wir von einer eingleisigen Strecke mit drei Halte-Orten aus und verlegen wir das Geschehen, um es anschaulicher zu machen, auf eine Bergbahnstrecke: Talstation, Mittelstation, Bergstation. Nehmen wir an, der Pendelzug steht zu Beginn in der Talstation. Mit dem Start des Ablaufs fährt er los Richtung Mittelstation. Bei der Einfahrt dort löst er eine Meldung aus: „Zug nähert sich dem Haltepunkt.“ Der Zug wird daraufhin angehalten und eine Uhr beginnt, die Wartezeit herunterzuzählen. Ist die vorgesehene Aufenthaltsdauer abgelaufen, wird der Zug wieder gestartet und fährt bis zur Bergstation. Dort passiert Vergleichbares, nur dass nach dem Ende der Wartezeit zusätzlich die Fahrtrichtung gewechselt wird. Der Zug ist also jetzt auf dem Rückweg. Er nähert sich der Mittelstation, diesmal von der Bergseite her. Wieder erfolgt eine Meldung, der Zug wird angehalten, die Aufenthaltsdauer abgewartet und der Zug dann wieder Richtung Tal in Bewegung gesetzt. Dort folgt ein weiteres Mal der Ablauf aus Melden, Anhalten und Wartezeit abwarten. Wieder wird die Fahrtrichtung gewendet und der Ablauf beginnt von vorne.

ANALOGE VORGÄNGER

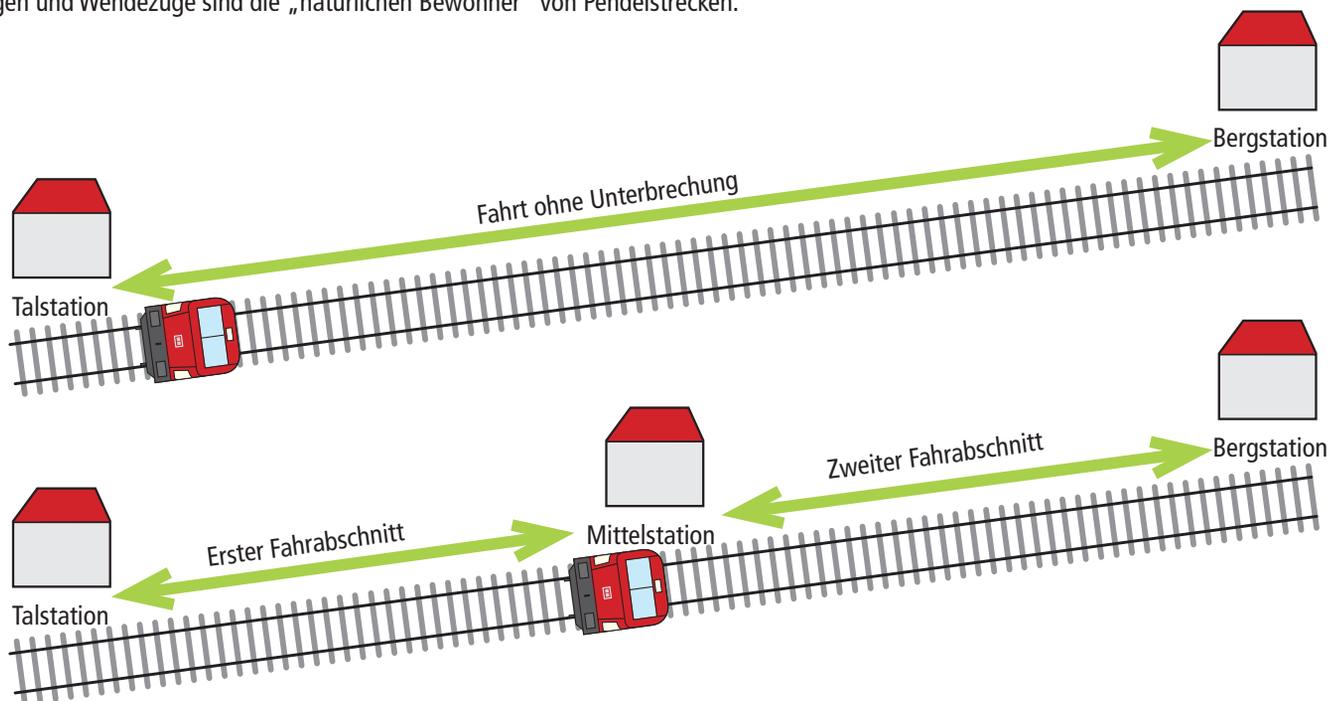
Modellbahnpendelstrecken gab es auch schon zu analogen Zeiten. Eine analoge Pendelzugsteuerung beruht im Wesentlichen auf dem von Aufenthaltsbausteinen ein-, aus- und umgeschalteten Fahrstrom. Die jeweils bei Zugankunft ausgelösten Meldungen starten den zugehörigen Ablauf in diesen Bausteinen.

Mit „Strom ist da – Strom ist weg“ kann man digitale Züge nicht zum Pendeln bringen. Das Besondere am Digitalen ist ja gerade, dass man die Fahrzeuge individuell ansprechen kann. In diesem Fall wird aus dem „Kann“ jedoch ein „Muss“. Genau das Trieb-

⁷ z.B. BiDiB, LocoNet, CAN



Triebwagen und Wendezüge sind die „natürlichen Bewohner“ von Pendelstrecken.



fahrzeug, das pendeln soll, muss an den Streckenendpunkten einen Befehl zur Fahrtrichtungsumkehr erhalten. Dieser Befehl kann von außen zugeführt oder gar im Fahrzeug selbst generiert werden. Man hat nämlich bei der digitalen Pendelbahn die Wahl, wo man die Steuerung unterbringen will: direkt im Zug, in Form lokaler Steuerbausteine, zentral im Steuergerät oder in einem Computer.

DER DECODER PENDELT

Im ersten Fall muss die im Triebfahrzeug des Pendelzugs eingebaute Digitalelektronik das Anhalten, Warten und Wiederanfahren organisieren. Bestimmte Lokdecoder der Firma Lenz sind so konfigurierbar, dass sie eine ABC-Spannungsasymmetrie so auswerten, dass sie ihr Triebfahrzeug nicht nur anhalten, sondern es nach einer einstellbaren Verzögerung mit umgekehrter Fahrtrichtung wieder beschleunigen. Werden an beiden Enden einer Gleisstrecke ABC-Bereiche angelegt, pendelt ein so ausgestattetes und eingestelltes Triebfahrzeug auf der Strecke hin und her. Ein Zwischenhalt lässt sich einrichten, erfordert aber zusätzliche aktive externe Schaltelemente.

Einen anderen Weg zur zuginternen Pendelsteuerung bieten manche Lokdecoder der Firma Tams: Sie verfügen über Eingänge zur Auswertung externer Schalter. Der Einsatz von Magnetschaltern, die durch im Gleis liegende Magnete ausgelöst werden, schlägt der Hersteller selbst vor. Den Schalteingängen lassen sich lokinterne Abläufe wie z.B. „Anhalten–Warten–Weiterfahren“ oder „Anhalten–Warten–Fahrtrichtung wechseln–Losfahren“ zuordnen. So sind auch Pendelstrecken mit mehreren Zwischenstationen realisierbar.

Die zweite Pendelzugvariante basiert auf der individuellen Identifikation eines Fahrzeugs in den Haltebereichen. Es wird nicht nur festgestellt, ob jemand da ist, sondern auch wer. Für das erkannte Fahrzeug wird nun eine Befehlsfolge erzeugt, die zum Anhalten, Warten und Weiterfahren führt. Sowohl die Erkennung als auch die Befehlszeugung erfolgt jeweils in einem Baustein vor Ort. Jede der Haltestellen, in unserem Beispiel Tal, Mitte, Berg, benötigt eine solche Steuereinheit. Die abzuspielenden

de Befehlsfolge lässt sich passend zu den örtlichen Anforderungen einstellen. Während bei Tal und Berg eine Fahrtrichtungsumkehr vorzusehen ist, erhält die Mittelstation eine reine Aufenthaltsfunktion. Lissy- und Marco-Bausteine können dies für eine LocoNet-Anlage leisten.

Bei der dritten Variante der Pendelstrecke übernimmt die Zentrale die Ablaufsteuerung. An den Haltestellen werden Melder eingerichtet, die das Eintreffen bzw. die Anwesenheit eines Fahrzeugs anzeigen. In der Zentrale wird definiert, dass bei Meldungen von diesen Meldern für eine bestimmte vom Anwender ausgewählte Fahrzeugadresse eine Aufenthalts- oder Pendelfunktion ausgeführt wird. Das heißt, auf eine der Meldungen hin wird das Fahrzeug angehalten, eine bestimmte Zeit abgewartet und dann – an den Endpunkten nach der Fahrtrichtungsumkehr – wieder auf Streckengeschwindigkeit beschleunigt. Sowohl die Ecos-Zentrale von Esu als auch die CS3 von Märklin können Pendelbetriebe durchführen, bei der Ecos ohne, bei der Märklin-Zentrale mit Zwischenstationen. Zum Durchführen des Pendelns ist jede Art von Melder, der von der Zentrale verstanden wird, geeignet.

Die vierte Pendeltechnik nutzt die Universalität einer Computersteuerung für die Modellbahn. Der technische Aufbau erfolgt mit Meldern an allen zum Halt vorgesehenen Punkten. Innerhalb der Steuerungssoftware wird nun das Verhalten beim Eintreffen entsprechender Meldungen festgelegt. Im einfachsten Fall wird für ein bestimmtes Fahrzeug das Anhalten, Warten und Wiederlosfahren gesteuert. Der Schritt zu komplexeren Abläufen mit z.B. mehreren Fahrzeugen bei weiterhin bestehender Flexibilität ist jedoch nicht schwer. Bei den anderen Verfahren ist so etwas nur mit Zusatzaufwand und Eingriffen in den Fahrweg und/oder das Fahrzeug zu erreichen.

EIN ZWISCHENHALT

Die verschiedenen Techniken beherrschen ein einfaches Hin- und Herpendeln zwischen der Tal- und der Bergstation gut. Schon ein einfacher Zwischenhalt erhöht jedoch die Komplexität: Die Steuerung muss eindeutig zwischen der Ankunft hier in der Mittelsta-

tion und der an den Wendepunkten unterscheiden und entsprechend ein anderes Verhalten des Pendelzuges abrufen.

Eine Ausbaustufe ist, zwei Fahrzeuge gegenläufig so pendeln zu lassen, dass sich die Fahrwege in der Mittelstation kreuzen. Man benötigt dort also eine Ausweichstelle. Das Abwarten des Gegenzuges wird sinnvoll mit dem (virtuellen) Fahrgastwechsel in der Mittelstation verbunden. Je eine Weiche an der Stationseinfahrt macht den Bahnsteigbereich zweigleisig. Es soll angenommenerweise Rechtsverkehr herrschen, ein Pendelzug soll also immer in das in Fahrtrichtung rechts liegende Gleis einfahren. Zu analogen Zeiten hat man sich in einer solchen Situation gerne eines Tricks bedient: Beide Weichen stellte man jeweils auf „Fahrt nach rechts“ und leitete so einen einfahrenden Zug auf das jeweils gewünschte Gleis. Bei der Zugausfahrt aus dem zweigleisigen Bereich wurde die dann im Fahrweg liegende Weiche einfach aufgeschnitten.

WEICHENBEHANDLUNG

Im Digitalbetrieb ist das Aufschneiden von Weichen jedoch ein absolutes Tabu, ein „No-go“, das man auch nicht „ausnahmsweise“ für seine Ablaufsteuerung in Betracht ziehen sollte. Warum? Wir hatten schon an anderer Stelle in diesem Buch den digitaltauglichen Stromlaufplan von Weichen angeschaut. Daraus geht hervor, dass bei Systemen mit Zweischienenversorgung ein Kurzschluss auftritt, sobald die stromabnehmenden Räder das Herzstück einer stumpf befahrenen falsch liegenden Weiche erreichen. Beim Mittelleitersystem tritt dieser Kurzschluss nicht auf, aber auch hier sollte man sich am Vorbild orientieren und das Aufschneiden von Weichen vermeiden.

Letztlich heißt der Verzicht auf das Aufschneiden, dass beide Weichen einer Zugkreuzungsstelle gezielt umgelegt werden müssen. Das Steuersystem muss jetzt also nicht nur das Fahrzeug kontrollieren, sondern auch die Weichen im Fahrweg. Alle hierfür nötigen Informationen liegen zum jeweiligen Zeitpunkt bereits vor: Nähert sich der Pendelzug, löst er die „Zug-kommt“-Meldung aus. Die Automatik stellt

EOW-TECHNIK STATT AUFSCHNEIDEN



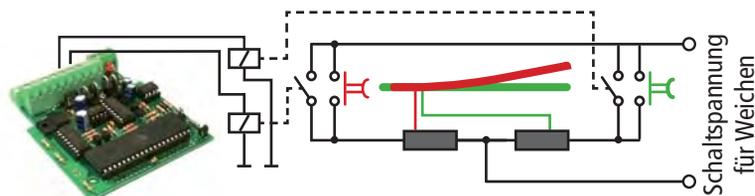
Will man das Aufschneiden von Weichen vermeiden, muss man selbst oder die Automatik streng darauf achten, dass die Weichen im Fahrweg die richtige Lage aufweisen. Setzt man Fahrstraßen ein, ist dies insofern kein Problem, als die Fahrstraße erst dann „steht“ und befahren werden darf, wenn alle dafür nötigen Schalt- und Einstellhandlungen abgearbeitet sind. Hier kann man also (von einem Defekt abgesehen) davon ausgehen, dass die Weichen richtig liegen.

Auf vielen Modellbahnanlagen gibt es jedoch keine Fahrstraßentechnik. Im Gegenteil: Als Betreiber möchte man nach Belieben und Gutdünken durch sein Gleisfeld rangieren und nicht jedesmal erst eine passende Fahr- bzw. Rangierstraße aufrufen müssen. Die Weichen werden operativ vor der Rangiereinheit gestellt, fast wie beim Vorbild, wo der Rangierer von der Rangiereinheit abspringt und die ortsgestellte Weiche in die gewünschte Lage bringt.

Beim Vorbild gibt es gerade im Rangier- und Güterzustellbereich schon immer ortsgestellte Weichen. Da das beschriebene Verfahren zeitraubend und arbeitsintensiv ist, hat man Auswege erdacht: EOW – elektrisch ortsgestellte Weichen. Das Besondere an ihnen ist, dass sie, obwohl sie einen elektrischen Antrieb haben, nicht von einem zentralen Stellwerk aus bedient werden, sondern direkt vor Ort. Manchmal sind kleine Gleisbildtafeln mit Drucktastern aufgestellt, manchmal stehen kurz vor den Weichen Schlagtaster. Diese sind so montiert, dass sie sowohl vom Boden aus als auch, auf einer Säule stehend, vom Führerstand einer Lok aus, bedient werden können. Fortschrittliche Systeme verzichten auf die Schlagtaster an den Zweiggleisen: Die Situation ist eindeutig: Ist hier ein Fahrzeug anwesend, muss die Weiche in die passende Lage gebracht werden. Ein Achsmelder zusammen mit einer Automatik im Schaltschrank gewährleisten dies.

Dieses Modell ist natürlich für die Modellbahn bestehend: Nähert sich ein Fahrzeug über eines der Zweiggleise, reagiert der Melder und löst das passende Umlegen der Weiche aus. Eine solche Automatik ist sicherlich über einen Computer realisierbar, aber gerade hier bieten sich – wie beim Vorbild – lokale Lösungen an: Ein oder zwei Taster am Anlagenrand in der Nähe der Weiche fungieren als Schlagtaster im Weichenzulauf auf die Spitze. Ein Taster reicht, wenn er so konfiguriert ist, dass bei Betätigung die Weichenlage wechselt. Bei zwei Tastern steht jeder für eine der beiden Lagen. Die Tasterauswertung erfolgt per Marco-Melder oder aber für das Tams-System direkt – s.u.

In den Zweiggleisen erfasst je ein kurzer Meldeabschnitt für ein Marco-Modul oder für ein Tams RCD-2 bzw. ein Lissy-Empfänger herannahende Fahrzeuge. Marco und Lissy erzeugen auf dem LocoNet einen passenden Schaltbefehl für die Weiche. Der Tams RCD-2 kann zwar acht Ausgänge beim Erkennen von Fahrzeugen schalten, aber er kann keine Digitalbefehle (wie über das LocoNet) erzeugen. Daher bietet es sich hier an, die Weiche direkt zu schalten. Die RCD-2-Schaltausgänge liefern zwar bis zu 500 mA, es ist jedoch ratsam, ein Relais als „Stromverstärker“ zu verwenden und den Weichenantrieb erst dort anzuschließen.



RailCom-Detektor RCD-2 von Tams

Züge umdrehen

Beim Vorbild ist es eine sehr seltene Sache, dass ganze Züge in ihrer Fahrtrichtung gedreht werden. Standardmäßig wird stattdessen beim Richtungswechsel „rückwärts“ gefahren. Im Modell ist dies bei lokbespannten Zügen gar nicht so einfach zu realisieren. Hier greift man gerne zum Umdrehen per Kehrschleife – und handelt sich damit neue technische Anforderungen ein

Wenn zu Dampfzeiten die Fahrtrichtung eines Zuges beim Vorbild geändert werden sollte, wurde die Lok durch eine frische Maschine am anderen Zugende ersetzt oder die bisherige Zuglok setzte ans hintere Ende der Wagenschlange um. Güterzüge werden immer noch auf diese Weise behandelt. Im Reiseverkehr kommen jedoch oft Wendezüge zum Einsatz, bei denen die Lok mal zieht, mal schiebt oder man setzt gleich auf Triebwagen mit einem Führerstand an jedem Ende. Wesentlich ist in allen Fällen, dass die Ausrichtung der Fahrzeuge auf den Gleisen gleich bleibt und sich nur die Fahrtrichtung ändert. Eine Ausnahme waren Schlepptenderdampflok, die in der Regel für unterschiedliche Vorwärts- und Rückwärtsgeschwindigkeiten konzipiert waren und die man deshalb aufwändig drehen musste, damit sie „richtigerum“ am Zug standen.

Natürlich ist es im Modell möglich, ein Richtungswendeverfahren wie bei der großen Eisenbahn abzubilden und umzusetzen. Einige Modellbahnanlagen haben sogar ein solches Verfahren zum Thema, z.B. wenn sie einen Spitzkehrenbahnhof oder einen Schiebebetrieb zeigen. In den meisten Fällen ist das Lokumkoppeln im Modell jedoch nicht praktikabel: Zum einen nicht, weil das Trennen und Kuppeln je nach verwendetem Kupplungssystem Probleme mit sich bringt, zum anderen, weil bei der Modellbahn die Streckenendpunkte gerne verdeckt ausgeführt werden und daher Rangieren im Dunkeln angesagt wäre.

Bei einer Anlage, die vor allem für das Fahren ausgelegt ist, gibt es zwei Lösungsmöglichkeiten. Entweder lässt man die Züge (verdeckt) im Kreis fahren, sodass sie einen Bahnhof oder anderen markanten Punkt wenig vorbildgerecht immer von der gleichen Seite erreichen. Oder man lässt den Zug am Streckenende eine „Kehr“-Schleife fahren, was ihn vollständig umgedreht zurückkehren lässt. So ganz nach Vorbild ist auch dieses Verfahren nicht, aber immerhin kommt der Zug aus der Richtung zurück, in die er gefahren war.

Auch eine sogenannte Hundeknochenanlage weist solche Schleifen an den Endpunkten auf. Solange aber keine Weichenverbindung zwischen hin- und rückführendem Gleis besteht, haben wir es hier im Grunde mit einem flachgedrückten langgezogenen Oval zu tun. Erst eine Weichenverbindung macht aus der Gleisfigur eine echte Kehrschleife, wo der Zug auf dem gleichen Gleis zurückkehren kann.

Mit Mittelleiter kein Problem

Schaut man sich den Stromlaufplan einer Kehrschleife an, sieht man schnell, dass Mittelleitergleise in diesem Punkt Vorteile haben, solange rechte und linke Schiene gleiches Potential aufweisen. Bei Systemen, die die Schienen zur Stromzuführung zu den Fahrzeugen verwenden, entsteht jedoch ohne besondere Gegenmaßnahmen ein Kurzschluss.

Der einfachste Weg, diesen zu verhindern, ist es, die Schleife in ihrer Polarität umschaltbar zu machen. Bei einer manuellen Steuerung fährt man den Zug in die Schleife, hält ihn an und schaltet um. Nun kann man den Zug weiterfahren lassen. Bei einer analogen Anlage ist dabei



Ein „Hundeknochen“: Die rechte Seite kann durch die Weichenverbindung zur echten Kehrschleife werden.

die am Regler einzustellende Fahrtrichtung umgekehrt zur vorherigen, damit der Zug selbst seine ursprüngliche Richtung beibehält. Bei einer Digitalanlage bezieht sich die Fahrtrichtungseinstellung am Regler hingegen auf das Fahrzeug selbst und nicht auf das Gleis, so dass hier in gleicher Reglerrichtung weitergefahren werden kann.

Das Umschalten lässt sich in verschiedenen Stufen automatisieren. Der erste Schritt ist es, die Polarität innerhalb der Schleife von der Stellung der Weiche in der Art abhängig zu machen, dass sie immer dem möglichen Fahrweg durch die Weiche entspricht. Dies gelingt mit einem gemeinsamen mehrpoligen Schalter.

Der nächste Schritt ist die Einführung von Stopp- und/oder Meldeabschnitten. Diese lösen das Problem, dass ein nicht rechtzeitig von Hand angehaltener Zug einen Kurzschluss an der Stelle verursacht, an der die unterschiedlichen Polaritäten aufeinandertreffen. Im Analogbetrieb kann man die Abschnitte so mit Dioden versehen, dass sie für einlaufende Loks stromlos sind (also als Stoppstelle fungieren), nach dem Umpolen das Weiterfahren der Loks jedoch erlauben.

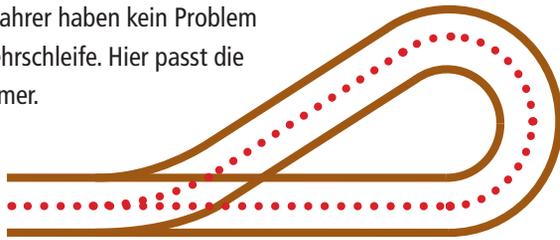
Im Digitalbetrieb beschaltet man die Gleisstellen als Belegmeldeabschnitte. Diese sorgen dafür, dass die Kehrschleife unter dem rollenden Rad umgepolt wird – der Zug also nicht anhalten muss! Für diesen Zweck bieten verschiedene Hersteller Kehrschleifenbausteine an. Manche dieser Elektronik sind auch in der Lage, Kehrschleifen auf analog betriebenen Anlagen korrekt anzusteuern.

Neben den über einen Melder gesteuerten Kehrschleifenbausteinen gibt es für den Digitalbetrieb auch solche, die den Kurzschluss ganz bewusst für den Bruchteil einer Sekunde zulassen, um ihn zu erkennen und dann die Polarität der Schleife umzuschalten. Technisch funktioniert das durchaus sicher und moderne Elektronik schalten so schnell, dass im Kurzschlussmoment keine großen Ströme fließen können bzw. Kurzschlussicherungen im Booster noch nicht ansprechen. Für dieses Verfahren spricht, dass man sich die Meldegleise sparen kann; dagegen spricht, dass ein eigentlich unzulässiger Zustand für einen kurzen Moment bewusst in Kauf genommen wird – mit allen schlimmen Folgen im Fehlerfall.

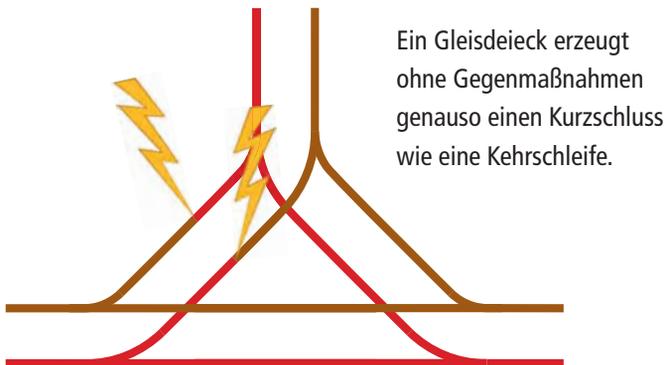
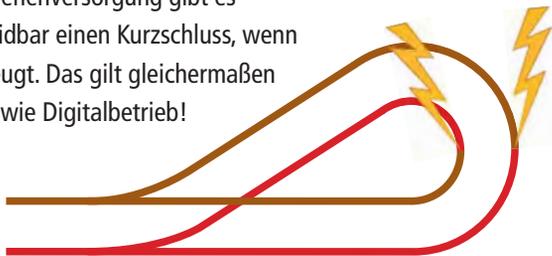
Nicht unerwähnt sollte bleiben, dass ein eine Kehrschleife befahrender Zug nicht länger als der Bereich zwischen den Meldeabschnitten werden darf. Entstehen Brücken zu benachbarten Gleisabschnitten, funktioniert das Umpolen nicht korrekt oder es entstehen Kurzschlüsse.

