

# Zur Systematik der Modellbahn-Steuersysteme<sup>1</sup>

Claus Dahl, BDEF und Leiter Gruppe E der Technischen Kommission des MOROP  
Burg im Juli 2008

Stand: 05.08.08

**Immer wieder auftretende Diskussionen um die fehlende Systematik und die nichtkompatible Vielfalt von Modellbahn-Steuerungen waren Anlass zu dieser Schrift. Ausgehend von der gegenwärtigen Situation werden Anforderungen an ein Steuersystem und Möglichkeiten der analogen und digitalen Mehrzugsteuerungen diskutiert, Vorschläge für einfache Bedientechniken gemacht und ein Schichtmodell eines universellen und weitgehend (quasi-)kompatiblen Steuersystems entwickelt. Abschließend werden mögliche Formen des Gerätesystems auf der Basis des Schichtmodells beschrieben.**

## Einleitung

Die folgenden Überlegungen sollen zeigen, was unter einem Modellbahn-Steuersystem zu verstehen ist, dessen Strukturen und Ausstattungen so universell gehalten sind, dass jedes beliebige technische Niveau, beginnend bei Basistechniken, durch Erweiterungen gestaltet werden kann. Interessenten können so auf einfachem Niveau beginnen und die Modellbahn schrittweise erweitern. Im Gegensatz zu derzeitigen Bedingungen erfordert das neben der nachhaltigen und durchgängigen Verwendung aller bereits vorhandenen Modellbahnobjekte die Ergänzung mit dazu kompatiblen Komponenten unter Verwendung einheitlicher Standards und vereinfachter Handhabungstechniken.

Die Gestaltung eines solchen Systems sollte in allen Ausstattungsstufen alle Elemente der heutigen Elektrotechnik/Elektronik nutzen, um es effektiv bei der Gestaltung der Anlage sowie ihrer Betriebssicherheit zu entwickeln, was die Nutzung von Elementen der Leitungs-Verbindungstechniken und der konsequenten Anwendung der Elektronik erfordert.

Bei der Modellbahn werden in der Regel periphere Funktionen der Modellbahnobjekte von einer Zentrale aus beeinflusst (Stellen), dort erfolgt auch ihre Zustandsanzeige (Melden). Zwischen beiden Komponenten liegt der Übertragungsweg der Steuersignale, der Informationskanal. Dieser ist für ein zu steuerndes Objekt in einer Richtung (unidirektional = Stellen oder Melden) oder in beiden Richtungen (bidirektional = Stellen und Melden) wirksam.

Die Modellbahn-Steuerung ist im Vergleich mit anderen Modellsteuerungen (Schiff, Flugzeug, Auto) wegen der Vielfalt von Funktionen, die nach Betriebsordnungen des Vorbildes Eisenbahn zusammenwirken müssen (- andernfalls ist es ein Spielzeug-), außerordentlich komplexer und komplizierter. Modellbahnsteuerungen müssen also sehr viele Funktionen miteinander logisch verbinden, weshalb sie nur in einfachen Anlagen durch direkt wirkende Einzelsteuerungen realisierbar sind. Diese Direktsteuerungen bilden die Basis der Modellbahnsteuerung.

Nachfolgende Überlegungen zum Modellbahn-Steuersystem befassen sich nur mit den Hauptfunktionen des Modellbahnbetriebes, die im Wesentlichen in den Komplexen „Fahrweg- und Fahrzeug-Steuerung“ dominant sind.

Alle nicht genannten Funktionen der Modellbahn sind Nebenfunktionen und lassen in das System integrieren, wobei sie in der Regel eigene zentrale oder dezentrale Steuerungen benutzen.

## Zur Ausgangssituation

Ursache für die seit Entstehung der Modellbahntechnik auftretenden technischen Probleme, die zu den unterschiedlichsten, nicht oder wenig systematischen Lösungen führten, sind die sich oft widersprechenden technischen Merkmale der bisher verbreiteten traditionellen Modellbahn-Steuerungen, vor allem die vermischte und verflochtene Schaltungstechnik der Steuer-, Versorgungs- und Fahrstromkreise.

Auch führen die unterschiedlich entwickelten Anforderungen der Modellbahn-Anwender zu sehr differenzierten Ausstattungsniveaus, was ebenfalls Auswirkungen auf die Steuertechnik der Anlagen hat. Die Konsequenz für den technischen Laien ist die Entstehung unübersichtlicher Schaltungen und erheblicher Schwierigkeiten bei ihrer Gestaltung, so dass er sich oft mit den primitivsten Techniken abfindet.

Entscheidende Ursache dafür ist die analoge bzw. quasianaloge Steuerung der Fahrzeuggeschwindigkeit, denn alle anderen Modellbahn-Hauptfunktionen werden ausnahmslos binär gesteuert (die Grundform der Digitaltechnik), oft komplex mit anderen Funktionen. Zusätzlich erschwerend ist, dass zur Steuerung der Fahrzeugmodelle die Fahrenergie und die Fahrinformation (Geschwindigkeit und Fahrtrichtung) im Fahrstrom vereint werden müssen.

Dieser Umstand rührt 1. daher, dass die Schienen als elektrische Leiter verwendet wurden (- was nahe liegt und prinzipiell richtig ist, aber wegen der Zweipoligkeit bestimmte technische Schwierigkeiten der Steuerung erzeugt, zurückzuführen auf die Kombination von Fahrenergie und Fahrinformation -) und dass 2. bei Beginn der Modellbahntechnik vor vielen Jahrzehnten insbesondere die elektrotechnischen Bedingungen äußerst beschränkt waren (Mangel an effektiven Bauelementen), was zum Variantenreichtum dieser Techniken und letztlich auch zu unterschiedlichen digitalen Steuerungen führte. 3. ist bei dem besonders verbreiteten Gleichstrombetrieb die Steuerung der Fahrtrichtung in der Regel nicht von der

---

<sup>1</sup> Unter Verwendung von Hinweisen von Herrn Uwe Prill, Berlin, BDEF

Geschwindigkeitssteuerung getrennt möglich gewesen. In diesen Grundproblemen liegen die Hemmnisse für die fehlende Universalität und die mangelnde Kompatibilität der Steuerungen.

Ein weiteres Hemmnis ist die Vernachlässigung bzw. das Fehlen einer umfassenden Rückmeldetechnik, die für den Betrieb von Steuersystemen entscheidend und selbst unter heutigen Bedingungen immer noch rudimentär ist. Es ist deshalb notwendig, dem Ausbau eines Informationssystems über Gleisbesetzung, Positionsmeldung und weiteren, insbesondere von den Fahrzeugen bestimmten Informationen große Aufmerksamkeit zu widmen.

Auch das Zubehör, insbesondere die Steuerung von Weichen und Signalen, die den Hauptteil der stationären Funktionen der Modellbahn ausmachen, wird nicht in genügendem Maße mit Steuerungstechnik ausgestattet, um zu Systemlösungen zu kommen.

Die Einführung der digitalen Mehrzug-Steuersysteme war kein entscheidender Schritt zu Modellbahn-Steuersystemen, denn der so gepriesene Vorteil der Verteilung der Steuersignale über das gesamte Gleissystem behindert vor allem die Berücksichtigung der Betriebsordnungen des Vorbildes bzw. erschwert deren Anwendung bei der Modellbahn, abgesehen von weiteren technischen Unzulänglichkeiten.

Die Modellbahnindustrie versäumte es trotz der seit Jahren laufenden Kritik vieler Modellbahner, einheitliche, also universell verwendbare Grundsätze zur Gestaltung eines Modellbahn-Steuersystems zu entwickeln, statt dessen findet man nur unsystematisch entwickelte und begrenzte Konzepte. Das ist wegen der Erfolge der Elektrotechnik/Elektronik-Industrie trotz strenger internationaler Standards unverständlich.