Das über Kehrschleifen Gesagte gilt natürlich in gleicher Weise für Gleisdreiecke. Auch hier ergibt sich eine Kurzschlussituation bei Gleisen mit unterschiedlicher Polarität der einzelnen Schienen, auch

Mittelleiterfahrer haben kein Problem mit einer Kehrschleife. Hier passt die Polarität immer.



Bei der Zweischienenversorgung gibt es jedoch unvermeidbar einen Kurzschluss, wenn man nicht vorbeugt. Das gilt gleichermaßen für den Analog- wie Digitalbetrieb!

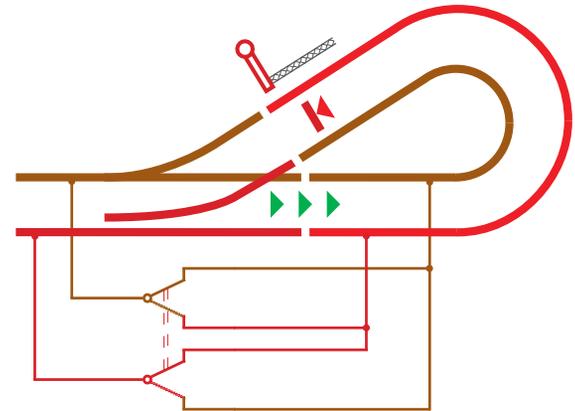


Ein Gleisdeieck erzeugt ohne Gegenmaßnahmen genauso einen Kurzschluss wie eine Kehrschleife.

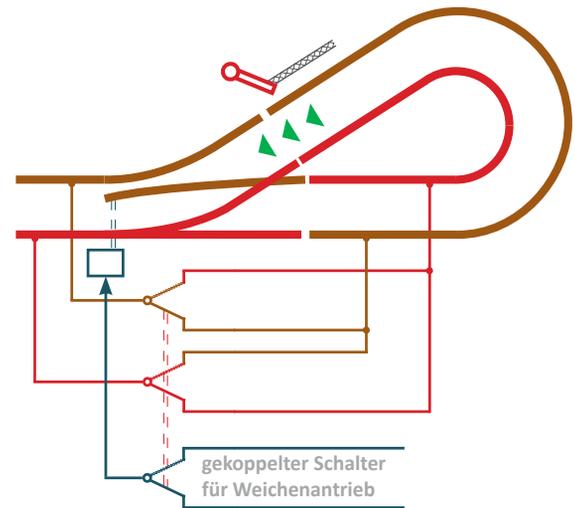
hier sind Mittelleiterschienen nicht betroffen. Der wesentliche Unterschied zur Kehrschleife ist, dass bei einem Gleisdrei- oder auch -fünfeck die Fahrtrichtung eines Schienenfahrzeugs bewusst umgekehrt wird und dass zwischen den Fahrten Weichenlagen angepasst werden. Beim Vorbild ist der Sinn einer solchen Anordnung tatsächlich das Umdrehen eines Fahrzeugs oder Zuges.

VORSICHT WENDE-FALLE!

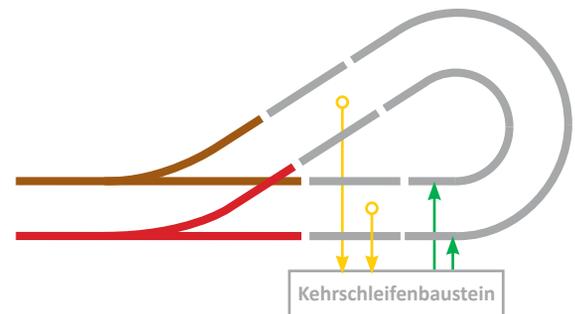
Eine bewusst geplante Kehrschleife ist kein Problem, hier kann man elektrische und elektronische Vorsorge treffen. Schwierig wird es jedoch, wenn unerkannte Kehrschleifen entstehen wie z.B. im Beispiel mit dem Hundeknochen rechts. Gleisdreiecke können ähnlich unentdeckt bleiben, wenn sich der dritte Schenkel des Dreiecks auf einem anderen Anlagenteil befindet. Auch eine Kehrsituation, die nur bei bestimmten Weichenstellungen „funktioniert“, kann lange unentdeckt bleiben und zur Fehlerquelle werden. Wenn es also irgendwo „klemmt“ und unklare Kurzschlüsse entstehen, lohnt sich auch eine Prüfung unter dem Blickwinkel unerwünschte Kehrschleife und ungeplantes Gleisdreieck.



Der Ausweg: Man macht die eigentliche Schleife in ihrer Polarität umschaltbar. Nun kann ein Zug ein-, aber nicht durchfahren. Er muss in der Schleife warten, bis die Polarität passend eingestellt wurde.



Nach dem Umschalten ist der Weg frei.



Mit Stopp- und/oder Meldestellen lässt sich die Durchfahrt durch die Kehrschleife automatisieren.

nun als Erstes die zugehörige Einfahrweiche in der richtigen Weise und beginnt dann das Bremsen. Ist später der Aufenthaltstimer abgelaufen, wird zuerst die Ausfahrweiche gestellt, bevor das Fahrzeug beschleunigt wird. So ist sichergestellt, dass der Zug jederzeit eine für seinen Fahrweg passend liegende Weiche vorfindet.

Das Verfahren muss natürlich auch mit einem Gegenzug funktionieren, dafür betreibt man den Aufwand schließlich. Es ist also sicherzustellen, dass die Zugkreuzung tatsächlich an der Ausweichstelle stattfindet und es nicht zu einer Zugbegegnung auf freier Strecke kommt. In die Ablaufsteuerung ist also noch eine Sicherheitsbedingung einzubauen: In der Mittelstation darf erst dann wieder losgefahren werden, wenn beide Züge da sind.

Die Steuerung muss nun also nicht nur wissen, wo sich ein Zug befindet, damit sie die korrekten Fahrbefehle erzeugen kann, sondern benötigt zumindest weitere Informationen von Belegtmeldern. Eine lokinterne Steuerung der Zugbegegnung scheidet damit

aus, ebenso eine einfache zentraleninterne Lösung wie bei der Ecos. Ein System mit lokaler Intelligenz kann die Aufgabe lösen, benötigt aber zusätzliche Elemente. Eine Computersteuerung ist jedoch prädestiniert für eine solche Aufgabe.

WELCHE VARIANTE NEHMEN?

Das Beispiel mit dem Pendelzug zeigt sehr schön, dass eine einfache Automatisierung auf verschiedenen Ebenen, vom Fahrzeug bis hin zum Computer, ansetzen kann. Es gibt hier keine „bessere“ oder „schlechtere“ Variante. Entscheidend ist vielmehr, dass die gewählte Technik die gestellten Ansprüche mit vertretbarem Aufwand erfüllt. Wenn bereits einzelne benötigte Aspekte oder Komponenten einer Lösung vorhanden sind, ist es naheliegend, diese auch zu nutzen.

Ist man völlig frei in seiner Wahl, weil z.B. noch keine Digitalkomponenten vorhanden sind, hängt die Entscheidung von der Art und Größe des Anlagenbaus und natürlich von persönlichen Vorlieben ab. Beim fliegenden Aufbau auf dem Boden sind Meldesysteme relativ schwer zu realisieren, da sie eine extra Verkabelung erfordern. Hier bietet sich das Lenz'sche ABC-Verfahren an, das – wenn es ums einfache Pendeln geht – ohne zusätzliche Kabel auskommt. Umgekehrt wird man bei einer Anlage mit computergesteuerten Fahrstraßen kaum zu einer lokalen Technik greifen, um eine Pendelstrecke einzurichten. Auf der Anlage sind wahrscheinlich schon alle Meldeabschnitte vorhanden, die man braucht. Es fehlt „nur“ noch die Einstellung der Software ...

Eine Motivation für die Auswahl einer bestimmten Steuerungsvariante ist natürlich auch die technische Neugier. Mit einer solch klaren kleinen Aufgabenstellung wie „Pendelstrecke“ lässt sich gut etwas ausprobieren, da kann man mit noch unbekanntem Techniken Erfahrungen sammeln, ohne seinen eigentlichen Anlagenbetrieb in Unordnung zu bringen. Dabei sollte man auch eines nicht vergessen: Es macht für sich genommen enormen Spaß, eine technische Lösung auszutüfteln. Ein Teil des Reizes einer Automatisierungslösung liegt immer auch darin, sie zu entwickeln und umzusetzen.

PENDELTECHNIKEN



Die vorgestellten Pendeltechniken beruhen auf digitalen Fähigkeiten verschiedener Komponenten. Im direkten Vergleich werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Lösungen deutlich:

Technik	Aufwand	Vorteil	Nachteil
ABC	Eingriff in Strecke	einfach und preiswert, ohne Zusatzverkabelung	spezielle Decoder
Tams	Eingriff in Tfz und Strecke	ohne Zusatzverkabelung	Eingriff in Tfz
Lissy	Eingriff in Tfz und Strecke	vielfältig nutzbar	Zusatzverkabelung; LocoNet-Zentrale
Marco	RailCom-Decoder, Eingriff in Strecke	vielfältig nutzbar	Zusatzverkabelung; LocoNet-Zentrale
Zentrale	Eingriff in Strecke	vielfältig nutzbar	Zusatzverkabelung für Belegtmelder
Software	Interface, Eingriff in Strecke	vielfältig nutzbar	Zusatzverkabelung für Belegtmelder

DIGITAL-TECHNIK

VERSTEHEN UND ANWENDEN

Das Modellbahn-Magazin für
Elektrik, Elektronik, Digitales und Computer.
Künftig 4 x jährlich – aktuell, ausführlich,
praxisnah.

Ausgabe 3/2019
mit diesen Titelthemen:

TITELTHEMA: GARTENBAHN

- Funkhandregler und Großbahn-Booster
- BR 80 mit Sound und G-Wagen mit Licht
- Fernbediente Schiebetüren
- Arduino steuert 218

WEITERE THEMEN:

- Dr. René Wilfer von Piko im Interview
- Touchscreen-Dr-Stellwerk
- Fernbediente Schiebetüren
- 1:160-TEE digitalisiert

Weitere Infos unter
www.vgbahn.de



Geballte Kompetenz von:

Eisenbahn
JOURNAL

MIBA
DIE EISENBahn IM MODELL

**Modell
Eisen
Bahner**



ALLE 3 MONATE **NEU** AN IHREM KIOSK

VGB
[VERLAGSGRUPPE BAHN]

Erhältlich im Fach- und Zeitschriftenhandel oder direkt:
VGB-Bestellservice, Am Fohlenhof 9a, 82256 Fürstenfeldbruck
Tel. 08141/534810 oder per Fax 08141/53481100 oder E-Mail service@vgbahn.de

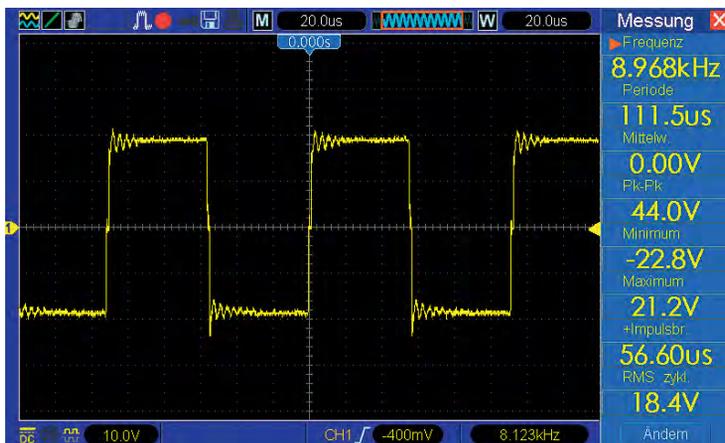
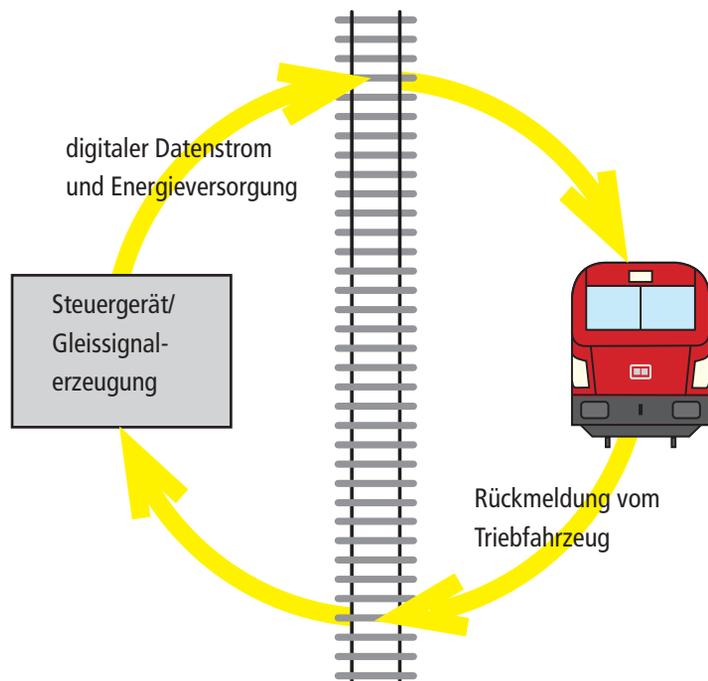




KAPITEL 5

DIE TECHNIK DAHINTER

Was ist „digital“?



So wird ein recht sauberes digitales Gleissignal auf einem Oszilloskopschirm dargestellt. Die leichten Überschwinger an den Flanken sind technisch bedingt und tolerierbar.

Noch einmal auf den Punkt gebracht, was digital leistet: Mithilfe passender Steuergeräte werden die Eingaben des Benutzers so an Modellfahrzeuge und Zubehör übermittelt, dass diese unabhängig voneinander auf dem gleichen Gleis fahren und/oder Aktionen durchführen können. Hierzu ist jedes Modellfahrzeug und jedes Zubehörgerät über seine eigene Adresse erreichbar, an die die entsprechenden Fahr- und Aktionsbefehle übermittelt werden. Es ist möglich, das Steuerverhalten an die eigenen Bedürfnisse anzupassen und auch mehrere Fahrzeuge und Geräte gleichzeitig mit einem Steuergerät zu kontrollieren.

Die Kommunikation zwischen Steuergerät und Modellfahrzeug erfolgt auf digitalem Weg.

Der Begriff „digital“ umfasst verschiedene Aspekte. Da gibt es zum einen digitale Signale, also Signale, die so definiert sind: Sie können nur eine begrenzte Anzahl verschiedener Werte annehmen und weisen nur zu bestimmten Zeitpunkten Signaländerungen auf. Zum anderen bedeutet „digital“ eine Technologie, um Signale dieser Art erzeugen, senden, empfangen und auswerten zu können. Bei der Modellbahn liegt das digitale Signal in der Regel als Folge von Spannungspegeln vor, die Kommunikation wird also elektrisch vermittelt. Andere Übertragungsmethoden, wie z.B. eine Funkübertragung, sind bisher Nischenentwicklungen geblieben und haben kaum Verbreitung gefunden.

Man kann sich die digitale Informationsübermittlung ein wenig wie beim Morsecode vorstellen: Dort gibt es kurze und lange Töne sowie Pausen. Die eigentliche Information ist in der Abfolge der Töne und Pausen versteckt. Die Bedeutung einer Ton- und Pausenfolge ergibt sich aus einer Codetabelle. Beim internationalen Morsecode ist z.B. festgelegt, dass ein einzelner langer Ton ein „T“ bedeutet, eine Folge aus viermal kurz jedoch ein „H“.

Der Morsecode – in die Codierung flossen die Erfahrungen aus zwei Jahrzehnten Morsecode – wurde 1865 auf dem Internationalen Telegraphenkongress in Paris standardisiert. Damit sorgte man endgültig

und weltweit dafür, dass sich Sender und Empfänger über die Bedeutung einzelner Tonfolgen einig waren. Natürlich wären auch andere Codierungen mit einer anderen Zuordnung der Tonfolgen zu Buchstaben und Ziffern denkbar gewesen. Aber auch in diesem Fall wäre es entscheidend für das Funktionieren der Kommunikation gewesen, dass Sender und Empfänger die gleichen Codetabellen verwenden.

Protokolle

Bei der Modellbahn heißt eine solche Codetabelle „Protokoll“. Da die Kommunikation über das Gleis erfolgt, spricht man auch vom „Gleisprotokoll“. Bei der kleinen Bahn existieren im Gegensatz zum international genormten Morsecode verschiedene Protokolle nebeneinander. Sie wurden von diversen Herstellern zu verschiedenen Zeiten mit unterschiedlichen Schwerpunkten entwickelt. Heutzutage sind die Unterschiede zwischen den Protokollen für den privaten Anlagenbetreiber eher nebensächlich. Zeitgemäße Digitaltechnik für die Modellbahn ist „mehrsprachig“ und erzeugt und verarbeitet mehrere Protokolle parallel: multiprotokoll.

Warum überhaupt verschiedene Protokolle? Wie bei vielen neuen Technologien setzte auch bei der Entwicklung der digitalen Modellbahn früh ein Wettbewerb der Ideen und Möglichkeiten ein, der sich mit Aspekten von Firmenpolitik und Marktmacht durchmischte. So fanden im Wesentlichen vier Protokolle Verbreitung, die jeweils auch mit Firmen, Personen und Institutionen verknüpft sind. Dies sind:

- „Märklin-Motorola“, abgekürzt „MM“, das einen Teil seines Namens vom Elektronikhersteller Motorola erbt, für dessen Übertragungs-Chips sich Märklin entschied, als man Märklin-Digital Mitte der 1980er entwickelte;
- „mfx“, das Digitalprotokoll für Märklin-Systeme, das 2004 auf den Markt kam und von Märklin gemeinsam mit der Firma Electronic Solutions Ulm (Esu) entwickelt worden war;
- „Selectrix“, abgekürzt „Sx“, das 1982 von Trix (als diese noch eine unabhängige Firma waren) vorge-

stellt wurde und von der Firma Doehler & Haass (D&H) für Trix entwickelt worden war;

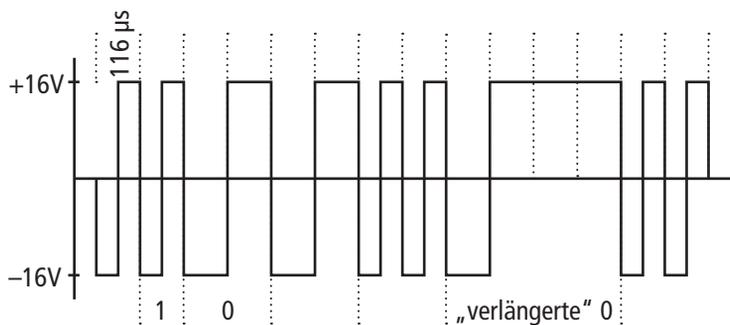
- „DCC“ (für „digital command control“), das von einem Team um Bernd Lenz, dem Gründer und Chef der Firma Lenz Elektronik, entwickelt worden war und zu Beginn der 1990er von der NMRA, der Modellbahnvereinigung der USA („National Model Railroad Association“), zur Norm erklärt wurde.

Zum Glück erkannte man schon früh, dass eine Koexistenz der Systeme für alle Beteiligten überlebenswichtig ist. Der europäische Modellbahnverband NEM übernahm DCC und Selectrix in den eigenen Normenkatalog. MM, als quasi Standard in der Märklin-Welt, wurde zwar technisch entschlüsselt, aber offiziell nicht freigegeben. Märklin tolerierte jedoch, dass andere Anbieter Produkte mit MM-Unterstützung entwickelten. Um mfx gab es eine Zeit lang lizenzrechtliches Gerangel, aber auch hier hat man zu einer friedlichen Koexistenz gefunden.

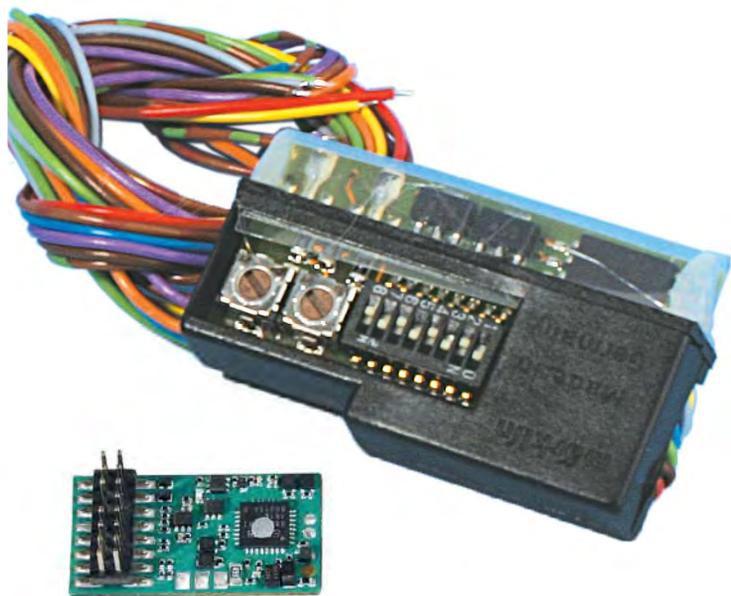
Heutzutage kooperieren alle Anbieter in einer vor einem Vierteljahrhundert noch undenkbaren Weise miteinander. Mit der RailCommunity hat man ein Gremium geschaffen, in dem technische Entwicklungen diskutiert und, wenn möglich, zum Nutzen der ganzen Branche in Normen überführt werden. Der Wettbewerb um Ideen und Kunden findet heute auf anderen Ebenen statt.

ELEKTRISCHE KOMMUNIKATION

Die Befehlsübermittlung zwischen Bediener und Modell auf den Gleisen findet elektrisch statt, wobei die zu übermittelnden Informationen anhand der im Gleisprotokoll festgelegten Regeln digital codiert werden. Auf Senderseite macht dies eine Elektronik, die häufig als „Zentrale“ bezeichnet wird. Sie nimmt entgegen, was der Anwender an Bedienschritten vornimmt und generiert dazu passende digitale Zeichen in Form einer Folge von „0“ und „1“, also binären Bit-Werten. Jede „0“ heißt „keine Spannung“, jede „1“ dagegen „volle Spannung“. Es entsteht eine Wechsellspannung, die über das Gleis an die Modellbahnfahrzeuge übertragen wird.



Der prinzipielle Aufbau des DCC-Signals basiert auf einem 58-µs-Zeitraster. So lange muss eine negative und dann nochmal eine positive Spannung anliegen, damit ein Decoder dies als logische „1“ erkennt. Doppelt so lange Spannungswerte werden als „0“ interpretiert. Die relativ hohe Spannung von für H0 16 V, für größere Spuren bis 22 V, macht die Datenübertragung recht unempfindlich gegen Störungen. Da die Bitfolgen symmetrisch sind, ist das DCC-Signal eine reine Wechselspannung mit zwei Frequenzen ($\sim 8,6$ kHz und $\sim 4,3$ kHz). Der Gleichspannungsanteil ist also normalerweise Null. Die Spezifikation unterstützt das einseitige Verlängern von 0-Bits. Dadurch entsteht ein Gleichspannungsanteil, der es erlaubt, Fahrzeuge ohne Decoder im Notbetrieb fahren zu lassen.



In der direkten Gegenüberstellung wird der technische Fortschritt deutlich: Oben ein fast 20 Jahre alter Märklin-Decoder aus einem Nachrüstset mit Hochleistungsmotor, unten ein 2019er IntelliDrive2-Decoder von Uhlenbrock mit PluX16-Schnittstelle, der im Vergleich zum älteren Kollegen ein Vielfaches an Dingen beherrscht. Der Abbildungsmaßstab ist ungefähr gleich.

Dort dient diese Wechselspannung, also das digitale Gleissignal, einerseits als Energieversorgung^[1] für Antriebe, Lichter, Geräusche und die sonstigen Funktionen, andererseits stecken in den Wechsellagen der Wechselspannung die Informationen, die übertragen werden sollten. Um diese zurückzugewinnen, müssen die Folgen von „0“ und „1“ passend entschlüsselt, also „decodiert“ werden.