Der unbefangene und elektronisch ausgebildete Modelleisenbahner gewinnt deshalb bei der Betrachtung der Sachlage und der elektronischen Ausstattung der unterschiedlichen Steuerungssysteme den Eindruck, dass die Hersteller zwar gute Elektroniker an die Entwicklung der Steuerungen gesetzt haben, diese jedoch nur geringe Kenntnisse vom tatsächlichen Bahn- und Modellbahnbetrieb vorweisen konnten und/oder die Entwicklungen öfters unter Zeit- oder Kostendruck durchführen mussten. Außerdem kann man der Branche den Vorwurf nicht ersparen, dass sie durch herstellertypische Vorgaben bzw. Merkmale und traditionell bedingte Firmen-Egoismen vernünftige technische Lösungen ver- oder behindert hat.

Außerdem scheinen einerseits Befürchtungen über zu hohe Kosten negativ gewirkt zu haben, denn elektronische Hilfsmittel verursachen zusätzlichen Aufwand. Sie erleichtern aber die Anwendung der Modellbahnsteuerung, auch unter Einbeziehung der bereits vorhandenen elektrisch/elektronischen Ausrüstung. Andererseits entscheidet sich der Modellbahner sicher für neue Technik, wenn sie ihm wesentliche Verbesserungen bei der Gestaltung seiner Modellbahnanlage bietet.

Wegen der fehlenden Bemühungen um einheitliche Lösungen ergibt sich für den Anwender ohne große technische Vorkenntnisse letztlich die Notwendigkeit, seine Freizügigkeit bei der Gestaltung seiner Modellbahn, insbesondere bei deren Steuerung, auf die Produktpaletten bestimmter Hersteller zu beschränken und sich mit deren technischen Merkmalen zufrieden zu geben. Wer das nicht will, muss derzeit Eigenlösungen finden. Oder, wie es auf elektrotechnisch unausgebildete Laien zutrifft, sich wegen Überforderung und mehr oder weniger erfolglosen Versuchen letztlich von der Modellbahn zu lösen.

Nach dem 2. Weltkrieg sind von den einfallsreichen Modellbahnern der vergangenen Jahrzehnte mit den Mitteln der (heute recht primitiven und technisch beschränkten Relais-technik) Steuerungsprinzipien entwickelt worden, die sich sehr gut an die Betriebsordnung des Vorbildes anlehnen und die es ermöglichen, den Modellbahnbetrieb auf den Boden der heute möglichen Technik zu stellen. Erst die Arbeitsergebnisse der erwähnten Modellbahnpioniere und ihre Durchsetzung unter aktiver Mitwirkung ihrer Verbände und (im europäischen Rahmen) des MOROP (Europäischer Modellbahnverband) haben die Modellbahn wenigstens im mechanischen Bereich bereits vom Spielzeug zum echten Modell und zum Lehrmittel geformt.

Am Ergebnis in der Wirklichkeit gemessen, verwundert es den kritischen Betrachter, wie wenig von diesen Erkenntnissen sich tatsächlich im elektrotechnischen Bereich der Modellbahn durchgesetzt hat. Bestimmte neue Techniklösungen sind nur eingeschränkt zu erkennen oder nicht systematisch durchgesetzt.

Obwohl aus technischer Sicht schon zu spät, ist es deshalb unter dem Eindruck der rasanten Entwicklung der elektronischen Techniken jetzt endgültig Zeit, die Forderung zu erheben, die Steuerung der Modellbahn mit modernen elektrisch/elektronischen Mitteln (- nicht nur begrenzt auf die Fahrzeugsteuerung -) zwecks Erhalt eines effektiven und die Vielfalt der Modellbahn umfassenden Steuersystems zu gestalten. Stets unter Beachtung des Grundsatzes, ob eine Technik sinnvoll und notwendig ist und ob der Aufwand zum jetzigen Zeitpunkt vertretbar ist.