Decoder

Im zweiten Kapitel hatten wir Decoder bereits aus funktionaler Sicht kennengelernt. Hier soll es um ihren technischen Aufbau gehen. Es handelt sich um kleine Elektronikbausteine, die auf der einen Seite das digitale Gleissignal empfangen und auf der anderen alle verschiedenen Elemente eines Modellfahrzeugs ansteuern. Die meisten Triebfahrzeuge bei der Modellbahn sind Lokomotiven, und so spricht man von „Lokdecodern“ (in Abgrenzung zu „Funktionsdecodern“ und „Zubehördecodern“), wenn die Rede von Decodern mit Motoranschluss ist.

In den über dreißig Jahren seit der Markteinführung erster Digitaldecoder hat die Elektronik eine rasante Entwicklung genommen. Immer mehr Leistung wird auf immer kleinerem Raum untergebracht, sodass die Fähigkeiten der Digitaldecoder enorm gestiegen sind und auch weiter von Generation zu Generation steigen. Dabei ist die Entwicklung bei Weitem nicht so halsbrecherisch wie z.B. bei modernen Mobiltelefonen, die mit ihrer Rechenleistung weit über den vor einem Vierteljahrhundert üblichen Bürocomputern der XT- oder auch AT-Klasse liegen.

Sehr zur Enttäuschung mancher Modellbahner ist auch der Preisverfall der Elektronik bei Weitem nicht mit dem bei Computern und Mobiltelefonen vergleichbar. Dafür sind einfach die Stückzahlen

¹ Für die Gleisspannung gelten je nach Baugröße folgende Richtwerte: Z => 9–10 V; N => 11–13 V; TT => 12–14 V; H0 => 13–15 V; 0 => 14–16 V; I => 16–18 V; II => 18–22 V. Die nach Normen maximal zulässige Spannung beträgt 22 V. Eine digitale Gleisspannung ist eine rechteckförmige Wechselspannung von etwa 10 kHz. Normale Multimeter können zur Spannungsmessung nicht verwendet werden!

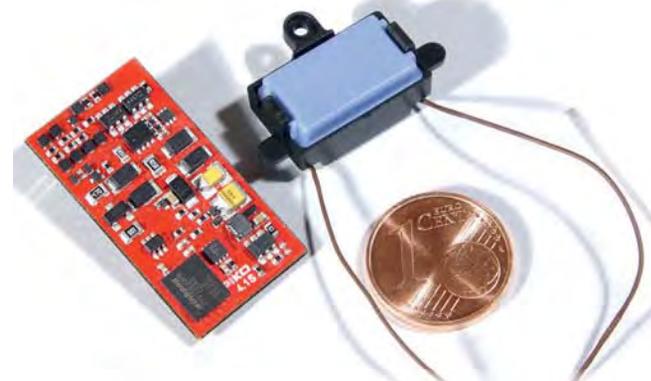
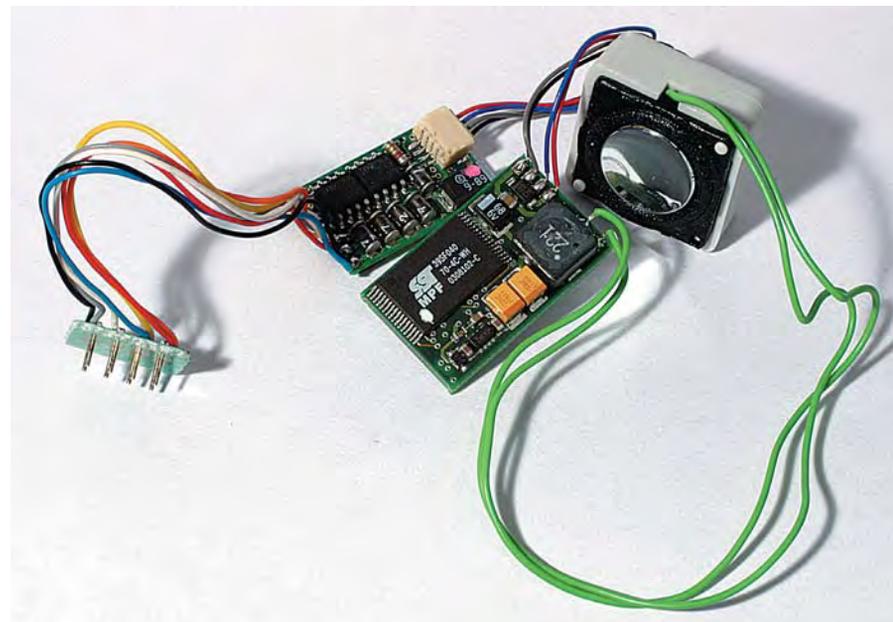
bei der Modellbahnelektronik viel zu klein, als dass sich effizientere Produktionsmethoden hier deutlich auswirken würden. Preisbestimmend ist nach wie vor die auf das Einzelstück umgelegte Ingenieursleistung, die über die Jahre hinweg ungefähr konstant geblieben ist. So kommt es, dass sich niedrigere Elektronikpreise auf der einen Seite und Inflation und gestiegene Löhne auf der anderen Seite ungefähr die Waage halten: Ein Fahrdecoder kostet circa im Bereich 20, 25, 30 Euro, ein Sounddecoder um die 75 bis 100 Euro – und das seit vielen Jahren.

Natürlich entwickeln sich die Fähigkeiten der Decoder kontinuierlich weiter. Dieser Prozess ist jedoch fließend und niemand muss Angst vor Fehlinvestitionen haben. Eine Modellbahn mit ihren Loks und Wagen und auch ihrer Landschaft und den Gebäuden ist im privaten Umfeld selten eine homogene Sache, sondern meist das Ergebnis jahrelanger Sammeltätigkeit und kontinuierlicher Beschäftigung mit dem Hobby. Es ist also ganz normal, modernste Technik neben zwanzig oder noch mehr Jahre alten Schätzchen zu finden. Sie alle sollen gemeinsam betrieben werden können, ohne sich gegenseitig zu stören oder gar zu behindern. Möglich wird dies durch die ausgeprägte Betonung der Produktkontinuität auf Seiten der Hersteller und eine starke für Kompatibilität sorgende Normung^[2].

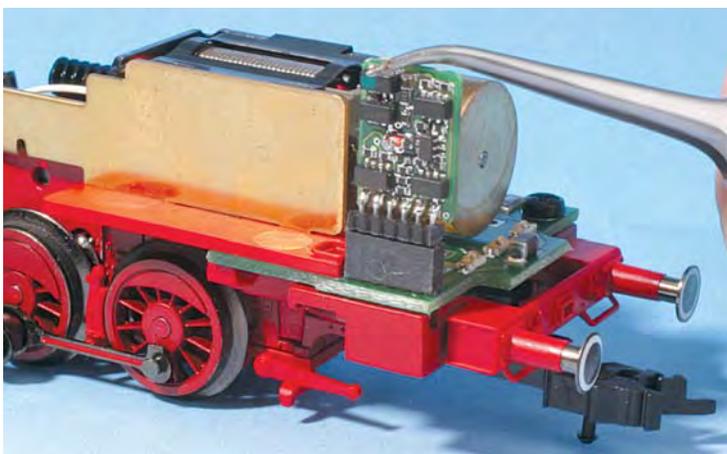
Wir hatten schon besprochen, dass viele der Fähigkeiten eines Eisenbahnmodells für den Bediener über Funktionsnummern schaltbar gemacht sind. Aus technischer Sicht wird dies entweder decoderintern (Rangiergang, Geräuscherzeugung etc.) erledigt oder, wie beim Fahrlicht, als elektrischer Anschluss für eine externe Beschaltung ausgeführt. Um die steuernden Elektroniken austauschbar zu machen und

² Der „Verband der Modelleisenbahner und Eisenbahnfreunde Europas“, MOROP, erarbeitet und aktualisiert die Normen Europäischer Modellbahnen (NEM). In diesen Normen sind alle relevanten Festlegungen für ein gutes Zusammenspiel der verschiedenen Modellbahnkomponenten getroffen. Die NEM sind unter www.morop.eu/index.php/de/nem-normen.html jederzeit einsehbar. Neben dem MOROP (als Interessenvertretung der Anwender) besteht mit der „RailCommunity“ ein Verband der Digitalhersteller, der eigene Normen, die RCN, entwickelt und verabschiedet (einsehbar unter www.railcommunity.org/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=61). Beide Verbände arbeiten eng zusammen und übernehmen Normungen vom jeweils anderen.

Bedenkt man, dass ein Decoder kein den Moden unterworfenen modernes Gadget wie ein Handy ist, sondern ein langfristiges Investitionsgut, das auch in zehn Jahren nichts von seinen Fähigkeiten verloren hat, relativiert sich der Preis: Drei oder auch zehn Euro im Jahr für die Steuerung einer Lok sind wahrlich nicht viel ...



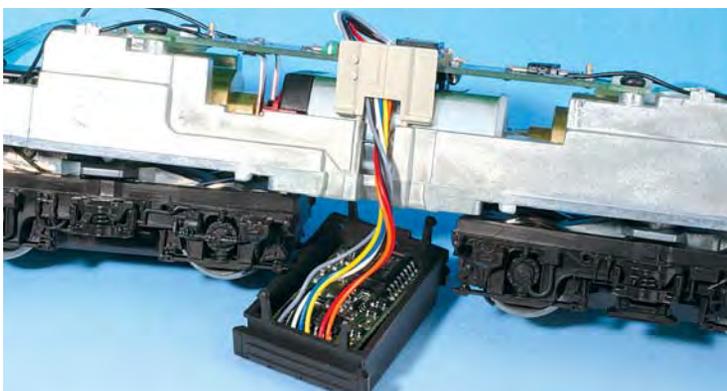
Noch einmal zwei Decodergenerationen in der Gegenüberstellung: Oben ein rund 15-jähriger Uhlenbrock 76500 mit NEM-652-Stecker, am Decoder angeschlossen ein Susi-Soundmodul und Lautsprecher; unten ein brandaktueller „Smart Decoder 4.1“ von Piko mit PluX22-Schnittstelle und zugehörigem Lautsprecher.



Technik von der Mitte der Nuller-Jahre: Eine bereits mit Schnittstelle ausgestattetes Fleischmann-Modell der Baureihe 81 erhält einen NEM-651-Decoder. Der freie Führerhausdurchblick bleibt gewahrt, auch wenn der Decoder etwas in die Fensteröffnung hineinragt.



In diesem Piko-Triebwagen findet sich eine NEM-652-Schnittstelle mit einem Blindstecker.



Viele ältere Modelle weisen eine NEM-652-Schnittstelle auf. Bei Drehgestellfahrzeugen findet man häufig zwischen den Drehgestellen einen Raum für den Decoder.

Montagekosten zu sparen, erfanden die Hersteller schon früh elektrische Stecksysteme, bei denen eine passende Buchse im Fahrzeugmodell einem entsprechenden Stecker an einem Decoder Anschluss bietet. Ein solches Stecksystem in einem Triebfahrzeug heißt „Schnittstelle“.

SCHNITTSTELLEN

Wie auch bei den Protokollen gab es über die Jahre hinweg parallele Weiterentwicklungen der Grundidee mit ähnlichen Ergebnissen, die heute einträchtig nebeneinander existieren. Um Kompatibilität und Funktionssicherheit zu gewährleisten, wurden die Schnittstellen schon früh genormt. Die meisten Decoderhersteller bieten ihre Produkte für verschiedene Anschlussmethoden an. Neben Kabeln mit offenen Enden gehören aktuelle, aber auch historische Schnittstellen^[3] dazu. Wem es wichtig ist, der könnte also Decoder des gleichen Typs in seine Lokomotivflotte einbauen, auch wenn die verschiedenen Fahrzeughersteller sich bei ihren Modellen für unterschiedliche Schnittstellentypen entschieden haben^[4].

Die Schnittstellenvielfalt hat technische und historische Gründe. Eine wesentliche Einflussgröße ist der im Fahrzeugmodell vorhandene Einbauraum. Von ihm hängt ab, wie viele Kontakte eine Schnittstelle haben kann und wie kräftig (=> Strombelastbarkeit!) diese Kontakte ausfallen dürfen. Der zweite Faktor ist die zum jeweiligen Zeitpunkt zu akzeptablen Preisen verfügbare Stecksystemtechnologie. Zu Beginn der Decodertechnik fand in der allgemeinen Elektronik der Übergang von mit Drähten versehenen Bauteilen zu nur auf einer Platinenoberfläche auflötbaren Elementen (SMD) statt. Damit einher ging eine immer weiter gehende Verkleinerung der Bauteile. Nur die

³ Beginnend mit der NEM 650, in der allgemeine Schnittstellenregeln definiert sind, legen die NEM 651 (6-polig), 652 (8-polig), 658 (PluX12/16/22), 660 (21mtc), 662 (next18/next18s) und 663 (PluG – primär für Gartenbahnen) die wesentlichen Schnittstellen fest. Noch nicht genormt, aber ein defacto Standard ist die Schnittstelle mtc14, die speziell für Fahrzeuge kleiner Spuren entwickelt wurde.

⁴ Das gelingt natürlich nicht mit jedem Decodertyp, sondern mit den für den jeweiligen Hersteller wichtigsten Typen, die in der Regel für Fahrzeuge im H0-Maßstab entwickelt wurden. Im Einzelfall müsste man sicherlich passende Schnittstellenstecker nachrüsten oder auch frei verdrahten.

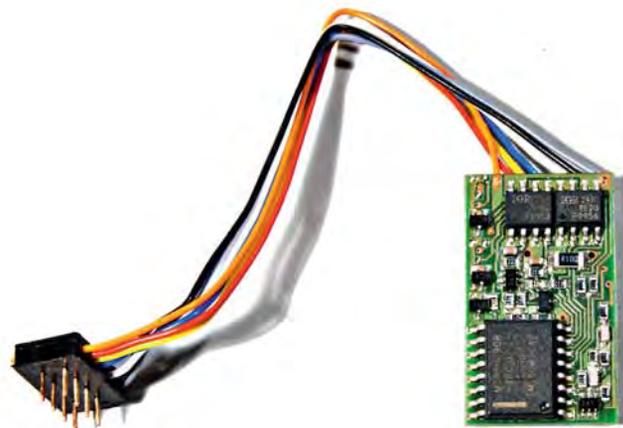
– speziell in der Computertechnik vielpoligen – elektrischen Steckersysteme verharren noch für einige Jahre bei den alten Bauformen mit durch Löcher in den Platinen geführten und dort verlöteten Pins. Der typische Abstand dieser Pins beträgt 2,54 mm (= 1/10 Zoll), ein Maß, das noch sehr gut für Menschen handhabbar ist und das auch heute noch bei vielen elektronischen Anwendungen angetroffen werden kann.

Für die weit verbreiteten H0-Modelle verwendete man eine achtpolige Buchse – zwei Reihen zu je vier Kontakten – in diesem Rastermaß. Diese Buchse ist in der Art im Modellfahrzeug angeschlossen, dass auch ein verdrehtes Einstecken des Decoders keinen Schaden anrichten kann und eine Grundfunktionalität des Modells erhalten bleibt.

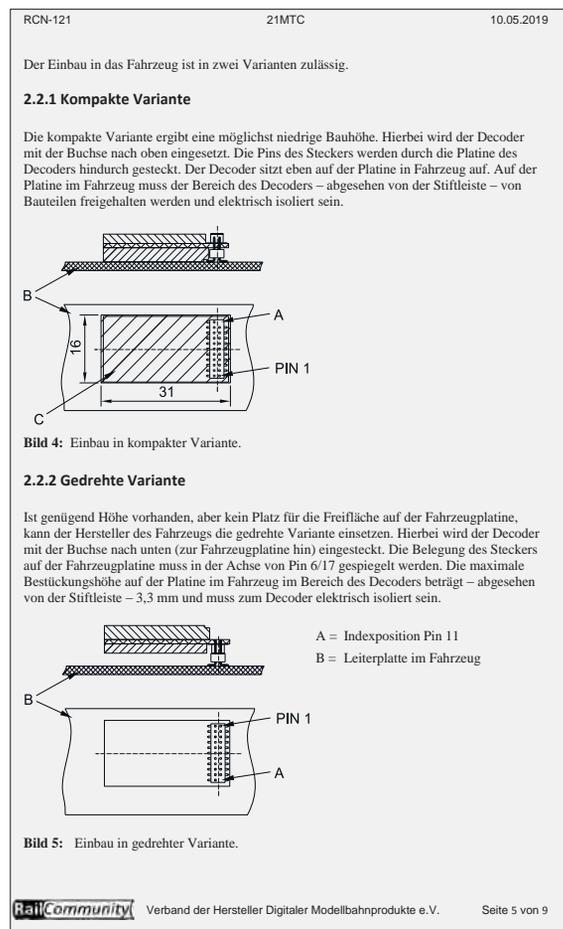
Für die Modelle des kleineren N-Maßstabs war die achtpolige Buchse zu groß. Natürlich gab es auch Stecksysteme mit engeren Pinabständen. Eine gewisse Verbreitung hatten in der Elektronik Stecker-Buchsen-Paarungen mit einem Rasterabstand von 1,27 mm gefunden und so begann man auch bei der Modellbahn, diese zu verwenden. Der Platzsparswunsch ging hier sogar so weit, dass man statt der eigentlich nötigen mindestens sieben Pins nur sechs in der Schnittstelle unterbrachte.^[5] Man bemüht hier einen schaltungstechnischen Trick, bei dem einer der beiden Gleisanschlüsse gleichzeitig als Rückleiter für das Licht verwendet wird.

Den technisch und funktional veralteten acht- und sechspoligen Schnittstellen begegnet man bei gebraucht erworbenen Modellbahnfahrzeugen noch sehr häufig. Daher gibt es auch noch viele verschiedene Decoder für diese Schnittstellen zu kaufen. Diese (und alle weiteren besprochenen) Schnittstellen wurden genormt: die sechspolige unter NEM-651, die achtpolige unter NEM-652. Genauso werden die Schnittstellen auch heute noch bezeichnet, eigene Namen erhielten sie im Gegensatz zu ihren Nachfolgern nicht.

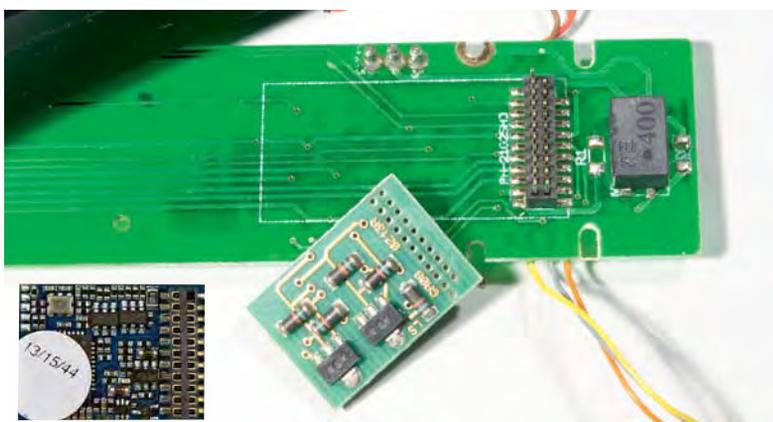
⁵ In der „Grundausstattung“ benötigt man sieben Verbindungen zwischen Fahrzeug und Elektronikbaustein: Zwei zum Gleis, zwei zum Motor, ein „Hinpol“ für das Licht vorne, ein „Hinpol“ für das Licht hinten und einen gemeinsamen Rückleiter für das Licht.



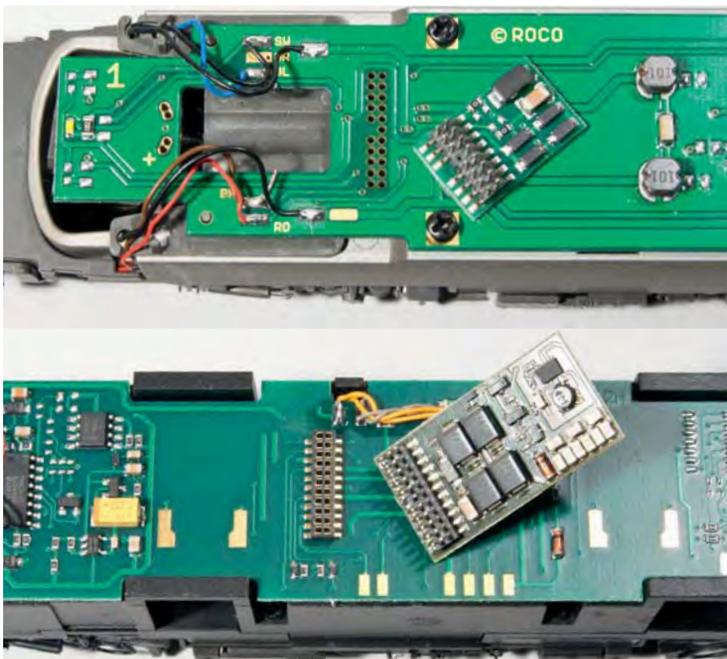
Die LokPilot-Decoder von Esu, hier eine Ausführung der ersten Generation, ist einer der am häufigsten verkauften Decoder in Mitteleuropa. In den allermeisten Fällen wurde er mit NEM-652-Stecker ausgeliefert.



Die NEM-651/652-Schnittstellen kamen an ihre Grenzen. Man lernte aus den Erfahrungen und begann, sehr klare Definitionen auch über die Abmessungen und den Einbauraum zu entwickeln. Hier eine Seite aus der RCN-121, die die 21MTC-Schnittstelle definiert.



Die 21MTC-Schnittstelle, hier in einer Trix-Lok, hat Pins auf der Fahrzeugplatine und eine Buchse im Decoder. Die Pins gehen üblicherweise durch die Decoderplatine hindurch. Der hier gezeigte Decoder, ein LokPilot V4.0 von Esu, liegt also quasi richtigerherum, um aufgesteckt zu werden. Schön sichtbar ist der rechts oben als Index fehlende Pin und die zugehörige Buchsenöffnung ohne Kontaktfedern. Mit der Unterseite nach oben liegt der Blindstecker, der alle nötigen Verbindungen für den Analogbetrieb herstellt.



Oben eine Roco-Lok mit Blindstecker, unten eine Brawa-Lok, ab Werk mit D&H-Decoder: Die Ausführung der PluX22-Schnittstelle ist sehr unterschiedlich. Während man die Decoderpins bei der Roco-Lok durch die Platine steckt, kommen sie beim Brawa-Modell direkt in die Buchse. Schön erkennbar sind das als Index nicht gebohrte Loch in der Mitte links und die die fehlenden Pins beim Decoder und dem Blindstecker. Letzterer ist mit einem 16-Pin-Stecker gebaut.

Um zusätzliche Beleuchtungen, fernsteuerbare Kuppelungen, Dampferzeuger oder heb- und senkbare Pantografen etc. anschließbar zu machen, ohne für jede Funktion ein eigenes Kabelchen an den Decoder anlöten zu müssen, benötigt man mehr als sechs oder acht Pole. Mit dem technischen Fortschritt bei den elektronischen Bauelementen wurden auch die Stecksysteme kleiner, leistungsfähiger und preiswerter.

MTC UND PLUX

Elf Pins im 1,27-mm-Raster plus ein wenig „Fleisch“ außenherum passen quer in ein H0-Fahrzeug. Legt man zwei solche Kontaktreihen nebeneinander, stehen für einen so angeschlossenen Decoder 21 Verbindungen bereit. Warum 21 statt 22? Auf eine Pin-Buchsenkombination verzichtet man, um eine „Index“ genannte Kennung gegen verdrehtes Einstecken zu schaffen. Es gibt nur eine Einstecklage, bei der dieser nicht vorhandene Pin das nicht vorhandene „Loch“ trifft. Alle anderen denkbaren Lagen lassen sich nicht stecken.

Neben den korrekten elektrischen Verbindungen ist so auch sichergestellt, dass die mechanische Lage des Decoders passt. Der Clou ist nämlich, dass die decoderseitige Komponente des Stecksystems integrierter Teil der Platine des Elektronikbausteins ist. Die definierten Merkmale der Schnittstelle beziehen sich nicht nur auf die Steckverbindung selbst, sondern auch auf den freizuhaltenden Einbauraum außen herum. Somit ist exakt definiert wo und wie ein gesteckter Decoder untergebracht ist. Der Verzicht auf Kabel bringt Vorteile: Auf Herstellerseite wird die Montage einfacher, auf Modellbahnerseite lässt sich ein Fahrzeug schneller und sicherer elektronisch umrüsten.

Nach den ersten Erfahrungen mit der neuen Schnittstelle – sie wurde bald „21mtc“ genannt – zeigte sich, dass sie viele Schwächen der früheren Ansätze ausgleichen konnte, aber nicht alle. Da sie ursprünglich von Märklin für den Einsatz mit Märklins Sinus-Motoren⁶ vorgesehen war, wies sie eine Reihe

⁶ „Sinus“ nannte Märklin die bürstenlosen Motoren, die man in einige Modelle einbaute. Die Ansteuerung solcher Motoren erfordert eine spezielle Elektronik und mindestens vier Verbindungen.

von elektrischen Verbindungen auf, die ein normales Modell nicht benötigt. Als Alternative entwickelten einige Hersteller daher mit „PluX“ eine ebenfalls 21-polige Schnittstelle, bei der allerdings – um Verwechslungen zu vermeiden – Buchsen und Pins gegenüber 21mtc getauscht sind. Auch hier gibt es einen Index.

Dieser Index ist mittig angeordnet. Durch eine passende Belegung der umliegenden Kontakte lässt sich mit den mittleren zwölf Verbindungen ein Modellfahrzeug mit allen wichtigen Grundfunktionen betreiben. PluX12 weist einen 2 x 6-Pin-Stecker auf, ein Decoder nach dieser Norm ist nur ca. halb so schmal wie einer mit 22 Pins und passt auch in Fahrzeuge des TT-Maßstabs. Mit PluX16 gibt es eine weitere Zwischenstufe, die weniger Platz benötigt als ein PluX22-Decoder. Das Besondere an diesem System ist, dass man einen PluX12-Decoder in ein PluX22-Modellfahrzeug stecken kann und die digitalen Grundfunktionen dieses Fahrzeugs nun vom Decoder mit den zwölf Pins bedient werden.

PluX12 wird heute nicht mehr für Fahrzeugneukonstruktionen empfohlen. Für kleine Modelle besser geeignet ist die „Next“-Schnittstelle mit 18 Verbindungen. Bei ihr geht man von den offenen Pins weg und setzt auf ein industrielles Verbindungssystem, das viele Kontakte auf geringem Raum unterbringt und gleichzeitig eine mechanische Tragefunktion erfüllen kann. Next18-Schnittstellen funktionieren wie Druckknöpfe, ein Decoder wird einfach nur eingeklipst.

Vergleichbar zierlich, aber für den von den alten sechspoligen Schnittstellen vorgegebenen Einbauraum definiert, ist „mtc14“. Diese Schnittstelle findet vornehmlich Verwendung in N-Fahrzeugen, ist mechanisch und elektrisch hinreichend definiert, aber derzeit nicht genormt.

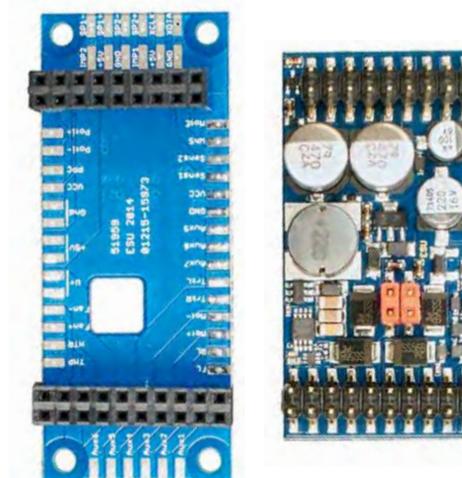
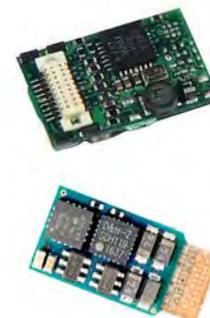
BLINDSTECKER

Noch einmal zur Verdeutlichung: Die Schnittstelle ist die Verbindung zwischen dem Fahrzeug (mit Gleisanschluss, Motor und Lampen) und der Steuerelektronik. Entfernt man die Steuerelektronik, bleiben im Fahrzeug an der Schnittstelle endende offene



Die PluX-Schnittstelle ist für 2x11, 2x8 und 2x6 Pinreihen definiert. In eine PluX22-Fahrzeughuchse kann auch ein PluX16 oder PluX12-Decoder eingesetzt werden. Als PluX12-Beispiel hier ein PD12A von Doehler & Haass.

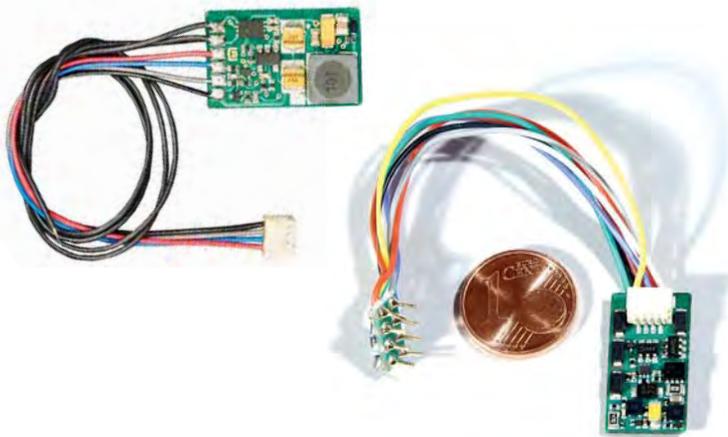
Die Next18- und die mtc14-Schnittstelle wurden für kleine Baugrößen geschaffen. Beide sind für N-Fahrzeuge geeignet, wobei die mtc14 den Vorteil hat, genau in den Bauraum der älteren NEM-651-Schnittstelle zu passen. Bei der Überarbeitung eines Modells muss der Hersteller also für den Decoder keine Änderungen am Chassis vornehmen. mtc14-Loks findet man vorrangig im Minitrix-Sortiment.



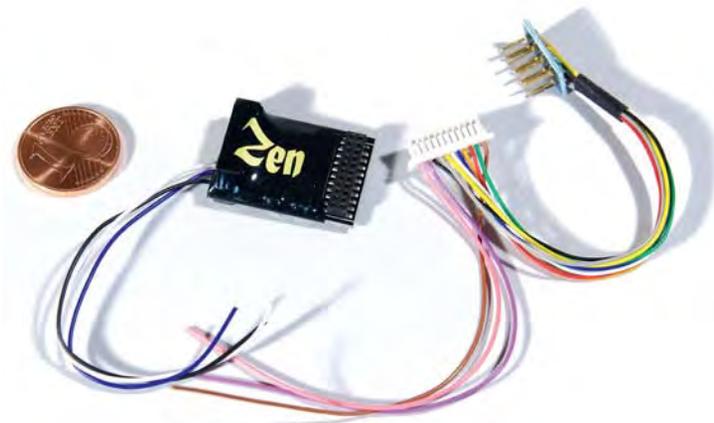
Für die Baugrößen 0 bis G ist der LokSound-Decoder L V4.0 von Esu gedacht. Er wird mit einer passenden Schnittstellenplatine geliefert, da sich bei den großen Spuren bisher keine genormten Schnittstellen etablieren konnten. Die Abbildung ist ungefähr 1:1.



Schnittstellenplatinen zum Nach- und Umrüsten gibt es in allen Geschmackslagen und von einer Norm zur anderen. Kein Decoder muss ohne Anschluss bleiben. Hier eine Auswahl von Next18-Adaptern.



Das Susi-Modul links oben ist ein IntelliSound-4-Baustein von Uhlenbrock. Es weist den typischen kleinen Stecker mit vier Kabeln auf, an das zusammengerollte Kabel kommt der Lautsprecher. Rechts ist ein IntelliDrive-2-Decoder vom gleichen Hersteller mit SUSI-Buchse abgebildet.



Die neuen Zen-Decoder von DCCConcepts gehen das Schnittstellenthema clever an: Auf der Decoderplatine ist eine 21MTC-Buchse integriert, hierin ist ein Stecker mit 21 Pins und ebenso vielen bunten Kabeln eingesetzt. Diese enden teilweise offen, teilweise in einem NEM-652-Stecker.



Funktionsdecoder hören auf Fahrzeugadressen wie normale Fahrdecoder. Sie können jedoch keine Motoren ansteuern, sondern stellen nur Schaltausgänge für Funktionen zur Verfügung. Funktionsdecoder werden gerne in Steuerwagen eingesetzt, um z.B. das Fahrlicht und die Innenbeleuchtung passend zu schalten, ohne eine direkte Kabelverbindung zum Fahrdecoder haben zu müssen. Das Bild zeigt einen FH22A von Doehler & Haass für eine PluX22-Schnittstelle.

Leitungen zurück. In diesem Zustand ist das Modell nicht einsatzbereit, weder digital noch analog. Die nötige Verbindung von den Gleisen zum Motor und zu den Lampen fehlt. Also müssen die Anschlüsse in geeigneter Weise miteinander verbunden werden. Dazu dient ein „Blindstecker“ in der Schnittstelle, der die Kontakte in der richtigen Weise überbrückt. Alle ab Werk mit einer Schnittstelle versehenen analogen Fahrzeuge sind mit einem solchen Blindstecker ausgerüstet. Will man einen Decoder montieren, zieht man den Blindstecker ab und setzt den Decoderanschluss an seiner Stelle ein.

SUSI-BUS

Eine spezielle Schnittstelle ist das „Serial User Standard Interface“. SUSI wird häufig mit „Sound“ gleichgesetzt, kann dabei aber ungleich mehr. An der SUSI-Schnittstelle liegen alle vom Decoder aufbereiteten Fahr- und Schaltinformationen vor. Ein SUSI-Modul kann diese auswerten und in gleicher Weise wie der Decoder selbst reagieren. Ob es um Lichter, um mechanische Bewegungen oder um Geräusche geht, mit SUSI sind alle diese Dinge unabhängig vom Decoder realisierbar.

Nicht jeder Decoder besitzt eine SUSI-Schnittstelle und wenn er eine besitzt, ist diese nicht unbedingt als Steckbuchse ausgeführt. Vier dünne Kabel verbinden ein SUSI-Modul mit dem Decoder. Insgesamt können drei SUSI-Module an einem Decoder betrieben und getrennt angesprochen werden. Der SUSI-Bus ist genormt: RCN-600 der RailCommunity.

KENNZEICHNUNGEN AUF LOKPACKUNGEN

Seit vielen Jahren werden Fahrzeugmodelle mit Schnittstellen hergestellt. Zur Information für den Anwender drucken viele Hersteller ein entsprechendes Piktogramm auf die Modellverpackung, das das Vorhandensein und die Art der Schnittstelle kennzeichnet. Dort, wo die Piktogramme stehen, findet man meist – je nachdem, was der Hersteller für wichtig erachtete – auch noch verschiedene andere in Form von Symbolen vermittelte Informationen: die Baugröße, bei analogen Modellen die Stromart (Gleich- oder

Wechselstrom), bei digitalen das Protokoll, weiterhin die Modellbahnepoche, die Art der Kupplungsaufnahme etc. Für den Käufer sind diese Informationen durchaus nützlich, weil sie nicht nur einen Teil der Modelleigenschaften beschreiben, sondern wichtige Informationen zum Aufrüsten enthalten.

Seit den 1990ern werden H0-Modelle ab Werk zunehmend mit Schnittstellen ausgerüstet und auch viele TT- und N-Neukonstruktionen erhielten eine entsprechende Ausstattung. Heute gibt es kaum noch Triebfahrzeugneuheiten, die nicht für einen digitalen Betrieb vorbereitet wären. Es sind aber bei Weitem nicht alle diese Modelle mit einem Decoder ausgeliefert worden. Im Gegenteil: Die Schnittstelle diente von Anfang an auch dazu, eine entsprechende Nachrüstung schnell und einfach möglich zu machen, wenn dem Modellbahner der analoge Auslieferungszustand nicht mehr „ausreicht“. Heute bietet sie auch die Chance, unkompliziert alte gegen moderne Decoder zu tauschen.

KABEL BEI DECODERN

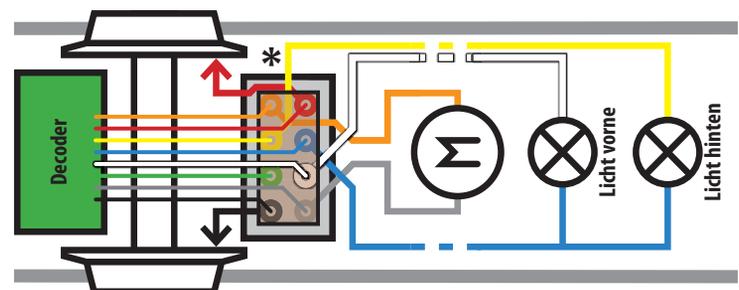
Bei der Vorstellung der Schnittstellen wurde deutlich, welche eine kompakte Decoderbauweise moderne Microelektronik möglich macht. Auch innerhalb der Fahrzeuge haben die immer ausgefeilter werdenden Fertigungstechniken für elektronische Baugruppen ihre Spuren hinterlassen: Vielfach wurden schon vor Jahrzehnten Kabel durch Platinen und flexible Leiterbahnträger ersetzt, denn diese sind in der Montage um ein Vielfaches kostengünstiger als von Hand gelötete Einzelkabel. Auch bei den Decodern ist man diesen Schritt inzwischen gegangen – mtc, PluX und Next sind konzeptionell nicht für eine Verkabelung vorgesehen, sondern führen die nötigen elektrischen Verbindungen vollständig über die Schnittstelle, wobei der decoderseitige Teil direkt auf der Decoderplatine sitzt.

In diese Richtung gingen auch schon die älteren sechspoligen Schnittstellen: Um die Digitalisierung zu erleichtern begannen Baugröße-N-Hersteller in ihren neuen Lokmodellen passende Einbauräume für kleine Decoder mit NEM-651-Anschluss und die zugehörige Schnittstellenbuchse freizuhalten. Entsprechend



Die Hersteller kennzeichnen die Verpackungen ihrer Modelle mit Piktogrammen, um die technische Ausstattung und besonders die Schnittstellen von außen erkennbar zu machen. Meist sind die Piktogramme eindeutig und aufschlussreich.

	NEM-651-Schnittstelle vorhanden
	NEM-652-Schnittstelle vorhanden
	digital, Decoder eingebaut
	Wechselstrom, Gleichstrom für Mittelleiter- bzw. Zweischienenversorgung
	21MTC-Schnittstelle vorhanden
	PluX12/16/22-Schnittstelle vorhanden



Die Kabelfarben der NEM-652-Decoder haben eine feste Bedeutung:

■	Pin 1	orange	Vom Decoder zum rechten Motoranschluß
■	Pin 2	gelb	Beleuchtung vorn
■	Pin 3	grün	Optionale Zusatzfunktion (F1)
■	Pin 4	schwarz	Radstromabnahme links
■	Pin 5	grau	Vom Decoder zum linken Motoranschluß
□	Pin 6	weiss	Beleuchtung hinten
■	Pin 7	blau	Gemeinsame Rückleitung
■	Pin 8	rot	Radstromabnahme rechts



Dass Triebfahrzeugmodelle prinzipbedingt schlagartig stehenbleiben, wenn ihr Motor keine Energie mehr erhält und dass die heute üblicherweise eingebauten Schwungmassen hier nur sehr begrenzt helfen, hatten wir bereits besprochen.

Das digitale Gegenmittel dagegen ist eine Massesimulation, die jeder moderne Decoder recht gut beherrscht.

Was ist jedoch, wenn der Energieabfall nicht gewollt ist, sondern von Kontaktproblemen zwischen Rädern und Schienen herrührt? Bei analogen Modellfahrzeugen führt dies zu einer ruckeligen Fahrweise bis hin zu Fahrtunterbrechungen. Auch im Digitalbetrieb ist dies zu beobachten.

Viel schlimmer als das Ruckeln ist jedoch, wenn der Decoder durch die Stromunterbrechung Informationen verliert. Das Fahrzeug bleibt z.B. schlagartig stehen und fährt dann mit der normalen Beschleunigungskurve wieder los – immerhin merkt sich ein moderner Decoder die letzte Fahrstufe und Fahrtrichtung auch bei einer Kontaktunterbrechung. Soundlokomotiven haben besonders unter dem Neustart „zu leiden“: In manchen Fällen wird beim Start eine längere Aufrüstsequenz abgespielt, bevor sich das Fahrzeug in Bewegung setzen kann. Aber auch schon „normale“ Soundunterbrechungen sind lästig und unschön ...

Als Gegenmittel kommt nur eine lokale Energiezwischen-speicherung im Triebfahrzeug in Frage. Dieser Speicher soll kurze Stromunterbrechungen überbrücken, je länger, desto besser! Elektrische Energie lässt sich in Akkus und Kondensatoren speichern. Akkus sind relativ aufwendig in der Ansteuerung und nicht sehr „schnell“ in der Energieabgabe. Kondensatoren sind schnell: Sie können innerhalb kürzester Zeit große Ströme abgeben. Dafür ist hingegen ihre Kapazität begrenzt. Das vermeintliche Wundermittel „Goldcap“ rangiert irgendwo dazwischen: Diese Bauteile haben zigfach höhere Kapazitäten als Kondensatoren, sind jedoch wie Akkus in der Spannung begrenzt und benötigen eine speziell angepasste Ladeschaltung.



In drei verschiedenen Verkabelungsversionen liefert Doehler & Haass den 26,5 x 8,5 x 10,5mm großen Energiespeicher SP05A. Die Kapazität des Bausteins liegt bei 0,5 F.



Märklin liefert einen speziell für mLD3 und mSD3 ausgelegten Pufferbaustein mit 2 F und viel eigener Intelligenz.



Fischer-Modell liefert einen Puffer aus einer Ladeschaltung mit 9 x 15 mm Kantenlänge und fünf 220-µF-SMD-16-V-Kondensatoren.



Abbildung ca. 1:1



Die USP-Bausteine von Lenz heißen Power1 und Power3. Sie können nur an den Gold+- und Silver-mini-V2+-Decodern des Herstellers betrieben werden. Der kleine misst ca. 22,0 x 13,3 x 9,4 mm, der große ca. 32,0 x 10,6 x 25,0 mm.



PowerPack mini und PowerPack mini von Esu basieren auf der GoldCap-Technologie und können nur an LokPilot- und LokSound-Decodern eingesetzt werden. Der kleine PowerPack hat eine Kapazität von 1 x 1 F bei 15,7 x 9,7 x 13 mm, der große 2 x 5 F bei 27,5 x 15,7 x 13 mm.

In den Normen moderner Schnittstellen ist der Anschluss von Pufferspeichern an die Decoder ausgewiesen, entsprechende Pins sind benannt. Meist sind diese identisch mit den SUSI-Anschlüssen, da hier in jedem Fall die decoderinterne Betriebsspannung anliegt. Für den Anschluss sind reguläre handelsübliche Elektrolyt-Kondensatoren – Elkos – als Standardfall vorgesehen. Die Decoder mit den entsprechenden Schnittstellen sind darauf eingerichtet, mit Kondensatoren an diesen Anschlüssen klarzukommen und z.B. den Ladestrom zu begrenzen.

Viele Decoderhersteller haben auch passende Kondensatoren im Programm. Zimo z.B. listet eine Reihe von Standard-Elkos, die über die passende Spannungsfestigkeit verfügen. Bei Märklin z.B. gibt es einen fertigen schrumpfschlauchverschweißten Pufferbaustein zum Anschluss an die hauseigenen mLD und mSD. Darüberhinaus haben einige Anbieter spezielles Zubehör zur Pufferung im Programm, z.B. Ladeschaltungen oder besonders kleine Ausführungen von Kondensatoren.

Auch die Decoder für größere Spuren von Massoth, Dietz und anderen weisen in der Regel Möglichkeiten zum Anschluss von Pufferspeichern auf. Gerade in den größeren Modellen ist es möglich, voluminösere Elkos mit höheren Kapazitäten unterzubringen.

Darüberhinaus haben einige Hersteller eigene Techniken für die Anwendung der größeren Goldcap-Kapazitäten entwickelt und liefern passende Energiespeicher für ihre Decoder. Dort ist eine Ladeschaltung eingebaut, die auf die hauseigenen Energiespeicher abgestimmt ist. Hier sollte man als elektronischer Laie tatsächlich bei den Produkten des jeweiligen Decoderherstellers bleiben, will man Beschädigungen am Decoder vermeiden. Besonders Esu mit seinen PowerPacks und Lenz mit der USP-Technik sind hier zu nennen. Letztere ist etwas Besonderes: Sie prüft, ob – trotz der Unterbrechung des Kontaktes zum Gleis – weiterhin kapazitiv oder induktiv eingekoppelte Digitalinformation vorliegen, wertet diese aus und hält das Fahrzeug so für eine gewisse Zeitlang ohne externe Energie regelbar.

gibt es viele NEM-651-Decoder mit sechs waagrecht direkt an die Platine gelöteten Pins⁷. Einige Decoderhersteller haben die kleinen NEM-651-Typen darüberhinaus mit per Kabel abgesetztem Stecker angeboten.

Das Bild vom Decoder mit bunten Kabeln ist den sehr weit verbreiteten Decodern mit NEM-652-Schnittstelle zu verdanken. Praktisch alle digitalen H0-Lokomotiven (außer von Märklin) waren mit solch einer per Kabel angeschlossenen Elektronik ausgestattet. Selbst wenn der Fahrzeughersteller auf eine Schnittstelle verzichtete und die Elektronik direkt verkabelte, kamen solche Decoder zum Einsatz. Bei der Nachrüstung älterer Modelle ohne Digitalvorbereitung boten diese Decoder den unschätzbaren Vorteil, dass man an ihnen nicht löten musste, denn sie brachten (und bringen) ihre Kabel gleich mit. Der Nachrüstweg führt heute häufig über eine Schnittstellenplatine, die mit dem Fahrzeug verbunden wird. Der Decoder wird also steckbar nachgerüstet.

FARBCODES/KABELFARBEN

Kabel farbig zu codieren ist seit den Anfängen elektrischer Übertragungen gängige Praxis. Die Codierung verhindert Verwechslungen bzw. macht mühseliges Ausmessen, welches Kabelende zu welchem gehört, unnötig. Auch erspart sie das Beschriften der Kabel, wenn Kabelfarben und zugehörige Kabelaufgaben klar definiert sind. Bei den genormten Decodern ist das der Fall, die Farben werden in der Norm direkt genannt. Auch Märklin hatte für die „Verdrahtung“ seiner Loks eine Hausnorm für die Kabelfarben festgelegt.

FUNKTIONSDECODER

Im digitalen Betrieb trägt in einem normalen Zug das Triebfahrzeug einen Fahrdecoder mit der entsprechenden Motoransteuerung. In diesem Triebfahrzeug sind alle eingebauten digitalen Funktionen abrufbar.

⁷ Die mtc14-Decoder führen diesen mechanischen Aufbau bei gleichen Abmessungen fort. Somit muss ein Lokhersteller den Decoder-einbauraum seines Lokmodells nicht verändern, wenn er das Modell überarbeiten und mit aktueller Digitaltechnik ausstatten will.

Ein typischer Wendezug hat jedoch zwei „Enden“, die je nach Betriebssituation die Zugspitze darstellen können. Das heißt, auch im Steuerwagen sollten zumindest die Lichtfunktionen digital passend schaltbar sein. Hier benötigt man jedoch keine Motoransteuerung, sondern ausschließlich die Funktionsbehandlung – daher der Name „Funktionsdecoder“. Im hier betrachteten Wendezug ist es naheliegend, den Decoder im Triebfahrzeug und den im Steuerwagen auf die gleiche Adresse einzustellen. Passend je nach Fahrtrichtung trägt der Zug so jederzeit an beiden Enden das richtige Signal. Auch das Licht in den Fahrgasträumen von Personenwagen lässt sich gut per Funktionsdecoder schalten. Hier kommt es auf den Kontext an, ob der Triebfahrzeugdecoder und die Wagendecoder auf die gleiche Adresse eingestellt werden. Bei wechselnden Zugzusammenstellungen kann es durchaus sinnvoll sein, jedem Wagen eine eigene Adresse zu geben.

Zu beachten ist, dass Fahrzeuge mit Funktionsdecodern eine eigene Stromzuführung benötigen. Das heißt, bei ihnen müssen Kontakte an den Rädern montiert sein und bei Fahrzeugen für Mittelgleise auch ein Mittelschleifer. Alternativ kann die Stromzuführung über eine leitende Kupplung von anderen Fahrzeugen aus erfolgen, wenn diese über eine Gleisstromaufnahme verfügen.