### **Anforderungen und Möglichkeiten**

Das universelle Steuersystem verlangt die Überwindung der Schwächen des elektrischen Bereiches der Modellbahn und gewisse Voraussetzungen bzw. technische Merkmale, damit die nachhaltig und dauerhaft einsetzbaren Bestandteile der Modellbahn (vornehmlich die peripheren Objekte, wie Fahrzeuge, Zubehör, Gleisanlagen, auch die mit älterer Technik) für jedes beliebige technische Niveau der Steuerung und für jede Nenngröße verwendet werden können.

Zum anderen müssen der technische Aufwand einerseits und die dafür erforderlichen Kosten andererseits der jeweiligen Anlage anzupassen sein. Dies verlangt die Anpassbarkeit der Steuerung an Anlagengröße und Motiv. Es wird kleine, mittlere und große Anlagen geben (die supergroßen Ausstellungsanlagen wegen ihres kommerziellen Charakters ausgenommen, obwohl sie heute schon sehr moderne Techniken anwenden). Je nach Motiv und den Wünschen der Betreiber wird es also unterschiedliche Ansprüche an die technische Ausstattung der Modellbahnanlage geben. Diese Ausstattung wird prinzipiell bestimmt sein von

den verwendeten Techniken und lässt sich durch technische Abgrenzungen in Ausstattungsstufen einteilen, auf die unten eingegangen wird.

Welchen Anforderungen soll also ein universell anwendbares und weitgehend kompatibles Modellbahnsteuersystem genügen? Diese Frage ist zu beantworten. Dabei müssen(!) die gültigen Prinzipien der allgemeinen Steuerungstechnik angepasst auf die Steuerung der Modellbahn angewendet werden, denn nur so ist ein effektives Modellbahn-Steuersystem realisierbar.

Mit der Forderung nach Universalität ist nicht gemeint, dass es für jede Steuerfunktion einheitliche Standardgeräte gibt, sondern dass man verschiedene (Modellbahn-)Geräte mit durchaus unterschiedlichen Merkmalen einfach zusammenschalten kann, wofür Standard-Schnittstellen und Standard-Steuersignale benötigt werden. So, wie an die Computer verschiedener Hersteller die Drucker verschiedener anderer Hersteller angeschlossen werden können. Den Herstellern solcher Produkte bleibt also genügend Freiraum zur Gestaltung ihrer Produkte.

Die Betrachtung der Kompatibilität ist etwas schwieriger. Einerseits wird mit den Standard-Schnittstellen Kompatibilität unter den Gerätekomponten hergestellt, aber keine Kompatibilität zwischen den speziell bei der Modellbahn vorhandenen Fahrstromsteuersystemen, da es sie nicht gibt. Man kann also nur eine Lösung suchen, mit der quasi die Kompatibilität erreicht wird, mit der ihr Einfluss auf das System durch Konzentration an einen Punkt oder Bereich des Systems eingeschränkt wird.

Zum besseren Verständnis ist auch hier ein Vergleich mit den Computer-Druckern angebracht. Wie bekannt, verwenden die Druckerhersteller verschiedene Druckkopf-Systeme. Deshalb muss druckerintern die Steuerung jeweils dafür konzipiert sein. Wichtig dabei ist, dass die Steuerung der Druckköpfe direkt am Druckkopf modifiziert ist, nicht im steuernden Computer. Und damit wird sozusagen trotz unterschiedlicher Druckkopfsysteme eine Quasikompatibilität der Drucker erreicht, denn das Druckerergebnis auf dem Papier ist vergleichbar.

Und so ist das auch mit dem Modellbahnfahrzeug, trotz unterschiedlicher Fahrstromsteuersysteme sind die Fahrbewegungen vergleichbar. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass die Fahrstromsteuersysteme erst im Bereich des Gleises, - an der Schnittstelle zu den Fahrzeugen -, zu erzeugen sind, um die gewünschte, gewissermaßen Quasikompatibilität der Fahrstromsteuerungen und damit des Gesamtsystems zu erreichen.

Im folgenden Text sollen die Prinzipien für ein universelles und kompatibles Modellbahn-Steuersystem vorgeschlagen und erläutert werden.

## **Prinzipien des universellen und kompatiblen Modellbahn-Steuersystems**

### **1. Allgemein für das Steuersystem**

- a) Trennung von Energie und Information
- b) Universelles Fahrinformations-Steuersignal
- c) Standard-Schnittstellen
- d) Standard-Steuersignale
- e) Autarke Funktionssteuerungen
- f) Dezentrale Logikfunktionen
- g) Leichte Handhabung

### **2. Speziell für die Fahrzeug-Steuersysteme**

- h) Konzentration der Fahrstromgenerierung direkt ans Gleis

**Zu a)** Die Trennung von Energie und Information ist deshalb sinnvoll, weil dadurch die (mit Einschränkungen) leistungslosen Steuersignale (die Informationsträger) separat in den Steuerbaugruppen (Logikfunktionen und -verknüpfungen) bearbeitet werden können und zum Zwecke der Schaltungsentflechtung erst an den zu steuernden Objekten (den Funktionsträgern) mit den Energieträgern (Stromversorgung) verknüpft werden.

**Zu b)** Die Informationen über Geschwindigkeit und Fahrtrichtung sollten systemunabhängig als Steuersignal (Fahrinformation) zentral und/oder dezentral durch Bedien- und Logikfunktionen und abhängig von den jeweils geltenden Betriebsbedingungen bis zum Gleis geführt werden und erst dort, wie oben begründet, mit der Fahrenergie zum systemabhängigen Fahrstromsteuersignal verknüpft werden, ggf. durch Verknüpfung mit System-Informationen. Ideal wäre eine durchgängige Trennung von Fahrenergie und Fahrinformation bis ins Fahrzeug (Konstante Fahrspannung am Gleis, die mit drahtlos übertragener Fahrinformation im Fahrzeug verknüpft wird). Die Trennung von Fahrinformation und Fahrenergie erlaubt sogar gleisabschnittsweise den Fahrstromsystemwechsel bei Mischsystembetrieb, wie er gerade bei umfangreichen Fahrzeugsammlungen mit unterschiedlichen Ausstattungen vorkommen wird.

**Zu c + d)** Wie oben bereits begründet, erlauben Standard-Schnittstellen und Standard-Steuersignale die Kombination von Gerätekomponten unterschiedlicher Hersteller, vorausgesetzt, es gibt sie für jede relevante Modellbahn-Steuerfunktion.

**Zu e)** Will man zur Verringerung des Bedienaufwandes elektronische Steuerungen (- gleichgültig ob automatisch oder handgesteuert -) anwenden, dann gehört dazu die Ausstattung aller Funktionsträger (- das sind die stationären und mobilen Modellbahnobjekte, konkret die Aktoren und Sensoren -) mit entsprechend angepassten elektronischen Funktionsteuerungen. Diese erst erlauben die direkte Einflussnahme der Steuerung (Stellen – Melden) auf sie. Dabei ist es von Vorteil, wenn sie autark einsetzbar sind, also

unabhängig von anderen Komponenten der Steuerung eine eigene Stromversorgung besitzen. Diese sollte in der Regel von der 16-Volt-Standardspannung gespeist werden.

Die Art der Steuerung der Funktionsträger an sich ist anpassbar und von sekundärer Natur. Diese nimmt gegebenenfalls wegen bestimmter elektrotechnischer Kennwerte (- auch Vorgaben mechanisch bedingter Art -) Einfluss auf die Gestaltung der zugehörigen Funktionssteuerungen, Schnittstellen und Übertragungsmittel. Die Realisierung dieser Grundforderung verlangt auch hier die Trennung von Energie und Information, von Steuer- und Versorgungsstromkreisen bzw. Fahrstromkreisen.

Die bereits oben genannte unzureichend entwickelte Rückmeldetechnik bewirkt, dass sowohl die Information des Bedieners wie auch die Anwendung von automatisierten Prozessabläufen sehr beschränkt werden. Die Verfügbarkeit von ausreichend bereitgestellten Informationen ermöglicht es aber, bereits an der Peripherie dezentral auf Gleisabschnitte bezogene Automaten bezüglich der Fahrzeuge ablaufen zu lassen. Deshalb ist es als selbstverständlich zu betrachten, dass bei stationären Funktionssteuerungen die Rückmeldefunktion stets integriert ist. Bei den mobilen Objekten muss es prinzipiell möglich werden, bestimmte wichtige Informationen (z. B. „Welches Fahrzeug befindet sich wo?“) rückmelden zu können.