Fahrzeugdecoder einstellen

Verschiedene Parameter eines Decoders lassen sich einstellen, zuallererst und am wichtigsten die Adresse. Manche frühe Decoder hatten tatsächlich noch kleine Schalter für diesen Zweck an Bord. Heute verwendet man nur noch decoderinterne Speicherplätze, in denen die Parameter hinterlegt werden. Auch aus der Frühzeit stammt der eigentlich falsche Begriff „programmieren“ für das Einstellen eines Decoders. Wie auch z.B. die bei 0 beginnende Zählweise zeigt dieser Begriff, dass zu Beginn der digitalen Modellbahn Informatiker und Ingenieure das Feld bestimmten und die Begriffe prägten. Wir wollen hier von

„einstellen“ sprechen, denn nichts anderes passiert tatsächlich bei diesem Vorgang.^[8]

Die kleinen mechanischen Schalter sind auch für den Laien augenfällig für das Speichern der eingestellten Werte: Sie behalten ihre Stellungen einfach bei, wenn man sie in Ruhe lässt. Man kann sich auch den internen Speicher eines Decoders wie eine ganze Reihe solch kleiner Schalter vorstellen. Organisiert ist er jeweils in Achtergruppen, eine solche Gruppe heißt „Configuration Variable“, Konfigurationsvariable, abgekürzt „CV“.

Wie könnte es anders sein: Auch die CVs sind – bei 1 beginnend – durchnummeriert. Ihre Anzahl in einem Decoder kann in die Hunderte gehen. Hinter welcher CV-Nummer sich welche Bedeutung verbirgt, ist zu einem guten Teil in Normen festgelegt. Große Nummernbereiche sind allerdings auch gezielt für die Zwecke des jeweiligen Decoderherstellers reserviert, sodass auch nicht genormte und nicht allgemein verbreitete Parameter ihren Platz im Decoder finden können. Speziell wenn es um Sound geht, aber auch bei der Funktionszuordnung und der Motoransteuerung machen Hersteller von den „custom“-CVs intensiv Gebrauch. Auch für SUSI ist ein CV-Bereich freigehalten worden – besser gesagt sind es drei Bereiche: jeweils 40 CVs ab Nummer 900 aufwärts^[9].

Das Konzept der CVs und vor allem die Technik, sie anzusprechen, wurde ursprünglich im DCC-Kontext entwickelt. Daher verfügen alle DCC-fähigen Decoder über einen genormten Mindestsatz an CVs. Im Laufe der Jahre setzte sich die CV-Idee für alle Decoder durch: Egal von welchem Hersteller er kommt und egal für welches Protokoll er gemacht wurde, die Konfiguration eines Decoders wird über das hier beschriebene Verfahren durchgeführt^[10].

⁸ Wikipedia schreibt: „Programmierung“ bezeichnet die Tätigkeit, Computerprogramme zu erstellen. Beim Einstellen eines Decoders werden jedoch keine Computerprogramme modifiziert oder gar erstellt.

⁹ Die CVs 897 bis 1024 sind gemäß RCN-600 der RailCommunity für SUSI-Zwecke reserviert.

¹⁰ Nicht alle Decoder beherrschen POM und nicht alle nicht-DCC-Decoder lassen sich von DCC-Zentralen aus einstellen, manche verlangen dafür ihre „Heimatzentrale“.

CV 1 UND CV 29

Für den einfachen spontanen Betrieb auf der Anlage sind nur ganz wenige CVs von Bedeutung. Zum Einstieg genügen zwei: CV 1 und CV 29. Allein mit diesen beiden kann man jedes Fahrzeug mit einem werkneuen Decoder zur grundsätzlichen Teilnahme am eigenen Anlagenbetrieb „überreden“. Alle darüber hinausgehenden Einstellungen sind Feinarbeit.

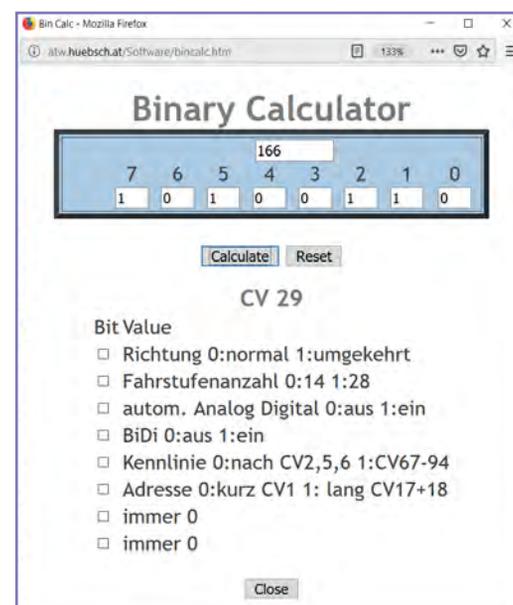
In CV 1 ist die Basisadresse des Fahrzeugs hinterlegt. Bei einem neuen Decoder ist hier ab Werk eine „3“ eingetragen. Der Wertebereich von CV 1 geht von 1 bis 127. Will man höhere Lokadressen vergeben, muss man „erweiterte Adressen“ verwenden.

CV 29 enthält die grundlegenden Konfigurationsdaten des Decoders. Hier werden wesentliche Einstellungen hinterlegt: Fahrtrichtung, Anzahl der Fahrstufen, Umschaltung auf Analogbetrieb, erweiterte Rückmeldung im Einstellmodus, Auswahl der Geschwindigkeitskennlinie, Adresse aus CV 1 oder erweiterte Adresse verwenden, Decodertyp.

CV 29 ist eine sehr „alte“ CV. Nicht zuletzt an ihr erkennt man, dass die Digitaltechnik der Modellbahn Schritt für Schritt gewachsen ist. Zum Beispiel die Anzahl der Fahrstufen: Ursprünglich gab es nur 14 davon: FS = 0 => „Fahrzeug steht“ bis FS = 13 => „Fahrzeug fährt mit Höchstgeschwindigkeit“. Um die Geschwindigkeit geschmeidiger einstellen zu können, verdoppelte man schon bald auf 28 Fahrstufen. Da damalige Decoder jedoch nicht automatisch erkennen konnten, ob die Zentrale sie mit 14 oder 28 Fahrstufen ansteuerte, musste dies dem Decoder mitgeteilt werden. Man legte fest, dass eine „0“ in Bit 1 von CV 29 für 14 Fahrstufen, eine „1“ für 28 Fahrstufen steht. Entsprechen sich die gesendete und die erwartete Fahrstufenanzahl nicht, kann der Decoder übertragene Daten falsch interpretieren, was sich z.B. in blinkenden Lichtern und unerwartetem Verhalten bemerkbar machen kann.

Inzwischen wurde die Norm um die Verwendung von 128 Fahrstufen erweitert. Decoder können diese automatisch erkennen, sodass es nicht mehr nötig ist, ihre Verwendung extra in einer CV anzuzeigen. Die Abgrenzung zu 14 Fahrstufen bleibt allerdings in den CV-Einstellungen zumindest aus Kompatibilitäts-

BEDEUTUNG DER BITS IN CV 29		
Bit	Wert	Bedeutung
0	0	Fahrtrichtung normal
	1	Fahrtrichtung invertiert
1	0	14 Fahrstufen
	1	28/128 Fahrstufen
2	0	Nur DCC
	1	DCC und DC-Analogbetrieb
3	0	BiDi (Bidirektionale Kommunikation) abgeschaltet
	1	BiDi eingeschaltet
4	0	Geschwindigkeit gemäß CV 2, CV 5 und CV 6
	1	Individuelle Kurve gemäß CV 66–CV 95
5	0	Es gilt die kurze Adresse in CV 1
	1	Es gilt die lange Adresse in CV 17–CV 18
6	0	reserviert
	1	
7	0	Multifunktionsdecoder
	1	Accessory- (=Zubehör) Decoder (siehe CV 541)



Eine gute Hilfe beim Berechnen des Wertes von CV 29 findet sich beim Web-Auftritt von AMW: <http://atw.huelsch.at/Software/bincalc.htm>

BERECHNUNG DER „LANGEN“ ADRESSE IN CV 17/CV 18

Wenn die gewünschte Adresse „X“ sein soll, dann ist ...
 ... CV 17 = (X / 256) + 192 [abrunden!]
 ... CV 18 = X - ((CV 17 - 192) x 256)

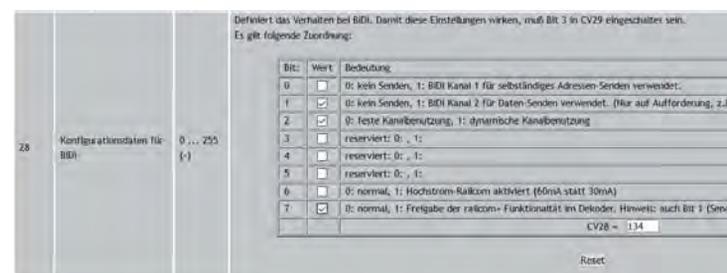
gründen erhalten. Das Bit 1 von CV 29 entscheidet bis heute, ob der Decoder 14 oder 28/128 Fahrstufen erwartet.

Der Grundwert in CV 29 ist „0“, es ist also kein Bit gesetzt. Dies bedeutet:

- normale Fahrtrichtung
- 14 Fahrstufen
- nur digital
- RailCom aus
- Geschwindigkeit gemäß CVs 2, 5 und 6
- (kurze) Adresse gemäß CV 1
- Multifunktions- bzw. Fahrzeugdecoder

DCC-FAHRZEUGADRESSEN JENSEITS DER 99

Aus technischen Gründen konnte man zu Beginn der Digitalisierung der Modellbahn nur kleine Adressbereiche verwenden. Bei DCC waren dies 127, bei



Auf der allgemein sehr informativen Seite von OpenDCC findet man eine detaillierte Erklärung einzelner Bit-Bedeutungen und einen integrierten Rechner: https://www.opendcc.de/info/decoder/dcc_cv.html



Bei Märklin findet sich ein Rechner für lange DCC-Adressen.

Märklin-Modellen gar nur 80 Adressen. Mit steigender Leistungsfähigkeit der Elektronik erweiterte man die Adressbereiche so weit, dass man heute eine fünfstellige Anzahl von Fahrzeugadressen benutzen kann. Verwendet man das jüngere mfx-Protokoll, kommt man als Anwender mit der Adressvergabe nicht in Kontakt, sondern spricht seine Fahrzeuge über die hinterlegten Namen an. Zentrale und Decoder handeln die hierbei technisch verwendete Adresse untereinander aus und bedienen sich dabei eines Pools von mehr als 16000 Nummern.

Bei DCC definierte man zur Erweiterung parallel zur Basisadresse in CV 1 eine sich über die zwei CVs 17 und 18 spannende oft als „lange“ bezeichnete Adresse. Wie sich aus den beiden CV-Werten eine Adresse errechnet, erschließt sich dem Anwender nicht ohne Weiteres. Hier drängt sich die Nutzung einer Decoder-Einstellhilfe geradezu auf: Gibt man eine Adresse zwischen 1 und 10239 an, erhält man die zugehörigen Werte für CV 17 und 18 zurück. Zur Aktivierung der erweiterten Adresse muss in CV 29 das Bit 5 eingeschaltet werden^[11], sonst hört der Decoder auf die in CV 1 definierte Adresse.

Im von der Zentrale erzeugten DCC-Datenstrom unterscheidet sich die kurze Adressierung deutlich von der langen. Nach Norm sind Adressen bis 127 kurze, werden also auch nach kurzem Schema codiert. Alles ab 128 wird „lang“ codiert. Die Sache ist wegen historischer Eigenarten mancher Decoder und Zentralen in der Praxis nicht ohne Stolpersteine, deshalb sollte man ein paar Dinge im Blick behalten: Es gab Zentralen, die bei Adresse 100 begonnen haben, „lang“ zu codieren. Damit wiederum kommt nicht jeder Decoder klar, da es nicht normgerecht ist. Auch gab es Decoder, die Adressen größer 9999 nicht akzeptierten und Zentralen, die sie nicht sendeten. In der Praxis ist man auf der sicheren Seite, wenn man sich auf die Adressen 1 bis 99 und 128 bis 9999 beschränkt, auf Decoderseite erstere als kurze und letztere als lange Adressen definiert.

FUNKTIONEN ZUORDNEN

Unter der Bezeichnung „function mapping“ bringen Fahrzeugdecoder einen Mechanismus mit, der es erlaubt, den verschiedenen Funktionen Tasten zuzuweisen. So zumindest schaut das, was hier passiert, auf den ersten Blick aus. Faktisch werden einander Aufrufbefehle „Fn“ und logische Schaltkanäle zugeordnet. Bei der Vorstellung der Decoderfunktionen im zweiten Kapitel ist dies bereits angeklungen.

Die Zuordnung erfolgt in einer Tabelle, in der in den Zeilen die Aufrufbefehle aufgelistet sind und in den Spalten die Schaltkanäle. In jedem Kreuzungspunkt von Zeile und Spalte kann vermerkt werden, ob der Aufruf den Kanal – vulgo: die Funktionstaste die Funktion – schaltet. Angenommen man möchte, dass bei allen seinen Loks die Taste F6 den Dampferzeuger schaltet, prüft man, an welchem Decoder-Schaltausgang dessen Kabel angeschlossen ist. Angenommen, es ist der Anschluss 4, dann muss man in Zeile für F6 die Spalte 4 markieren. Dass der Decoder nur vier Schaltanschlüsse hat, spielt keine Rolle.

Im Decoder wird die Mapping-Tabelle mit CVs aufgebaut, jeweils eine CV ist für einen Aufrufbefehl vorgesehen. Die Tabelle bis F12 ist in den CVs von 33 bis 46 hinterlegt. 14 CVs für 12 F-Aufrufbefehle? Nein, es sind 13 Aufrufbefehle, denn die Zählung beginnt bei 0. Und genau die F0 wird doppelt gezählt, da dieser Befehl fahrtrichtungsabhängig ist.

Das Problem, das sich aus der gewählten Definition ergibt ist, dass es Decoder mit mehr als acht Schaltkanälen gibt. Bei genauerer Überlegung wird klar, dass acht Kanäle sogar sehr wenig sind: Allein zwei werden für die normale Fahrbeleuchtung benötigt und auch jede interne Funktion wie „Rangiergang“, „Sound an/aus“ oder „Pfeife betätigen“ benötigt einen eigenen Kanal. Hinzu kommen auf der Hardwareseite weitere Beleuchtungsoptionen, vielleicht eine fernsteuerbare Kupplung oder auch ein Dampferzeuger oder senkbare Stromabnehmer. Diese Vielfalt ist mit den acht Bits einer CV nicht ansteuerbar.

Die Erfinder des Mappings haben deshalb – man wollte unbedingt Speicherplatz sparen! – zweimal eine Linksverschiebung in die Tabelle eingebaut. Das niederwertigste Bit von CV 38 bedient daher den

¹¹ Bit 5 schaltet man ein, indem man zum aktuellen Wert 32 hinzuzählt.

CV	Beschreibung	Ausgang Ax																		
		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					
33	F0 vorwärts															1				
34	F0 rückwärts																		1	
35	Funktion 1																	1		
36	Funktion 2															1				
37	Funktion 3															1				
38	Funktion 4										1									
39	Funktion 5																1			
40	Funktion 6															1				
41	Funktion 7											1								
42	Funktion 8											1								
43	Funktion 9				1															
44	Funktion 10			1																
45	Funktion 11		1																	
46	Funktion 12	1																		

Dies ist die offizielle Tabelle für die Funktionszuordnung (function mapping) aus der RCN-225 „DCC-Protokoll Konfigurationsvariablen“ der RailCommunity vom 10.05.2019. Die Gesamte Norm kann unter <http://normen.railcommunity.de/RCN-225.pdf> nachgelesen werden

Schaltkanal 4, das von CV 39 den Kanal 7. Das heißt im Umkehrschluss: Der Aufrufbefehl F1 lässt sich nicht dem Schaltkanal 9 oder größer zuordnen und umgekehrt kann z.B. F7 nicht dem Licht zugeordnet werden.

Abhilfe gab es längere Zeit nur in Form von herstellereigenen Zuordnungstabellen, die keiner Norm entsprechen. Gerade bei Sounddecodern mit ihren vielfältigen schaltbaren Kanälen war man auf diese proprietären Erweiterungen angewiesen, wenn man die Funktions-Aufrufbefehle frei zuordnen wollte.

Um hier weiterem Wildwuchs vorzubeugen, wurde 2018 eine erweiterte Funktionszuordnung zur Norm erhoben^[12]. Zur Auswahl stehen verschiedene Systeme, über die jeweils vier Bytes je Fahrtrichtung

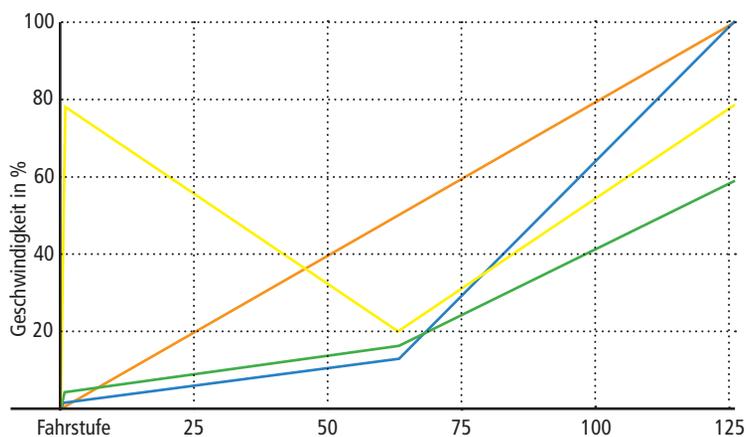
entweder dem Schaltausgang oder dem Aufrufbefehl zugeordnet werden. Da die vier Bytes nicht nur Bitweise interpretiert werden sondern wahlweise auch als Nummer, lassen sich große Mengen Aufrufbefehle zu Schaltkanälen zuordnen.

Eine Sache, die relativ häufig mit dem Function Mapping möglich gemacht werden soll, ist das sog. Doppel-A-Rangiersignal. Angenommen, nur die weiße Fahrbeleuchtung wird über die Schaltkanäle 1 und 2 geschaltet, dann ist die Zuordnung z.B. zu F2 recht einfach: In CV 36 werden die beiden niederwertigsten Bits gesetzt, der einzutragende Wert ist also 3.

GESCHWINDIGKEIT UND FAHRDYNAMIK

Ein Punkt, der bei Modellfahrzeugen gerne kritisiert wird, ist ihre zu hohe Endgeschwindigkeit. Gleichzei-

¹² RailCommunity – RCN-227, DCC Erweiterte Funktionszuordnung vom 2.12.2018: <http://normen.railcommunity.de/RCN-227.pdf>



Geschwindigkeitskennlinien über die CVs 2, 5 und 6 ermöglichen eine einfache Anpassung des Fahrverhaltens. Man kann offensichtlich auch Unfug treiben. Die hier eingetragenen Werte:

- Standard
- CV 2 = 2; CV 6 = 32; CV 5 = 255
- CV 2 = 10; CV 6 = 40; CV 5 = 150
- CV 2 = 100; CV 6 = 50; CV 5 = 100

tig kann es sein, dass man den Regler weit aufdrehen muss, bevor sich das Fahrzeug überhaupt in Bewegung setzt. Auch wünscht man sich gerade beim Rangieren, also in den unteren Geschwindigkeitsbereichen, ein feinfühliges Verhalten seines Fahrzeugs. Das Drehen am Regler soll sich nur in jeweils kleinen Geschwindigkeitsänderungen bemerkbar machen, ungefähr so, dass man die unteren Zweidrittel des Reglerbereichs auf die untere Hälfte der Geschwindigkeit spreizt. Umgekehrt deckt dann das obere Reglerdrittel die schnellen Geschwindigkeiten jenseits der Hälfte vom Maximum ab.

All diese Dinge lassen sich natürlich per CV einstellen. In der Grundstellung (CV 29, Bit 4 ist nicht gesetzt) greift der Decoder auf die Werte in CV 2, 6 und 5 zurück, um die untere, die mittlere und die obere Geschwindigkeit festzulegen. Ab Werk sind meist die Decoderwerte 2, 128, 255 eingestellt, das führt zu einer linearen Kennlinie über den gesamten Einstellbereich hinweg. Die eintragbaren Werte sind eine Entsprechung der an den Motor gegebenen Energie. Jede Stufe entspricht ca. 0,4% der möglichen Maximalenergie. Ein Anheben des Werts in

CV 2 führt also dazu, dass der Motor bei Fahrstufe 1 mehr Energie bekommt. Hier sollte man einen Wert wählen, bei dem das Fahrzeug gerade so nicht mehr steht, sondern (vielleicht auch etwas unruhig) losrollt. CV 5 definiert die für die gewünschte Höchstgeschwindigkeit benötigte Motorenergie. Je mehr man den hier eingetragenen Wert senkt, umso langsamer fährt die Lok bei höchster Fahrstufe. Mit CV 6 bestimmt man den Energiewert, der dem Motor bei der mittleren Fahrstufe zugeführt wird. Um den schon angesprochenen Zweidritteleffekt zu erreichen, trägt man hier 1/3 des Werts aus CV 5 ein. Natürlich kann man hier auch Unfug machen und z.B. 100–50–100 in die CVs 2, 6, 5 eintragen. Die Lok wird bei kleiner Fahrstufe losrasen, um mit Aufdrehen des Reglers erst langsamer und dann wieder schneller zu werden.

Sehr viel genauer lässt sich das Geschwindigkeitsverhalten einstellen, wenn man statt der nur drei Punkte aus den CVs 2, 6 und 5 eine ganze Tabelle aus 28 Werten verwendet. Mit einem gesetzten Bit 4 in CV 29 (den CV-Wert um 16 erhöhen) wird umgeschaltet. Nun verwendet der Decoder die CVs 67 bis 94 als Geschwindigkeitstabelle. Die Bedeutung der Werte ist identisch denen der Dreipunktstabelle, also ca. 0,4% je Zahlenwert. Die Einstellung kann man manuell vornehmen^[13], mit einer Decoder-Einstellhilfe, wie sie Zentralen mit Bildschirm oder passende Software bieten, tut man sich allerdings deutlich leichter. Mehr zu geeigneten Programmen später.

Eine starke Möglichkeit der digitalen Modellbahn ist die sog. Anfahr- und Bremsverzögerung. Es geht darum, den in Relation viel zu leichten Modellfahrzeugen ein Fahrverhalten ähnlich der schweren Vorbilder zu geben. Dort rast keine Lok einfach los und es kommt auch kein Zug schlagartig zum Stehen. Erreicht wird eine Massesimulation bei den Modellfahrzeugen, also ein vorbildgerechteres Verhalten, indem die Fahrgeschwindigkeit unabhängig von den Benutzereingaben nur kontrolliert langsam gesteigert oder reduziert wird. Wie schnell oder langsam dies geht, kann man in den CVs 3 und 4 einstellen. Zwischen „keine Verzögerung“ und „gefühlte Ewigkeiten“ ist

¹³ Reinhard Müller hat eine entsprechende Anleitung online gestellt: <http://dcc-mueller.de/decoder/speedtab.htm>

alles drin. Die Rechenregel nach Norm ist folgende: Der CV-Wert in CV 3 bzw. 4 wird mit 0,896 multipliziert; das Ergebnis dividiert man durch die Anzahl der Fahrstufen und erhält die Zeit in Sekunden, die zwischen einem Schritt von Fahrstufe zu Fahrstufe gewartet werden soll. Stellt man 255 ein, dauert der Wechsel im 14-Fahrstufen-Modus mehr als 16 Sekunden, bei 128 Fahrstufen sind es knapp 1,8 Sekunden. Eine Bremsung aus voller Geschwindigkeit bis zum Stillstand dauert dann 3 3/4 Minuten ...

MEHR ALS EINE LOK IM ZUG

Solche Bremswerte kann man sich beim Vorbild für lange amerikanische Züge vorstellen. Die dort wirkenden Massen sind enorm. Auch das Beschleunigen dauert, obwohl man die Züge mit hoher Traktionsleistung ausstattet.

Aus technischen und auch betrieblichen Gründen ist die in einem Triebfahrzeug sinnvoll installierbare Leistung begrenzt. Allerorten hat es sich als besser erwiesen, die für einen Zug benötigte Traktionsleistung modular zuzufügen. Diese kann dann wie in Amerika in Form von Boostern über einen langen Zug verteilt eingesetzt werden oder wie in Europa bei infrastrukturbedingt kürzeren Zügen in Form von Vorspann oder Nachschub.