**Zu f)** Durch die Anwendung der Funktionssteuerungen lassen sich einfache Automaten (Verknüpfung von Weichen- und Signalstellung, Fahrstrombeeinflussung usw.) bereits im Bereich der Anlagenperipherie gestalten, die den Bediener entlasten. Auf Grund der Standard-Schnittstellen lassen sich diese Logik- und Verknüpfungs-Module einfach als Erweiterung der Steuerung zwischen die Verbindungsleitungen schalten (Stecken!).

**Zu g)** Die Handhabung heutiger Elektrik-/Elektronik-Baugruppen ist dadurch erschwert, dass es durchgängig keine effektive Leitungstechnik gibt. Zusätzlich fördert die Verflechtung der Schaltungen Unübersichtlichkeit und die Beschränkung auf einfache (oft primitive) Verbindungstechniken den Aufwand an Verdrahtungsarbeit. Die Verwendung der Standard-Schnittstellen mit der zugehörigen Steckverbindertechnik erleichtert im Gegensatz dazu die Verdrahtungsarbeit, so dass selbst Laien diese Arbeit bewältigen können. Deshalb sind effektiv einsetzbare Leitungstechniken, wie Steckverbinder, Flachkabel, unbedingt durchzusetzen. Man darf nicht vergessen, dass gerade die genannten Probleme dem Laien die Arbeit mit der Modellbahn besonders erschweren und manchen möglichen Interessenten zurückstoßen.

Für die Übertragungswege vieler Zubehörobjekte sind einfachere, effektivere Techniken in Abhängigkeit von Anlagengröße und erforderlichem Aufwand differenziert anzuwenden. Das Leitungssystem für den Weg zwischen stationärer Peripherie und zentraler und/oder dezentraler Steuerung sollte nach folgenden Regeln entwickelt werden:

< 5m = kleine Distanz: „Parallele Übertragung“;

> 5m = größere und > 10m = große Distanz: „Serielle Übertragung“).

In Nahdistanzen erfordert die serielle Übertragung einen höheren Aufwand an Wandlungstechnik, der erst dann vertretbar wird, wenn genügend Steuersignale oder Steuersignalkomplexe zu bündeln sind.

**Zu h)** Oben ist bereits ausreichend begründet, welche Lösung bei den nicht kompatiblen Fahrzeugsteuerungen letztlich wenigstens zu einer Quasikompatibilität führen kann, vorausgesetzt, die Fahrinformationen werden dezentral direkt an der Schnittstelle Gleis mit der Fahrenergie verknüpft. Daraus ergibt sich, dass die Fahrinformation dezentral oder zentral erzeugt werden kann, auch ist der Wechsel zwischen Hand- und Automatenbetrieb dezentral und zentral möglich.

Bei der technischen Realisierung dieser Lösung kann konzentriert direkt am Gleis jedes Fahrstrom-Steuersystem auf elektronischem Wege generiert werden, gleichgültig ob es analog ist oder gepulst moduliert, ob digital kodiert oder gar drahtlos übertragen wird. Das jeweils angewendete Fahrzeug-Steuersystem ist auf den engen Bereich im Gleisabschnitt beschränkt, wodurch die Datenbereitstellung und -Verarbeitung zentral oder dezentral unabhängig von den Fahrstrom-Systemen wird. Auch kann mit entsprechend programmierbarer Technik bei höheren Ausstattungsstufen mit Bereitstellung entsprechender Informationen sogar jedes Fahrstrom-Steuersignal abhängig vom verwendeten Fahrzeug wechselnd eingesetzt werden.