Will man dies im Modell nachbilden, ist das Wichtigste, dass die beteiligten Triebfahrzeuge weitgehend synchron laufen. Die Geschwindigkeiten sollen sich über den ganzen Regel- und Belastungsbereich hinweg nur minimal unterscheiden. Dies kann man durch passende Einstellungen in den im voranstehenden Abschnitt vorgestellten CVs erreichen, wenn die Modelle nicht schon von Hause aus zu weit auseinanderliegen. Zusätzlich sind hier speziell die CVs 23 und 24 nützlich, über die man das Bremsen und Beschleunigen weiter justieren kann.

Jetzt geht es darum, die Fahrzeuge auf einen gemeinsamen Regler zu bekommen. Dazu gibt es prinzipiell zwei Wege: Die Mehrfachtraktion – englisch „consist“ – kann im Steuergerät oder aber über die Decoder gebildet werden.

Der Weg über die Decoder ist einfach: In die CV 19 der beteiligten Triebfahrzeuge wird jeweils die glei-

che Adresse aus dem Bereich 1 bis 127 eingetragen. Unter dieser Adresse lässt sich die Mehrfachtraktion nun vom Steuergerät aus wie ein einzelnes Fahrzeug fahren. Eine Besonderheit muss man beachten: Stimmt die Fahrtrichtung bei einem der beteiligten Triebfahrzeuge nicht mit dem Rest überein, kann man diese per CV umdrehen (statt das Fahrzeug von Hand auf den Gleisen zu wenden). Dazu zählt man zur Adresszahl 128 hinzu und schreibt den neuen Wert in CV 19. Will man in einer decodergestützten Mehrfachtraktion auf die Fahrzeugfunktionen gemeinsam schalten, kann man dies in den CVs 21 und 22 einstellen.

Der zweite Weg zur Mehrfachtraktion führt über die Zentralen. Viele bieten die Möglichkeit, mit wenigen Tastendrücken verschiedene Fahrzeuge auf einen gemeinsamen Regler zu legen. Die Ansteuerung der Decoder bleibt dabei lokindividuell. Alle Verwaltungs- und Synchronisationsarbeit erledigt die Zentrale. Da jeder Hersteller hier eigene Vorstellungen davon hat, wie die Aufgabe benutzerfreundlich umgesetzt werden kann, bleibt hier nur der Verweis auf die jeweiligen Handbücher.

AUF DEM HAUPT- ODER EINEM EXTRAGLEIS

Abgesehen von den frühen Typen mit „Mäuseklavier“ muss man bei keiner der Lokelektroniken das Fahrzeug, in dem sie eingebaut ist, öffnen, um Parameter zu verändern. Von Beginn an waren die Lokdecoder so ausgelegt, dass sie über ihre zwei Anschlüsse nicht nur betrieben, sondern auch konfiguriert werden können. Entsprechend gibt es bestimmte Befehlssequenzen, die einen Decoder in den Einstellmodus versetzen. Als Anwender muss man diese Befehle nicht kennen, es ist Sache der Zentrale, sie passend zu erzeugen und die gewünschten Änderungen an den CVs vorzunehmen.

Auf Hardwareseite gibt es zwei Wege, einen Wert in eine Decoder-CV hineinzubekommen. Der Unterschied liegt im Ort, an dem sich die Lok mit Decoder befindet: auf dem normalen Gleis oder auf einem speziell für die Einstellung ausgelegten Gleisstück. Die erste Technik wird „POM“ bezeichnet. Der Begriff steht für „programming-on-the-main“, über-

setzt „Hauptgleisprogrammierung“. Bei der zweiten Technik spricht man von einem „Programmiergleis“, das an einem Extra-Ausgang der Zentrale angeschlossen wird. Dieses Einstellgleis hat den Vorteil, dass man aus einem dort angeschlossenen Decoder gezielt die Werte von CVs auslesen kann. Die meisten Zentralen beherrschen dieses Verfahren und erlauben so, die Einstellungen eines Decoders zu kontrollieren.

Bei Pom funktioniert das Auslesen nur mithilfe von RailCom. Ein halbwegs moderner Decoder kann wahrscheinlich RailCom. Aber auch die Zentrale muss RailCom unterstützen (Lücke im Datenstrom lassen für die Antwort des Decoders) und es muss ein RailCom-Detektor vorhanden sein, der die Antworten des Decoders auffängt und anzeigt. Diese Voraussetzungen sind beim Anwender noch selten gegeben. Das ist einer der Gründe, warum das extra-Einstellgleis noch immer eine so große Bedeutung hat.

Ein weiterer Grund ist, dass man für POM die tatsächliche Decoderadresse wissen muss, um nicht irrtümlich ein falsches Fahrzeug einzustellen. Wer im täglichen Modellbahnbetrieb lieber Namen statt Adressen verwendet, hat diese Adresse nicht unbedingt parat, kann also kaum spontane Einstellungen an einem Fahrzeug vornehmen. Am extra-Gleisanschluss hingegen wird „programmiert“, was auch immer sich dort befindet, „ohne Rücksicht auf Verluste“.

POM ist daher vor allem für all die Dinge interessant, die sich im Betrieb dynamisch ergeben, z.B. das gemeinsame Fahren mehrerer Lokomotiven im Zugverband, die eine gemeinsame „Consist“-Adresse zugewiesen bekommen. POM ist ebenfalls wichtig für Werkstattarbeiten, die nur direkt auf der Anlage ausgeführt werden können. Hierunter fällt z.B. die Einstellung des Anhaltewegs beim ABC-Bremsen. Egal aus welcher Geschwindigkeit heraus soll eine Lok am möglichst gleichen Punkt anhalten. Also lässt man sie auf der Anlage eine bestimmte Strecke mit eingebautem Bremsauslöser mit verschiedenen Geschwindigkeiten immer wieder durchfahren und passt währenddessen die Länge des Bremswegs in der zugehörigen CV 52 (Lenz) bzw. CV 254 (Esu) per POM an.

CV-WERTE ÄNDERN

Alle modernen Zentralen sind in der Lage, Decoderparameter per POM und per Extragleis zu ändern. Die Bedienung folgt dabei jeweils spezifischen Vorgehensweisen, die in der jeweiligen Bedienungsanleitung nachzulesen sind. Zentralen mit eingebautem Bildschirm bieten hier einen relativ hohen Komfort, da sie nicht nur die aktuellen CV-Werte gut darstellen, sondern auch den Zweck der jeweiligen CV in kurzen Texten beschreiben können. Bei allen anderen Zentralen und auch wenn man herstellerspezifische CV-Werte ändern möchte, kommt man um ein intensives Studium der Decoderdokumentation nicht herum. Hier ist aufgeführt, welche CV was wie bewirkt. Selbst bei den von der Norm vorgegebenen CVs kann man sich nicht darauf verlassen, dass sie in identischer Weise funktionieren, denn die Hersteller haben oft eigene Vorstellungen von den anzuwendenden Wertebereichen. In manchen Fällen kann man auch von normgerechten CV-Verwendungen wegschalten zu meist leistungsfähigeren, aber leider proprietären Aufstellungen.

Bei der Beschäftigung mit den Einstellmöglichkeiten tauchen gerade bei den Wertebereichen bestimmte Zahlen immer wieder auf: 0–7, 0–15, 0–31, 0–63, 0–127, 0–255. Der Grund liegt darin, dass die der digitalen Modellbahn zugrundeliegende Mikrocontrollertechnik mit Bits und Bytes arbeitet. Eine CV kann genau ein Byte speichern. Bei Mikrocontrollern war Speicherplatz immer knapp. Es lohnte sich in vielen Fällen, die acht Bits in einem CV-Byte einzeln zu betrachten und zu verwenden – siehe CV 29, wo jedes Bit eine andere Bedeutung hat. Fasst man beispielsweise die ersten sechs Bits eines Byte zusammen, kann man mit ihnen den Wertebereich 0–63 abdecken und die restlichen zwei Bits für andere Zwecke verwenden. Abgesehen von der Speichersparsamkeit hat sich das binäre Zahlenraster in der Praxis von Computer- und Digitaltechnik bewährt und wird deshalb auch gerne heute bei neuen CV-Definitionen zugrundegelegt.

Teil der Beschäftigung mit CVs ist auch die „Bit-Rechnerei“. Die Bits 1, 2, 5 und 7 sollen gesetzt werden, der Rest nicht. Welcher Zahlenwert ist also

in die CV zu schreiben? Wer täglich mit solchen Fragestellungen hantiert, kann hier aus dem Stand antworten: „166, wenn die Bit-Zählung bei Null beginnt; 83, wenn man mit Eins loszählt.“ Wer nicht in Übung ist, kann sich zwar anhand der Anleitung zum binären Rechnen ein paar Seiten weiter die nötigen Werte selbst zusammenstellen.

Effizienter ist es jedoch, sich z.B. online Hilfsmittel zu suchen. Da findet man u.a. den Binärumrechner von AMW:

- <http://atw.huebsch.at/Software/bincalc.htm>

Das Programmchen ist zwar für CV 29 beschriftet, erledigt aber auch sonst alle Umrechnungen von Bit- zu Zahlenwerten. Mehr Erklärung zur Bedeutung der einzelnen Norm-CVs erhält man hier:

- https://www.opendcc.de/infodecoder/dcc_cv.html

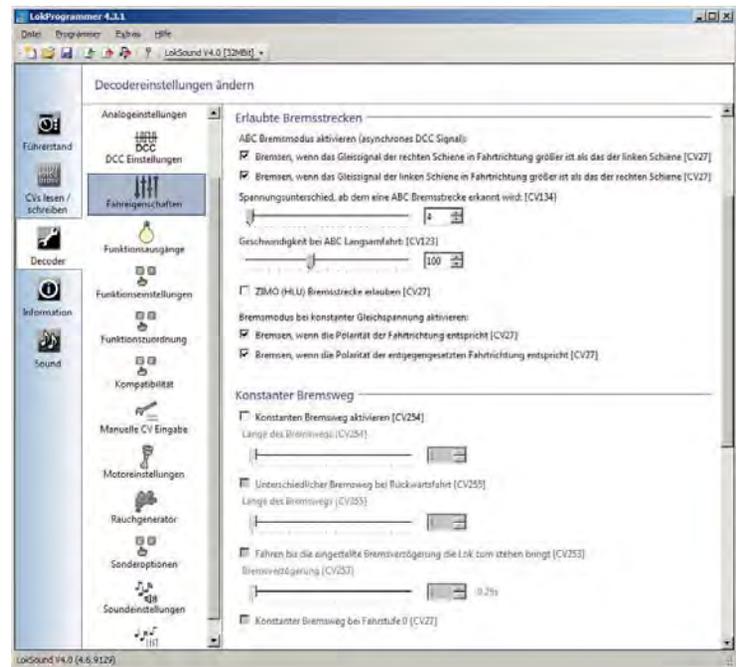
Wenn man sich mit RailCom näher beschäftigen möchte, ist diese Seite besonders wertvoll. Auch Märklin hat eine CV-Rechner-Seite online:

- <https://www.maerklin.de/de/service/technische-informationen/dcc-rechner/>

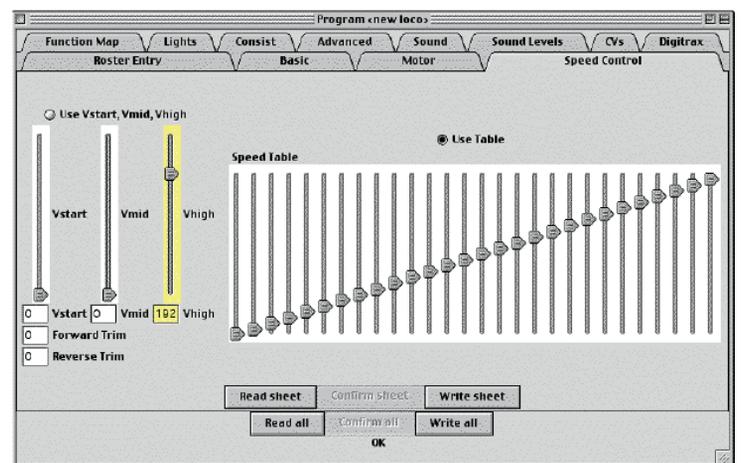
Hier ist die Berechnung der langen Decoderadressen besonders prominent ausgeführt, aber auch andere Einstellungswerte lassen sich schnell ermitteln. Gerade diese Seite ist ein Beispiel dafür, wie sehr sich die CV-Zuordnung nach DCC-Norm bei der Modellbahn etabliert hat. Gleichzeitig zeigt sie, dass die Decoder-einstellung heutzutage auch bei Decodern für andere Protokolle über den DCC-Weg erfolgt.

Mit den genannten und ähnlichen Hilfsmitteln kommt man bei der Decodereinstellung schon relativ weit. Allerdings wird es schnell langatmig, wenn man z.B. die Funktionszuordnung in den CVs 33 ff vornehmen möchte: Byte für Byte berechnen, niederschreiben und dann Stück für Stück in das Zentralenbedienteil eintippen. Das Ganze ist eine Aufgabe, die nach Konzentration und Geduld verlangt.

Noch schwieriger wird es, wenn man komplexe herstellerspezifische CV-Bereiche bearbeiten will. Dazu gehören z.B. herstellereigene Mappingtabellen und alle Arten von Soundeinstellungen. Meist braucht man mehrere Anläufe, um mit den Beschreibungen der jeweiligen Funktionalitäten klarzukommen, immer wieder trifft man auf nicht hinreichend



Fast jeder Decoderhersteller pflegt eine Software, mit der die eigenen Decoder optimal eingestellt werden können. Auch Fremddecoder kann man damit bearbeiten, ist dann aber auf die genormten Bereich beschränkt und kann die Spezialitäten nicht „herauskitzeln“. Manche Hersteller setzen eine „Programmer“ genannte Hardware zum Einsatz ihrer Software voraus. Hier ein Screenshot der LokProgrammer-Software von Esu.



Auch die Anlagensteuerungsprogramme können in der Regel Decoder einstellen. Naturgemäß ist diese Option auf die genormten Bereiche beschränkt, aber z.B. eine Geschwindigkeitskurve wie hier lässt sich am Bildschirm viel bequemer einstellen als nach aufwendigen manuellen Werte-Berechnungen. Der Screenshot stammt aus „JMRI: DecoderPro User Guide“: <http://jmri.org/help/en/html/apps/DecoderPro/Tour.shtml>

dokumentierte Abschnitte. Um es klar zu sagen: Es ist ein fast sinnloses Unterfangen, komplexe Herstellerfunktionen mit einfachen Bit- und Byte-Werkzeugen an eigene Bedürfnisse anpassen zu wollen.

Die Lösung wird von den Herstellern selbst geliefert: Zu fast jeder Decoderfamilie gibt es inzwischen einen „Programmer“, ein Gerät, das gezielt Werte aus einem Decoder auslesen und in ihn hineinschreiben kann und das diese Werte per PC-Programm anzeigt bzw. entgegennimmt. Mit einem solchen Gerät samt seiner Software kann man grundsätzlich die Werte eines jeden Decoders bearbeiten, der den DCC-Weg bei der Einstellung unterstützt. Daher hat man als Anwender bei den genormten CVs in jedem Fall den Vorteil der einfacheren Eingabe, z.B. dadurch, dass man Bit-Bedeutungen im Klartext lesen und die Einstellung gleich per Mausklick passend vornehmen kann – egal, wer der Hersteller des Decoders ist. Zur vollen Stärke laufen die Programmer auf, wenn es um die herstellerspezifischen CV-Bereiche geht. Wer sich mit der Erstellung eigener Geräusche für seine Fahrzeuge befassen möchte, kommt um einen Programmer für seine bevorzugten Decoder nicht herum.

Es gibt auch Software, die die CV-Einstellung herstellerunabhängig unterstützt. Diese Programme nutzen die normalen Schnittstellen zwischen Zentrale und PC, teilweise unterstützen sie auch proprietäre Hardware. Sie bieten für die Norm-CVs einen ähnlichen Service wie die Herstellerprogramme. Beispiele solcher Software sind DecoderPro vom JMRI-Projekt^[14] und P.f.u.Sch von STP-Software^[15]. Eine weitere Möglichkeit zur assistierten CV-Einstellung bieten Anlagensteuerungsprogramme, oft ist eine CV-Einstellungsfunktion Teil der Software. Zum Ausprobieren eignet sich das freie RocRail^[16] recht gut.

Zubehördecoder

Die Vielfalt der stationären Decoder am Markt scheint unüberschaubar. Es gibt kaum eine Anwendung, für die man nicht auch einen spezialisierten Decoder finden kann. Ein Beispiel ist die Ansteuerung von Lichtsignalen, bei der das ganze Knowhow, welche Lampe wann wie in welcher Art für welches Signalbild anzuschalten ist, direkt im Decoder sitzt. Von der Zentrale werden nur noch ganze Signalbegriffe abgerufen, statt einzelne Lampen anzusteuern. Die Einstellung solcher Decoder ist sehr spezifisch und muss in jedem Fall in der zugehörigen Anleitung nachgelesen werden.

„Einfach“ sind hingegen die klassischen Weichen- und Schaltdecoder. Der wesentliche Unterschied ist, ob sie einen Moment- oder einen Dauerkontakt schließen. Magnetspulen, die traditionelle Kraftquelle von Weichenantrieben, benötigen nur einen kurzen Stromimpuls, um in die gewünschte Lage zu kommen. Dauerstrom sorgt hingegen für eine Erwärmung und führt letztlich zum Durchbrennen einer Spule. Ein Decoder, der bauart- oder einstellungsbedingt nur einen Stromimpuls liefert, ist also die sicherste Ansteuerung für einen Magnetspulenantrieb, denn ein von der Zentrale gesendeter Abschaltbefehl könnte verlorengehen oder verzögert werden.

Stationäre Decoder haben einen eigenen Adressraum neben dem der Fahrzeugdecoder. Es ist also möglich, eine Lok mit der Adresse 10 und auch eine Weiche mit der Adresse 10 zu haben. Von einem Bediengerät oder einer Zentrale aus kann man einen Zubehördecoder gezielt unter seiner Adresse ansprechen.

Zum Schalten einer Weiche benötigt man einen Wechselschalter, der einen Antrieb entweder in die eine oder die andere Lage bringt. In der Elektronik wird ein Wechselschalter aus zwei einfachen Schaltern gebildet, die so angesteuert werden, dass immer nur einer „an“ und der andere „aus“ ist.

Bei der Konzeption des Adressierungssystems für digitales Modellbahnzubehör ging man vor allem von Weichen aus. Daher ist unter einer Weichenadresse immer ein Doppelschalter erreichbar. Zu Beginn der

¹⁴ JMRI steht für „Java Model Railroading Interface“, eine freie Softwarebasis, die einige Tools mitbringt und auch als Grundlage für eigene Programmierungen dienen kann; <http://jmri.org>

¹⁵ P.f.u.Sch steht für „Programmieren, Fahren und Schalten“; <http://www.stp-software.at/PfuSch/PfuSch.htm>

¹⁶ <https://wiki.rocrail.net/doku.php?id=start-de>

Modellbahndigitalisierung war es vorteilhaft, immer vier dieser Doppelschalter in einem Decoder zusammenzufassen. Diese Bauweise hat sich etabliert und so gibt es auch heute noch eine Vierergruppierung bei den Weichenadressen. Dieser Ansatz hat folgende Auswirkungen:

- Unter einer Weichenadresse sind immer zwei Schaltkanäle ansprechbar. Ob diese getrennt schaltbar sind oder nur wechselweise, hängt von der Auslegung des Decoders ab.
- Eine Weichenadresse ist immer Teil einer Gruppe von vier aufeinanderfolgenden Adressen. Einfache Zubehördecoder bedienen genau eine solche Viereradressengruppe. Aus der Festlegung einer der Decoderadressen ergeben sich die drei anderen Adressen automatisch.
- Bei vielen einfachen Zubehördecodern lassen sich die zugehörigen Adressen festlegen, indem man den Decoder in den Einstellmodus versetzt (meist per Tastendruck am Decoder) und dann von der Zentrale aus einen Schaltbefehl für eine Weiche aus der gewünschten Adressgruppe sendet. Der Decoder erkennt die angesprochene Adresse, errechnet die sich daraus ergebende Gruppe und merkt sich das Ergebnis. Zukünftig lauscht er genau auf das Befehlsbyte, das für die errechnete Gruppe ausgesandt wird.

Die Frage, welches Zubehör welche Digitaladresse besitzt, ist vor allem für die manuelle Bedienung von Bedeutung. Um hier eine größtmögliche Flexibilität zu erreichen, gibt es auch Decoder, deren Schaltkanalpaare sich jeweils auf individuelle Adressen einstellen lassen. So kann man z.B. die aus einem Vorbildgleisplan übernommenen Weichennummern gleichzeitig als Adresse verwenden, ohne bei der Verkabelung Verrenkungen ausführen zu müssen. Speziell fürs Teppichbahning sind Einzeldecoder interessant, die genau einen Weichenantrieb bedienen. Auch deren Adressen sind individuell einstellbar. Vielfach lassen sich Zubehördecoder auch per CV einstellen. Wie dies funktioniert ist der jeweiligen Anleitung zu entnehmen.

KABEL FÜR DIE ANLAGE

Abschließend noch ein paar Worte zur digitalgerechten Verkabelung einer Anlage: Eine durchgehende, störungs- und unterbrechungsfreie Energiezuführung ist für den Digitalbetrieb wesentlich. Auch sollen Leitungsverluste möglichst vermieden werden. Das Metall der Schienen ist nicht die erste Wahl, wenn es darum geht, den Strom zu entfernten Enden seiner Anlage zu transportieren. Normale Kupferkabel können dies viel besser. Daher hat es sich bewährt, alle 100 bis 150 cm einen Einspeisepunkt im Gleis vorzusehen und diese Einspeisepunkte mit mind. 1,5-mm²-Kabel sternförmig mit der Zentrale oder dem Booster zu verbinden.

Es ist naheliegend, das Gleis zwischen den Einspeisepunkten zu trennen und die Einspeisung über Melder zu führen. Ob man diese Meldeelektroniken bei einer normalen Heimanlage zentral anordnet oder gleisnah, ist Geschmackssache. Gleiches gilt für Zubehördecoder. Wichtig ist allerdings, dass die verschiedenen Elektronikbausteine für Wartungsarbeiten und die Fehlersuche ohne Verrenkungen zugänglich bleiben.

Kabel sollten nicht wirr in der Gegend herumhängen, sondern gebündelt und sauber geführt werden. Werden Kabelkreuzungen im rechten Winkel ausgeführt, ist das Übersprechen kleinstmöglich. Stöempfindliche Systeme wie die Verkabelung der alten s88-Melder sollten gemieden werden, sie sind nicht mehr zeitgemäß. Heutige Busseteilnehmer werden mit vorkonfektionierten Leitungen verbunden, die je nach Typ auch über eine passende Abschirmung verfügen.

Die Energieversorgung des Zubehörs sollte aus einem eigenen Netzteil erfolgen. Auch hier hat sich eine sternförmige Verteilung mit einem hinreichend großen Leitungsquerschnitt (1,5 mm²) zu den einzelnen Schaltdecodern bewährt. Ideal ist es, wenn man den Beleuchtungsstrom für Häuser und Straßenlaternen und den Schaltstrom für Weichen und andere bahnahe Dinge aus getrennten Netzteilen über jeweils eigene Kabel zuführt. Diese Entkoppelung macht beide Seiten von Belastungsschwankungen unabhängiger.





KAPITEL 6

BASISINFORMATIONEN UND HINTERGRÜNDIGES

Nützliche Definitionen

In diesem Buch geht es um die Modelleisenbahn und um das, was man wissen und tun muss, um sie digital betreiben zu können. Notwendigerweise sind deshalb ein paar Dinge auf den bisherigen Seiten viel zu kurz gekommen. Dieses abschließende Kapitel vermittelt noch ein paar Hintergrund- und Grundlageninformationen. Starten wir gleich mit der Elektrik:

Um einfacher rechnen zu können, hat man für die physikalischen Größen wie Strom, Spannung, Widerstand etc. physikalische Einheiten definiert, in denen sie gemessen werden. Damit die Notation einfach bleibt, gibt es passende Abkürzungen: Strom = I , gemessen wird er in Ampere (A); Spannung = U , gemessen wird sie in Volt (V); (Wirk-)Leistung = P , gemessen wird sie in Watt; Widerstand = R , gemessen wird er in Ohm (Ω); Kondensator = C , gemessen seine Kapazität in Farad (F). Die jeweiligen Maße der verschiedenen Einheiten wurden im Zuge der wissenschaftlichen Entdeckungen im 19. Jahrhundert

festgelegt. Mit zunehmendem Einsatz elektrischer Techniken und besonders in der elektronischen Praxis hat sich erwiesen, dass manche der „1“-Wert weit weg von den tatsächlich verwendeten Werten liegen. So mussten die Messbereiche sowohl ins Kleine als auch ins Große erweitert werden.

Wie auch bei Längenmaßen macht man dies durch Modifikation der Einheit um einen Faktor mit der Basis 10. Tausenderschritte haben sich als sinnvoll erwiesen. Nach oben wird per „Kilo“ und dann per „Mega“ erweitert. Für uns bei der Modellbahnelektronik sind die $k\Omega$ und (seltener) die $M\Omega$ ^[1] interessant. Es gilt: $1 M\Omega = 1000 k\Omega$; $1 k\Omega = 1000 \Omega$. Bei der großen Bahn beträgt die Oberleitungsspannung 15 kV, also 15.000 V.

Hauptsächlich beim Strom, aber auch bei Spannungen sind jedoch Modifikatoren ins Kleinere wichtig: Millivolt und Milliampere sind übliche Größen bei der Elektronik. mV begegnen uns z.B. bei einem Spannungsabfall eines Stromfühlermelders und in kleinen mA-Werten wird der Strom durch LEDs gemessen, durch eine moderne Modelllok fließen ca. 200–500 mA, ältere können auch schon mal 1,5 A ziehen.

Zur Verdeutlichung der Dimensionen: Fließt ein Strom durch den menschlichen Körper, kann man ihn ab ca. 0,5 mA wahrnehmen. Ein FI-Schutzschalter schaltet bei einem Fehlstrom ≤ 30 mA ab. Übliche Steckernetzteile für Lampen oder Kofferradios sind häufig für 500 mA ausgelegt. Eine „normale“ Modellbahn-Digitalzentrale liefert rund 3 A; alles über 5 A gilt als viel, bei Gartenbahnen und großen Spuren rechnet man auch schon mal mit 10 A bei 22 V Gleisspannung. Im Haushalt zieht ein 2000-W-Gerät runde 8,7 A an 230 V Wechselspannung. Die Sicherungen hier sind meist auf eine Auslöseschwelle von 16 A eingestellt.

Noch kleiner wird es bei Kondensatoren. Eine Kapazität von einem Farad ist mit herkömmlichen Kondensatorbauarten nicht in praxistauglicher Weise zu erreichen, erst die noch relativ jungen GoldCaps



Das Typenschild verrät es: Dieses Schaltnetzteil für eine Märklin CS2-Zentrale gibt 19 V ab und leistet bis zu 60 W. Der Maximalstrom beträgt also 3,15 A.

¹ Bitte beachten: „Mega“ wird mit einem großen „M“ gekennzeichnet, das „Milli“ hingegen mit einem kleinen „m“.

kommen in diese Bereiche^[2]. Auch mF sind noch sehr viel in Relation zu den üblicherweise in elektronischen Schaltungen eingesetzten Kapazitäten. Eine gute Basis sind μF , wobei es eine Konvention ist, bei 1000 μF nicht nach Millifarad zu wechseln, sondern bei den Mikrofarad zu bleiben. In der Praxis werden noch sehr viel kleinere Kapazitäten benötigt: Nano- und Picofarad. Es gilt $1000 \text{ pF} = 1 \text{ nF}$; $1000 \text{ nF} = 1 \mu\text{F}$.

Kondensatoren begegnen uns in vielerlei Form. Ihre Fähigkeit, eine definierte Menge elektrische Ladung zu speichern, macht sie zu Zeitmessern: Je kleiner, desto schneller voll bzw. leer. Kondensatoren mit wenigen pF sind z.B. in den Empfangskreisen von UKW-Radios eingebaut. Solche mit 100 nF dienen bei der Modellbahn der Entstörung. 1 μF ist häufig in Tonfrequenzbereichen anzutreffen. Größere Kapazitäten werden oft zur Pufferung und Glättung von Versorgungsspannungen eingesetzt.

Für den Praktiker sind besonders die Zusammenhänge von Spannung, Strom und Widerstand wichtig. Es gilt: Der Widerstandswert entspricht dem Verhältnis von Spannung zu Strom. Fließt bei gleicher Spannung viel Strom, ist der Widerstand klein. Soll bei konstantem Strom der Widerstand zunehmen, muss auch die Spannung steigen etc. Die einfache Formel lautet: $R = U / I$. Durch Umstellen erhält man: $I = U / R$ und $U = I * R$. Mit diesen Grundformeln kann man z.B. die nötigen Vorwiderstände von LEDs ausrechnen.

Bits, Bytes, Rechnerei

Im Zusammenhang mit Digitaltechnik tauchen zwei Begriffe immer wieder auf, die ähnlich klingen und auch gerne verwechselt werden: Die Rede ist von Bits und Bytes (gesprochen „bits“ und „baits“). Oft verstecken sich die Begriffe in Abkürzungen, wo sie für den Laien zu reinen Namen ohne Sinn werden.

Die Rede ist dann von kb, MB, GB sowie seit einiger Zeit auch von TB. Zum einen begegnen uns diese Bezeichnungen, wenn es um die Übertragungsleistung von Onlinediensten geht, zum anderen werden sie häufig im Zusammenhang mit Computer- und sonstigem Speicher genannt.

Der Begriff „Bit“ ist dabei selbst ein Kunstwort, das aus dem englischen „binary digit“ entstanden ist. „digit“ wird hier im Sinne von „Ziffer“ oder „(Zähl-)stelle“ verwendet, „binary“, also binär, besagt, dass diese Stelle nur zwei Zustände annehmen kann. Verwendet man Ziffern zur Kennzeichnung, sind nur 0 und 1 möglich (so wie beim Zehnersystem 0, 1, 2, ..., 9 möglich sind). Der Sinngehalt eines Bit kann aber genauso gut auch „an“ oder „aus“, „wahr“ oder „falsch“, „schwarz“ oder „weiß“, „rechts“ oder „links“ sein. Ein Bit ist die kleinste Informationsmenge, die in einem Computer oder Digitalsystem verwendet werden kann. Bits werden der Einfachheit halber meist mit ihren Zustandsziffern notiert. Dabei werden Null, „falsch“ und „ausgeschaltet“ sowie Eins, „wahr“ und „eingeschaltet“ gleichgesetzt. Auch spricht man bei einer Eins von einem gesetzten Bit, bei Null von einem nicht gesetzten.

Wie bereits erwähnt, sind Bits getreu ihrer ursprünglichen Bedeutung „binary digit“ die einzelnen Ziffern und Zählstellen eines binären Zahlensystems. So, wie im Zehnersystem bei 9 „Schluss“ ist und beim nächsten Schritt ein Übertrag in eine neue Zählstelle stattfindet, kann man dies im Binärsystem auch machen. Nur passiert es hier schon bei der 1.

Die uns vertraute „2“ gibt es nicht; stattdessen wird links der bisherigen Ziffer eine Stelle zugefügt. Wie auch beim Übergang von 9 nach 10 (zehn!) wird die bisherige Ziffer „gelöscht“ bzw. auf Null gesetzt und die links daneben stehende oder eingefügte Ziffer beginnt zu zählen. Eine „2“ im binären System ist also 10 (zwei!). Nach diesem Schema wird immer weiter gezählt, nur dass beim binären deutlich häufiger als beim Zehnersystem neue Stellen anzufügen sind. Noch einmal in der Gegenüberstellung:

Zehnersystem	binäres System
0	0
1	1

Das Maximum einer binären Stelle ist erreicht

² Der Nachteil von GoldCaps ist ihre geringe Spannungsfestigkeit und die Notwendigkeit, sie kontrolliert zu laden.

2 10
 Im binären System wird links eine neue Stelle
 eingefügt, die bisherig zählende wird „genullt“

3 11
 Das Zählen im binären System beginnt wieder
 an der kleinstwertigen Stelle

4 100
 Erneuter binärer Übertrag

5 101
 Binärer Zählbeginn ganz rechts

6 110

7 111

8 1000

9 1001

Das Maximum einer Zehnersystemstelle ist erreicht

10 1010

Im Zehnersystem wird links eine neue Stelle
 eingefügt, die bisher zählende wird genullt

11 1011

Das Zählen im Zehnersystem beginnt wieder an
 der kleinstwertigen Stelle

12 1100

13 1101

14 1110

15 1111

16 10000

Erneuter binärer Übertrag ...

Man erkennt, dass binäre Zahlen sehr schnell sehr
 lang werden. Sie entsprechen nicht unserer üblichen
 menschlichen Denkweise und sind daher für die
 meisten von uns schwer zu handhaben. Man ver-
 wendet sie trotzdem, denn ihr grundsätzlicher Vorteil
 liegt darin, dass sie gut von elektromechanischen (Re-
 lais) und elektronischen Systemen verarbeitet werden
 konnten und können. Die Beschränkung auf zwei
 Zustände „an“ und „aus“ stellt hier keine Einschrän-
 kung dar sondern sorgt für Eindeutigkeit.

Probleme gibt es allerdings an der Schnitt-
 stelle zwischen Mensch und Maschine. Mit
 „101111100000101010110“ kann man so auf die
 Schnelle absolut nichts anfangen. Man beginnt, Stel-
 len zu zählen und Zahlen auszurechnen. Dabei hilft
 eine Beobachtung: Der Wert jeder binären Stelle ent-
 spricht einer Zweierpotenz. (Es haben übrigens alle
 Zahlensystem an sich, dass der Wert einer Stelle einer

Potenz ihrer Basiszahl entspricht: 1, 10, 100, 1000 ...
 => 10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3 ...; Im binären System lautet die
 Folge 1, 2, 4, 8, 16, 32, ... => 2^0 , 2^1 , 2^2 , 2^3 , 2^4 , 2^5 , ...)
 Man nimmt also, von hinten beginnend, die jeweilige
 Zweierpotenz, multipliziert sie gedanklich mit der Zif-
 fer der jeweiligen Stelle und addiert die Ergebnisse:
 $0 * 1 + 1 * 2 + 1 * 4 + 0 * 8 + 1 * 16 + 0 * 32$ etc.
 bis man zur Summe 1556822 kommt.

101111100000101010110

Die gezeigte Darstellung mit Einsen und Nullen ist
 aus verschiedenen Gründen völlig unpraktikabel: Als
 Mensch muss man viel rechnen, um den Wert in un-
 ser übliches Zahlensystem zu übersetzen, ein schnel-
 les Erfassen ist nicht möglich. Aber auch eine techni-
 sche Verarbeitung wäre unpraktisch: Nehmen wir an,
 für einen gewünschten Zweck käme man mit Zahlen
 bis 2097151 (binär ist das 21 mal die „1“) zurecht
 und baute ein 21 Bit breites Speicher- und Rechen-
 werk. Dann müsste man auch die Zahl 1257 oder
 auch die 32 im Binärsystem mit diesen 21 Stellen
 abbilden und nicht nur unsere 1556822 von oben.
 Der Grund: Die Breite der Rechenwerke muss sich an
 der größten zu erwartenden Zahl orientieren.

Es gibt tatsächlich Systeme, die mit noch mehr
 parallelen Bits gleichzeitig rechnen, z.B. Grafikkar-
 ten. Der Grund für die hohe Parallelität liegt in der
 Geschwindigkeit, denn hier passieren viele Dinge
 gleichzeitig nebeneinander. Die vielen Bits werden
 nur selten als gemeinsame Zahl verwendet, sondern
 häufig als Zustandsbeschreibung einer Reihe von
 Positionen gleichzeitig.

Für den Umgang mit den Bits hat man schon früh
 einen Kompromiss gefunden: Man begrenzt die
 Menge der gleichzeitig betrachteten Bits auf eine
 auch für den Menschen überschaubare Anzahl und
 setzt zur weiteren Verarbeitung mehrere solcher Bit-
 gruppen wie Ziffern nebeneinander. Auch auf Seite
 der Rechenwerke hat man dadurch Vorteile: Eine
 passende Begrenzung der gleichzeitig verarbeitbaren
 Bits spart eine Menge Hardware.

Benötigt man doch einmal mehr Bits auf einmal,
 muss man die Verarbeitung in nacheinander abzu-
 arbeitende Schritte zerlegen, der Preis ist also die Redu-

zierung der Geschwindigkeit. Ist dieser Preis zu hoch, setzt man einfach zwei Verarbeitungsstufen nebeneinander (was heute weniger kostet, als ein individuell angepasstes System mit z.B. 13 Bit zu entwickeln).

Die sukzessive Verdoppelung der Verarbeitungsbreite ist gängige Praxis in der digitalen Welt. Auch hier kommt man wieder auf die Reihe 1, 2, 4, 8, 16 etc., diesmal als Menge der parallel verarbeiteten Bits.

VON HEXA UND BINÄREN ZAHLENRÄUMEN

Der Zahlenraum bis zehn oder zwölf ist uns Menschen aus dem täglichen Leben vertraut. Dies, und die oben aufgeführte Reihe führen zur „16“ als sinnvollem Kompromiss. Besser gesagt ist es die 15, die wir im Blick haben müssen, so wie die 99 zur 100. Der Wert 15 ist in vier Bit darstellbar, für die 16 benötigt man eine Stelle mehr. 0 bis 15 lassen sich brauchbar durchzählen. Bis 9 ist dies unsere tägliche Praxis, ab dort machen wir in der Digitaltechnik mit Buchstaben weiter: 0, 1, ..., 8, 9, A, B, ..., E, F. Dieses auf der „16“ basierende Zählsystem nennt sich hexadezimal.

Man spricht bei vier parallelen Bits von einem „Nibble“. In der Frühzeit der Digitaltechnik war die vier Bit breite Datenverarbeitung tatsächlich gang und gäbe. Bei allen Vorteilen, die sich für uns Menschen aus der Überschaubarkeit eines Nibbles ergeben, haftet der Beschränkung auf 16 Werte ein großer Nachteil an: Man kann nur Zahlen darstellen.

Wir haben jedoch zur Notierung von Sprache eine ganze Reihe weiterer Zeichen erfunden, die in Alphabethen organisierten Buchstaben. Will man, dass Digitaltechnik nicht nur Nummern knackt, sondern auch schriftliche Mitteilungen machen kann, benötigt man ein System zur Verarbeitung von Buchstaben. 26 davon haben wir, plus Ziffern, plus Sonderzeichen wie „ä ö ü“, plus Groß- bzw. Kleinschreibung, plus Satzzeichen.

Naheliegenderweise orientierte man sich zu Beginn der Digitalentwicklung an Schreibmaschinen, was zusätzlichen „Zeichenbedarf“ mit sich brachte: Befehle für den Rücklauf des Papierschlittens, für den Zeilenvorschub oder auch für das Erklingen der Zeilenende-

glocke mussten berücksichtigt werden. Über 90 Zeichen kamen so zusammen, für die es eine Kodierung brauchte. Man entschied sich letztlich für die nächste Verdoppelung und kam so auf acht Bit parallel und damit die Möglichkeit, 256 verschiedene Werte darzustellen. Acht Bit parallel nennt man „Byte“.

ACHT STATT SIEBEN BITS

Tatsächlich lebte man eine ganze Zeit lang mit nur sieben parallelen Bits für die Zeichendarstellung. Der Grund ist weniger in der Hardware direkt, sondern eher in der begrenzten Datenübertragungsrate früherer Systeme zu suchen. Sieben Bit mit daraus folgenden 128 verschiedenen Werten waren ausreichend, um die angloamerikanischen Anforderungen an die Zeichencodierung zu erfüllen. Sieben Bit benötigen weniger Übertragungsbandbreite als für acht und man kann sie daher schneller übertragen. Die Sparsamkeit und Egozentrik der amerikanischen Computerentwickler sorgten für eine Menge Zusatzaufwand im Rest der Welt, wo eigene Codetabellen und komplizierte Umsetzalgorythmen entwickelt werden mussten, um die jeweiligen Alphabete abbilden zu können. Dieser historische Ballast ist bis heute spürbar: Es gibt immer noch Drucker und andere Systeme, die sich mit deutschen Sonderzeichen schwertun.

Die acht Bits eines Byte sind zu viel, um sie wertmäßig auf einen Blick erfassen zu können. So hat man verschiedene Darstellungsformen entwickelt: Neben dem binären „11000011“ stehen das hexadezimale „C3“ (die acht Bits werden als zwei Nibble aufgefasst) und das dezimale „195“. Um hier Verwechslungen zu vermeiden, kennzeichnet man die nichtdezimalen Darstellungen im digitalen Umfeld gerne mit einer Abkürzung des Zahlensystems: b11000011 und 0xC3 bzw. \$C3.

Die Organisation der Daten in Byte-großen Häppchen zu jeweils acht Bits erwies sich als ein solch gelungener Kompromiss aus Hardwareaufwand, Leistung und Ressourcenoptimierung, dass man in der Digitaltechnik „von Beginn an“ alle weiteren Datenstrukturen durch Vervielfachung aus einem Byte ableitet. Z.B. bei der Berechnung von Zahlen und ihrer internen Speicherung ist dies zu beobachten: Ein

Byte speichert 256 verschiedene Werte, bei Zahlen also von 0 bis 255.

Möchte man auch negative Zahlen darstellen, verschiebt man den Wertebereich auf -127 bis +127. Soll der Wertebereich größer werden, nimmt man zwei Bytes zu einem oft als „Word“ bezeichneten Wert zusammen und kann so die Zahlen 0 bis 65.535 abbilden. Typische weitere Zusammenfassungen sind vier oder acht Bytes, wie sie u.a. bei der 32- und 64-bit-Technik moderner Computer anzutreffen sind. Einer Gruppierung von jeweils vier Byte begegnet man auch in der Internet- und Netzwerktechnik: Eine (alte v4) IP-Adresse setzt sich aus vier Byte zusammen, jeweils mit einem Punkt dazwischen, z.B. 192.168.3.104

BYTES ABZÄHLEN: KB, MB, GB, TB

Ein Byte entspricht einem Zeichen. Möchte man nun längere Texte speichern oder Befehlssequenzen übertragen, kommen schnell tausende von Zeichen zusammen. Um den Überblick zu behalten und die Zahlen nicht zu groß werden zu lassen, fasst man immer Tausendergruppen zusammen, wie bei Metern und Kilometern. 1000 Byte sind also ein Kilobyte, abgekürzt KB. Die nächsten Größen sind MB, GB, TB, die für Mega-, Giga- und Terrabyte stehen. Eine Floppydisk der 1990er hatte eine Kapazität von einigen Hundert KB bis zu 1,44 MB, eine CD (auch ein aussterbendes Format) weist ungefähr 700 MB auf, während die Kapazität aktueller Festplatten in TB gemessen wird.

So naheliegend die Tausendereinteilung für die Bezeichnungen auch ist, so wenig eindeutig wurde sie geregelt: Aus unserem menschlichen Verständnis sind $10 * 10 * 10 = 1000$ eine gute Strukturuntergliederung. Aus digitaler bzw. binärer Sicht ist jedoch 1024 viel naheliegender, denn mit zehn Bit kann man 1024 verschiedene Werte darstellen, also auch 1024

verschiedene Bytes individuell adressieren. Auch eine solche Byte-Ansammlung nannte (und nennt) man KB, obwohl dies eigentlich falsch ist. Das Betriebssystem Windows z.B. verwendet die falsche Begrifflichkeit, wenn es um die Größe von Dateien geht. In der Praxis scheint der Unterschied nicht groß, er potenziert sich jedoch, je größer die betrachteten Einheiten werden. In der Gegenüberstellung wird dies deutlich: Bei den 1-TB-Werten beträgt die Differenz der beiden Berechnungsweisen schon fast 10%. So erklärt sich u.a., warum Windows für eine 1-TB-Festplatte (die nach der 1000er-Methode gerechnet wurde) eine Kapazität von 933 MB (nach der 1024er-Methode) anzeigt.

Bei den Abkürzungen besteht noch eine zweite Verwechslungsgefahr: Geht es um Datenübertragungsraten, begegnen einem Begriffe wie „Fünzigtausenderleitung“ oder „16 Mb“ oder „Gigabit-Netzwerk“. Der letzte Begriff führt auf die richtige Spur: Es geht um Bits und nicht um Bytes. Ein DSL-Anschluss mit 16 Mb kann bis zu 16.000 kBit übertragen. Bei der Modellbahn hat man es selten mit Datenübertragungsraten zu tun, eigentlich nur, wenn man ein Interface über eine (veraltete) serielle Schnittstelle anschließen muss.

BITS AB 0 ZÄHLEN ODER DOCH AB 1?

Noch einmal zurück zu den Bits: Natürlich hat die Speicherung einzelner ja-nein-Werte in Form von einzelnen Bits auch heute noch eine große Bedeutung, besonders, wenn der Speicherplatz gering, die Rechenleistung knapp und die Datenübertragungen langsam sind. Dies sind Umstände, die bei (zumindest den frühen) Modellbahndecodern anzutreffen sind. Besonders bei den Grundeinstellungen des Decoders, die in den immer ein Byte breiten Konfigurationsvariablen (CV) abgelegt werden, sind solche Einzelbit-ja-nein-Werte anzutreffen. Um hier zu

VERGLEICH DER KILO-BERECHNUNGSWEISEN		
Nennwert	Rechnung über Kilo = 1000	Rechnung über Digitalzahl 1024
1 KB	1000 Byte	1024 Byte
1 MB	1000 KB = 1000 * 1000 Byte = 1.000.000 Byte	1024 KB = 1024 * 1024 Byte = 1.048.576 Byte
1 GB	1000 MB = 1.000.000.000 Byte	1024 MB = 1.073.741.824 Byte
1 TB	1000 GB = 1.000.000.000.000 Byte	1024 GB = 1.048.576 MB = 1.099.511.627.776 Byte

wissen, wovon man redet, nummeriert man die Bits durch und kann so sagen, dass das niederwertigste Bit ... Bedeutung hat (z.B. bei CV21). Ob dies aber nun Bit 1 oder Bit 0 ist, darüber ließe sich trefflich streiten. Für beide Varianten gibt es Argumente. Das computerübliche Verfahren beginnt bei 0 und zählt bis Bit 7. Die Firma Lenz, im Umfeld der digitalen Modellbahn keine unbedeutende, zählt hingegen von Bit 1 bis 8. Hat man es mit Lenz-Technik in Form von Zentralen oder Decodern zu tun, sollte man sich dieser unterschiedlichen Zählweise bewusst sein, um Fehler zu vermeiden.

KURZAUSFLUG IN DIE ELEKTRONIK

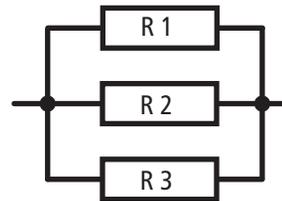
Als Digitalbahner kommt man mit Elektronik spätestens dann (oberflächlich) in Berührung, wenn man moderne Fahrzeugbeleuchtungen nachrüsten möchte. Widerstände sind uns bereits wiederholt begegnet. Oft erleben wir einen Widerstand als störend, z.B. in Kabeln oder bei Kontaktübergängen. Sie können aber auch hilfreich sein, z.B. zur Begrenzung des Sensorstroms durch eine Widerstandsachse in Stromfühlermeldern. Auch Leuchtdioden benötigen einen kontrolliert niedrigen Strom. Die Begrenzung wird häufig in Form eines Vorwiderstands^[3] realisiert. Wie eng Widerstände mit Strom und Spannung zusammenhängen und wie man mit ihnen rechnet, haben wir schon gesehen: $R = U / I$. Mit Widerständen lassen sich sehr einfach Spannungsteiler aufbauen. Dabei gilt: Je größer der Widerstandswert ist, desto größer ist die Spannung, die an ihm abfällt.

Betrachtet man die Modellbahnverkabelung, bilden die zuführenden Leitungen auch Widerstände, besonders an den Übergangsstellen wie Steckern etc. Hier bleibt quasi Spannung „hängen“, die am Gleis nicht mehr zur Verfügung steht. Fährt nun ein Zug auf dem Gleis, fließt ein Strom auch durch den ungewollten Widerstand, der sich dadurch zunehmend erwärmt. Schlechte Kontakte und zu dünne Kabel mit hohem Eigenwiderstand stellen eine echte Brandgefahr dar!

³ Auch wenn er so heißt, ein „Vor“-Widerstand muss nicht „vor“ einem Bauteil sitzen, sondern erfüllt seinen Zweck auch „danach“.