Mit der Bildung des Fahrstrom-Steuersignals direkt am Gleis ist die Frage der Kompatibilität quasi gelöst. Sie wird nun nur noch durch das Gleissystem und den bestehenden Formen der Energie-Einspeisung bestimmt. Mit den bei der bestehenden Digitaltechnik ohnehin vorhandenen Leistungsverstärkern (Booster) am Gleis ist es möglich, durch entsprechende Schaltungserweiterung alle bekannten Fahrstromsysteme in diesen Geräten zu generieren und bereitzustellen.

Diese freie Auswahl der Fahrzeugsteuerung ist das bedeutendste Merkmal des universellen Modellbahn-Steuersystems! Hinzu kommt, dass diese technische Lösung offen ist für neue technische Entwicklungen, beispielsweise für drahtlose Informationsübertragungen zum Fahrzeug.

Die Konzentration der Fahrstrom-Steuersignale an Systemkomponenten des Gleises und die sich daraus ergebende Loslösung von der Abhängigkeit von diesen Steuersystemen ergibt bei den höheren technischen Ausstattungsstufen der Modellbahnsteuerung die Möglichkeit, im Gesamtsystem zwischen Zentrale und stationärer Peripherie effektivere und schnellere Übertragungstechniken drahtgebunden oder drahtlos anzuwenden (für erstere kann vergleichsweise(!) die USB-, für letztere die WLAN-Technik angesehen werden). Auch ist zu überlegen, ob nicht auch Fahrzeuge mit bidirektionalen (- oder wenigsten unidirektionalen -) drahtlosen Techniken ausgestattet werden sollten. Die Vorteile liegen auf der Hand. Und die Ergänzung der bekannten Digitaldecoder mit kleinen Sende/Empfangseinrichtungen ist bei der heutigen Mikroelektronik sicher das geringste Problem.

## **Das Schichtmodell des Modellbahn-Steuersystems**

Das unten beigefügte Schichtmodell des Modellbahn-Steuersystems zeigt die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Ausstattungsstufen (rot umrahmte vertikale Blöcke) und dazu horizontal geschichtet die zugehörigen Funktionsschichten entsprechend der Einteilung der NEM 601. Die Bezeichnungen für die Ausstattungsstufen sind: „Basisstufe“, „erweiterte Basisstufe“, „Stufe 2“ und „Stufe 3“. In dieser Reihenfolge steigt der technische Aufwand, während die eigentliche Modellbahn ihren Charakter behält, was auch prinzipiell für die Steuerzentrale gelten sollte. Über diesem System steht der Bediener, der Modellbahner.

In der Aufteilung von oben nach unten sind die drei wichtigsten Funktionsschichten der Modellbahn-Steuerung gelb hinterlegt dargestellt, die das Prinzip einer Informationsübertragungseinrichtung darstellen mit Sender, Informationskanal und Empfänger. Der Informationskanal sollte ideal in beiden Richtungen (bidirektional) Daten (Steuersignale) aller Art übertragen können.

Oben im Bild befindet sich der Bereich „Steuerzentrale“. Sie ermöglicht die automatisch und/oder handbediente Steuerung der Anlage (als Sender) und zeigt den Anlagenzustand (als Empfänger) durch vorwiegend optische Mittel an. Darunter folgt die „Signalübertragung“, der Informationskanal, der in beiden Richtungen die Verbindung zur „Peripherie der Modellbahnanlage“ herstellt. Im unteren Teil der Darstellung sind die zu den peripheren Modellbahnobjekten der Anlage gehörenden „Funktionssteuerungen“ markiert. Sie sind die Empfangsteile der Steuerbefehle, für die Rückmeldung aber sind sie Sender.

Zwischen diesen drei Hauptteilen befinden sich die grün hinterlegten Funktionsschichten, die in Abhängigkeit von der Ausstattungsstufe in die Steuerung eingefügt werden.