Widerstände werden ähnlich dargestellt, wie sie traditionell aussehen: zylindrische Körper mit einem Drahtanschluss je Ende. Man kann Widerstände auch umgekehrt auffassen: als Leitwerte. Bei einem großen Leitwert fließt viel Strom, bei einem kleinen wenig. Der Einfachheit halber werden Leitwerte als Kehrwert des zugehörigen Widerstands gerechnet: $1/R$



Schaltet man Widerstände parallel, sinkt der Gesamtwiderstand. Das erschließt sich sofort, wenn man an die Leitwerte denkt: Jedes „Röhrchen“ zusätzlich lässt den Gesamtstrom ansteigen, was im Umkehrschluss eine Reduzierung des Widerstands bedeutet. Auch die Rechnung erfolgt über die Leitwerte:

$$1 / R_{\text{ges}} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3$$



In Serie geschaltet, addieren sich die Widerstandswerte der beteiligten Einzelwiderstände zu einem Summenwiderstandswert, der größer als jeder Einzelwert der beteiligten Widerstände ist. Die Rechnung ist ganz einfach: $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3$



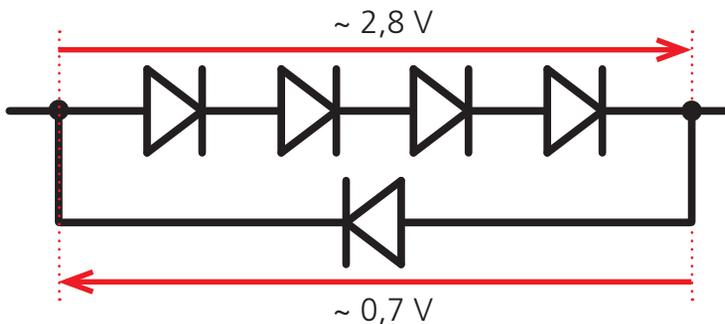
Das Schaltzeichen eines Kondensators symbolisiert seinen prinzipiellen Aufbau: Zwei leitende Platten werden nah aneinander gebracht, ohne sich zu berühren. Diese Anordnung kann elektrische Ladung aufnehmen und speichern. Wie viel, hängt von der Größe der Platten und dem Material zwischen ihnen ab. Dieses Material wird Dielektrikum genannt.



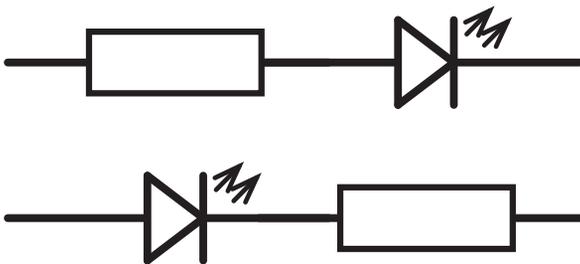
Neben Luft und z.B. Folien gibt es auch chemisch wirksame Dielektrika. Diese „Elektrolyt“ genannten Varianten haben einer ganzen Komponentenklasse ihren Namen gegeben: den Elektrolytkondensatoren, kurz „Elkos“. Elkos haben relativ große Kapazitäten. Die typische Bauform ist zylindrisch mit einer Alu-Außenhaut. Elkos sind fast immer gepolt, was im Schaltzeichen vermerkt ist. Falsch gepolt Elkos werden schnell zerstört, meist mit Knall und Rauch ...



Dioden lassen Strom nur in einer Richtung durch was durch den Pfeil in ihrem Schaltzeichen klar kenntlich gemacht wird: Gegen die Pfeilrichtung geht nichts. Bedrahtete Dioden kommen fast immer in einer zylindrischen Bauform daher. Meist markiert der Strich die Kathode, also die Bauteilseite an Minus.



An einer Diode fällt auch in Durchflussrichtung immer eine kleine Spannung ab. Dieses eigentlich lästige Verhalten kann man sich zunutze machen, wenn man eine kleine relativ konstante Spannungen braucht, oder aber, um eine Spannung um einen festen Betrag zu reduzieren. Da die digitale Gleisspannung eine Wechselspannung ist und das ABC-Bremsen funktioniert, wenn die positiven Halbwellen ca. 2 Volt kleiner als die negativen sind, benötigt man fünf Dioden für eine ABC-Bremsstelle. Der Anschluss dieser Diodenkette ans Gleis ist auf Seite 72 gezeigt.



Leuchtdioden – LEDs für „Light Emitting Diodes“ – benötigen immer einen Vorwiderstand zur Strombegrenzung. Ob dieser nur „vor“ oder „nach“ der LED eingebaut wird, spielt keine Rolle. Elektrisch sind also beide Schaltbilder identisch.

DIODEN

Dioden sind Einwegventile für den Strom; d.h. in die eine Richtung kann Strom durch eine Diode hindurchfließen, in die Gegenrichtung sperrt sie. Mit Dioden kann man z.B. Wechselstrom gleichrichten, indem man einen in die unerwünschte Richtung fließenden Strom nicht zulässt. Dioden sind also gepolte Bauelemente, hier gibt es ein „vorn“ und ein „hinten“, die (technische) Stromrichtung durch eine Diode wird mit dem Pfeil im Schaltplansymbol kenntlich gemacht. Die zwei Enden einer Diode werden Anode und Kathode genannt, wobei die Anode in Durchlassrichtung an Plus liegt.

Dioden haben eine weitere Eigenschaft, die uns bereits beim ABC-Bremsen begegnet ist: An ihnen fällt in Durchlassrichtung jeweils eine Spannung von ca. 0,7 V ab^[4]. Das heißt, schaltet man drei Dioden hintereinander in eine Gleiszuleitung, wird die Spannung dort um runde 2 V geringer sein als direkt an der Spannungsquelle. Da die Digitalspannung am Gleis eine Wechselspannung ist, lassen die ABC-Dioden nur die passenden Halbwellen durch. Damit die anderen nicht verloren gehen, wird eine weitere Diode antiparallel zu den ersten geschaltet. Damit die Differenz wieder größer 2 V wird, kommt eine vierte Diode zu den dreien hinzu: Fertig ist die ABC-Bremsstrecke mit unsymmetrischem Digitalsignal auf den Schienen.

LEDS

Leuchtdioden sind echte Dioden, die in Durchlassrichtung betrieben werden. Bei Stromdurchfluss geben sie Licht ab. Ihre Schwellenspannung ist höher als bei „normalen“ Dioden. Je nach Leuchtfarbe muss man hier mit 1,6 V bis 3,2 V rechnen. LEDs müssen immer, wirklich immer, mit einem Vorwiderstand^[5] betrieben werden. An einer LED fällt genau die bekannte

⁴ Dieser Wert der Schwell- oder Schleusenspannung gilt für Siliziumdioden. Dioden aus anderen Halbleitermaterialien haben andere Schwellen, Germaniumdioden z.B. 0,3 V. Die Schwellspannung ist eine Eigenschaft von Halbleitern allgemein, ist also auch bei Transistoren etc. anzutreffen.

⁵ Geeignet sind auch andere Maßnahmen, die für einen konstanten Strom sorgen, z.B. auf den gewünschten Strom eingestellte Kon-

Schwellenspannung ab, der Widerstand muss den Rest der Gesamtspannung „aufnehmen“. Dabei bestimmt sein Wert, wie groß der Strom ist, der durch ihn – und damit auch die LED – fließt. Er ist also eine effektive Strombegrenzung.

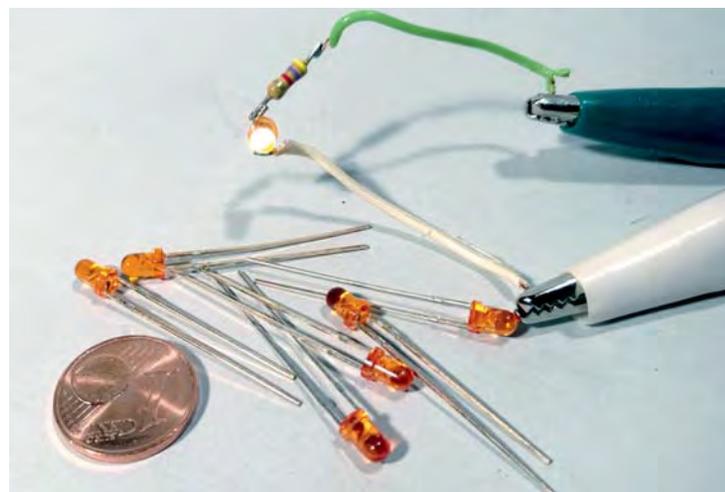
Was würde ohne diese Begrenzung passieren? Theoretisch würde der Strom unendlich ansteigen, was die beste LED nicht aushalten könnte und innerhalb kürzester Zeit zerstört wäre. Tatsächlich werden LEDs mit geringen Strömen im mA-Bereich betrieben. Es ist zu erwarten, dass die LED-Technik immer effizientere Modelle hervorbringen wird, die für die gleiche Lichtmenge noch weniger Strom brauchen. Ganz pragmatisch: Ein 10-k Ω -Widerstand vor einer LED ist im Umfeld der digitalen Modellbahn nie verkehrt, es fließt ein Strom von ca. 1,5 mA – wieviel genau hängt von der Lichtfarbe der LED und der Höhe der Digitalspannung ab.

LEDs soll man auch nicht parallel am gleichen Widerstand betreiben. Es gibt immer Unterschiede zwischen den einzelnen LEDs, auch wenn sie vom gleichen Typ sind. Die LED, die in einer Parallelschaltung von mehr Strom durchfließen wird erwärmt sich stärker, ihr Innenwiderstand sinkt, der Strom durch sie wird noch größer etc. Das Ganze kann sich so aufschaukeln, dass durch diese eine LED der ganze für zwei LEDs berechnete Strom fließt, zweimal so viel wie geplant. Je mehr LEDs parallel liegen, umso stärker wird der Konzentrationseffekt und umso eher wird die stromfreundlichste LED überlastet. Ist die erste ausgefallen, folgen die anderen in sehr kurzem Abstand und alle sind defekt. Jeder LED also ihren eigenen Widerstand!

AUF EINE GUTE DIGITALREISE!

Hiermit soll unser kleiner Ausflug in die Elektronik enden. Auch das Einführungsbuch in die digitale Modellbahn endet hier. Das Viele, das noch zu erzählen wäre, muss auf andere Publikationen warten. Ihnen, liebe Leser, wünsche ich viel Erfolg beim Aufbau und noch mehr Freude beim Betrieb Ihrer digitalen Modellbahn!

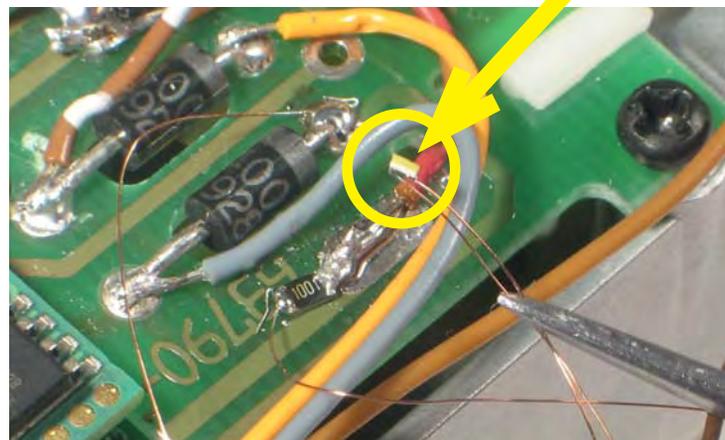
stantstromquellen. Manche Decoder bieten entsprechend ausgewiesene Anschlüsse.



Goldenwhite-LEDs von Yoldal erzeugen ein sehr homogenes natürliches Lampenlicht. Hier eine alte 3-mm-Durchmesser Bauform

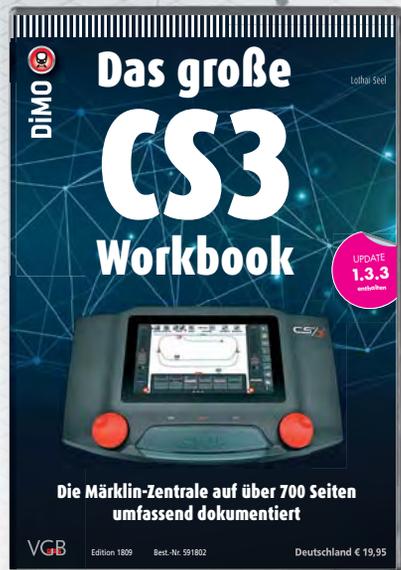


Die zwei weißen aufrecht stehenden Bauteile sind LEDs im PLCC-Gehäuse. Sie leuchten direkt in Kunststofflichtleiter.



Mit Kupferlackdraht ist eine LED der Bauform 0603 an die Lokplatine angeschlossen worden. Die LED wird später den Führerstand beleuchten.

NOCH MEHR DIGITALES ...



Die Komplett-Doku auf über 700 Seiten:

ALLES ÜBER DIE MÄRKLIN CS3

In seinem großen CS3-Workbook fasst Lothar Seel nicht nur das verstreute Fachwissen zur CS3 und zum Märklin-Digitalsystem zusammen. Das Workbook soll vor allem als Nachschlagewerk und Ratgeber dienen. Anhand einer C-Gleis-Anlage wird Schritt für Schritt erklärt, wie Züge digital fahren und elektronisches Zubehör bedient wird – mit starkem Praxisbezug, da der Autor das Workbook parallel zum Bau seiner Anlage auch für sich selbst als Dokumentation erstellte. Ganz nebenbei enthält das Kompendium eine vollständige Märklin-digital-Produkttour mit Stand vom August 2018 – inklusive Übersichten und Tabellen zu alle digitalen Informationen und Adresseinstellungen. Ein umfangreiches Stichwortverzeichnis führt bei auftretenden Fragen direkt zur Problemlösung. Der Ausdruck einzelner Seiten oder auch des Gesamtwerks ist jederzeit möglich, ebenso die Volltextsuche im gesamten Workbook.

CD-ROM mit über 750 Seiten pdf-Dokumentation für alle Computer mit pdf-Lesesoftware

Best.-Nr. 591802 | € 19,95

Unser neues CS3-update-Konzept finden Sie unter www.cs3-workbook.vgbahn.info

Schritt für Schritt: WIE EINE DIGITALE MÄRKLIN-ANLAGE ENTSTEHT

Dieses Buch begleitet den Leser von der ersten Inbetriebnahme einer einfachen digitalen Startpackung bis hin zum Anschluss einer entstehenden Anlage an einen Computer. Am Beispiel von Komponenten der Firma Märklin beschreibt der bekannte Fachautor Thorsten Mumm, welche Möglichkeiten der Digitalbetrieb bietet – bei der Mehrzugsteuerung und dem Stellen von Weichen und Signalen, beim Einstellen der Betriebsparameter eines Fahrzeugs und bei der Nutzung einer großen Steuerzentrale. Eigene Kapitel befassen sich mit der Digitalisierung älterer Fahrzeuge, mit der Steuerungszentrale CS2 und mit speziellen Steuerungsprogrammen für den Automatikbetrieb.

120 Seiten, Format 23,5 x 26,5 cm, Softcovereinband,
mit 290 Fotos, Zeichnungen und Grafiken

Best.-Nr. 581627 | € 15,-



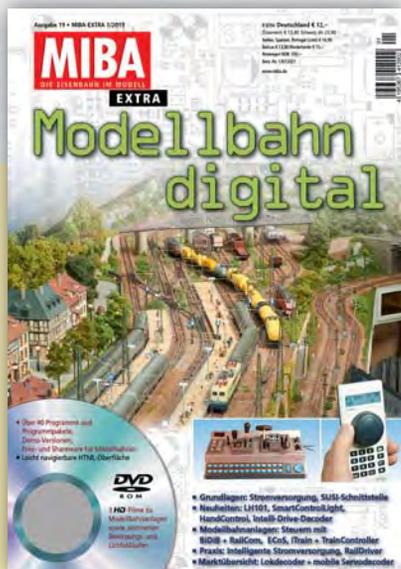
MIBA Extra:

IHR JÄHRLICHER FÜHRER DURCH DAS DIGITALE MODELLBAHN-DICKICHT

Die aktuelle Extra-Ausgabe 2019 der MIBA-Redaktion stellt zwei digital gesteuerte Anlagen vor. Weitere Themen sind: Ausbau eines Digital-Start-Sets, Modernisierung durch Antriebs- und Decodertausch und Digitalisierung eines Wendezuges sowie Grundlagen zu SUSI. Marktübersichten ergänzen diese Extra-Ausgabe der MIBA-Redaktion zusammen mit der Gratis-DVD-ROM.

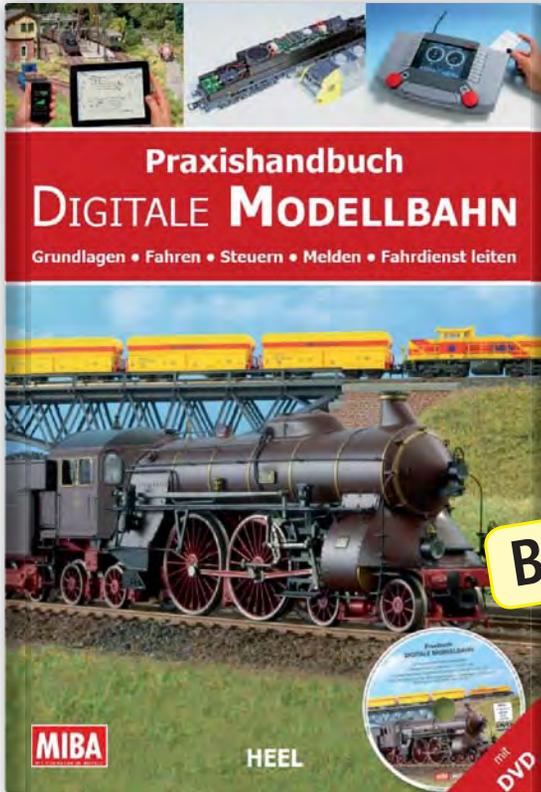
116 Seiten im DIN-A4-Format, mehr als 250 Abbildungen, Klammerheftung, inkl. Begleit-DVD-ROM

Best.-Nr. 13012022 | € 12,-



(nur im VGB-Shop erhältlich)

DIE MODELLBAHN IM BUCH



Bestseller

PRAXISHANDBUCH

Dieser MIBA-Ratgeber bietet zahlreiche Beiträge rund um das Thema „Fahrzeuge digitalisieren“. Dabei handelt es sich um Umbaumaßnahmen und Verbesserungen. Von kleinen Feierabendbasteleien bis hin zu aufwendigen Hauptuntersuchungen ist alles dabei.

208 Seiten, Format 18,0 x 26,0 cm, Paperback, inkl. DVD-ROM mit Software und Videoclips zum Buchinhalt

Best.-Nr. 15088130 | € 24,99

ISBN 978-3-86852-649-3



PROFIWISSEN

Ob Anlagensteuerung mit dem PC, Konfiguration von Fahrzeugdecodern oder Digitalisierung von Zubehörteilen. Die Themengruppe „Anlage steuern“ zeigt neben dem Softwareeinsatz auch alle Aspekte rund um die PC-Steuerungen auf. Das Kapitel „Stromversorgung“ vermittelt Basisgrundwissen.

208 Seiten, ca. 300 farbige Abbildungen, 18,0 x 26,0 cm, Paperback, mit DVD-Rom

Best.-Nr. 15088133 | € 24,99

ISBN 978-386852-802-2



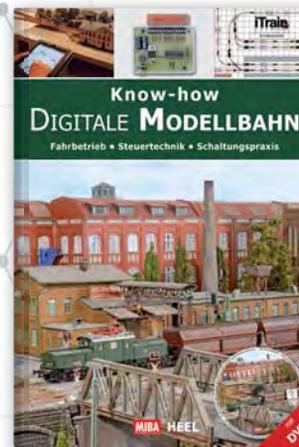
PROGRAMME UND APPS

Ob Modellbahnsteuerung über PC, Smartphone oder Tablet: Dieser Band zeigt die vielseitigen Möglichkeiten von Verwaltungs-, Planungs- und Steuerungssoftware diverser Anbieter und erklärt leicht verständlich die Programmfunktionen.

208 Seiten, 18,0 x 26,0 cm, Softcoverband, rund 720 farbige Abbildungen, inkl. DVD-ROM mit zahlreichen Anwendungen

Best.-Nr. 15088142 | € 24,99

ISBN 978-3-95843-377-9



KNOW-HOW

Anhand von vielen Beispielen erklären Ihnen die MIBA-Fachautoren Umbaumaßnahmen und Verbesserungen an Loks und Waggons rund um das Thema „Fahrzeuge digitalisieren“ praxisnah und ausführlich. Von kleinen Feierabendbasteleien bis hin zu aufwendigen Hauptuntersuchungen ist alles dabei.

208 Seiten, ca. 300 farbige Abbildungen, 18,0 x 26,0 cm, Paperback, mit DVD-ROM.

Best.-Nr. 15088136 | € 24,99

ISBN 978-3-86852-952-4



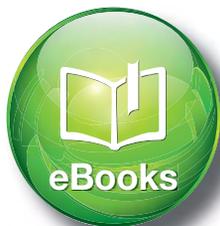
FAHRZEUGE UMRÜSTEN UND EINSTELLEN

Zahlreiche Schritt-für-Schritt-Beiträge rund um das Thema „Fahrzeuge umrüsten“ geben neben fundierten Grundlagenwissen (Wie funktionieren die unterschiedlichen Decodersysteme?) Sowie Hinweise, Anleitungen, Tipps und Tricks zum Einbau von Decodern.

144 Seiten, Format 18,0 x 26,0 cm, Paperback, ca. 300 farbige Abbildungen

Best.-Nr. 15088140 | € 19,99

ISBN 978-3-95843-196-6



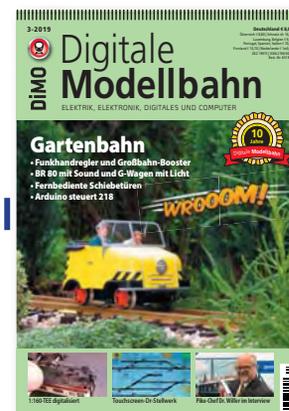
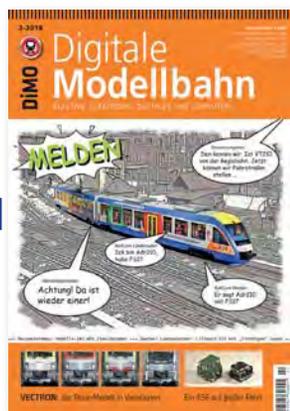
eBOOK-ABO

Digitale Modellbahn – 4 Ausgaben jährlich

Ihre Digitale Modellbahn ist jetzt auch als eBook-Abo erhältlich. Sie erhalten jede Ausgabe am Erscheinungstag bequem in Ihren persönlichen Download-Bereich.

- » Sie sparen **€ 7,20** gegenüber dem Einzelkauf der gedruckten Ausgaben
- » Pünktlich am Erscheinungstag in Ihrem Download-Bereich
- » Einheitlich günstige Preise im In- und Ausland
- » Keine Postlaufwege und Versandzeiten
- » Bezahlen Sie bequem per Kreditkarte, auf Rechnung oder mit PayPal
- » Ihre DiMo-Ausgaben sind geräteunabhängig überall und jederzeit verfügbar
- » **Bonus:** Sie erhalten alle bisher erschienen DIMO-Ausgaben als eBooks kostenlos in Ihrem Download-Bereich.

nur
€ 24,80
4 Ausgaben
jährlich



PRINT-ABO

4 x DiMO

- » Digitale Modellbahn kommt bequem frei Haus
- » Startausgabe wählbar
- » 4 x Digitale Modellbahn für nur € 28,- (Ausland € 34,-)
- » oder 4 x Digitale Modellbahn plus MIBA-Extra Modellbahn digital für nur € 38,- (Ausland € 44,-)
- » Über 12% Preisvorteil gegenüber dem Einzelkauf
- » Top-Prämie Ihrer Wahl
- » Sie verpassen keine Ausgabe
- » 1 x jährlich alle bisherigen DIMOs als PDF auf CD



nur
€ 28,-
statt € 32,-
im Einzelkauf

Archiv-CD

Alle bisherigen DIMO-Ausgaben ab 2010 inkl. VGB-SmartCat



Wer heute mit der Modellbahnerei anfängt (oder als alter Hase wieder einsteigt), beginnt fast automatisch mit einer digital gesteuerten Bahn. Bei einem Einsteiger tauchen die ersten Fragen auf: Was für Möglichkeiten habe ich, und was muss ich tun, um sie zu nutzen? Die gleichen Fragen stellen sich natürlich auch einem Anlagenbesitzer, der seine Modellbahn modernisieren will.

Hier setzt dieses Buch sehr grundlegend an. Es vermittelt Basisinformationen zur technischen Funktion der Modellbahn und beantwortet die sich stellenden Fragen bis hin zu einfachen Automatisierungen herstellerunabhängig.



€ 15,- (D)

ISBN 978-3-8375-2129-0