Die einfachste Steuerung findet sich in der „Basisstufe“. Dazu gehören auch die sehr einfachen (primitiven) Techniken, die am linken Rand des Feldes Erwähnung finden. Stellbefehle, auch solche für die mobile Technik (mit Fahrtrafo o. ä.), werden direkt über Drahtverbindungen den Modellbahnobjekten zugeführt, während die Rückmeldung dann nur über Sichtkontakt erfolgt. Die Funktionssteuerungen sind in dieser einfachen Ausstattungsstufe nur sehr einfach oder teilweise nicht existent.

Soll perspektivisch das Steuersystem voll ausgebaut werden, dann ist in der Basisstufe schon die vollwertige Funktionssteuerung mit allen wichtigen Kennwerten und Eigenschaften (- Stellen und Melden betreffend -) einschließlich der elektronischen Leistungsstufe (Booster, Treiber) einzusetzen.

In der „erweiterten Basisstufe“ werden weitere Baugruppen eingefügt. Die zentrale Steuerung wird mit elektronischen Hilfen für Stell- und Anzeige-Einrichtungen ausgebaut, die sowohl automatisch oder handgesteuert arbeiten können. Zusätzlich werden auch in der Zentrale automatisch bestimmte Steuersignale logisch verknüpft, die für gegenseitige Abhängigkeiten der Modellbahn-Betriebsbedingungen nötig sind. Die Steuersignalübertragung erfolgt noch drahtgebunden parallel, kann aber auch in Teilbereichen seriell erfolgen (Steuerung von Fahrzeugen).

Im peripheren Anlagenbereich können Stell- und Meldesignale ebenfalls logisch verknüpft werden und dann Einfluss nehmen auf die Funktionssteuerungen. Außerdem erfolgt im Bereich der Funktionssteuerungen die Generierung beliebiger Fahrstromsteuersignale aus den von der Zentrale übermittelten oder in der Peripherie gebildeten Informationen des Betriebszustandes der Modellbahnanlage, des jeweiligen Gleisabschnittes.

Generell gilt für die erweiterte Basisstufe, dass alle Elemente der Basisstufe erhalten bleiben, weil die Erweiterungselemente die Standardsignale und -Schnittstellen nutzen und sie ergänzen. Für spezielle Aufgaben, wie die Fahrzeugsteuerung, können hier serielle Mehrzug-Steuerungen eingesetzt werden. Der Übergang dazu ist mehr oder weniger fließend, soweit das Steuersystem noch nicht voll ausgebaut ist und sich die Systeme untereinander nicht behindern.

In der „Ausstattungsstufe 2“ ändert sich die Signalübertragung von der hauptsächlich parallelen in die serielle Datenübertragungstechnik. In diesem Fall sind aber nicht bestimmte Mehrzug-Steuersysteme gemeint, sondern eine generell serielle Datenübertragung mit einer guten Übertragungsgeschwindigkeit und -Kapazität. Dafür werden je Übertragungsrichtung Kodier- und Dekodier-Einrichtungen (Parallel-Serien-Wandlung bidirektional) benötigt, die den Übertragungskanälen jeweils vor- und nachgeschaltet werden müssen. Aus den Bündeln vieler paralleler Leitungen entsteht ein serielles, einfacheres Netz, das aber mit höherem technischem Aufwand erkaufte werden muss. Die parallelen Leitungen in den Nahbereichen der Zentrale und den peripheren Anlagenbereichen bleiben wegen der nachhaltigen Verwendung unberührt.

In der „Ausstattungsstufe 3“ werden die Einrichtungen mit der drahtlosen Übertragungstechnik ergänzt, die für jede Übertragungsrichtung aus Sendern und Empfängern bestehen. Die Stufe 3 sollte als Alternative zu Stufe 2 betrachtet werden, nicht als Ausbaustufe. So kann man den Aufwand für das ggf. notwendige koaxiale serielle Leitungsnetz in Stufe 2 vermeiden.

Soweit über die Struktur des umfassenden Modellbahn-Steuersystems.

## **Zusammenfassung**

Die Darlegungen zeigen, dass die Ausstattung der Modellbahnobjekte mit direkt elektronisch steuerbaren Komponenten, den Funktionssteuerungen, die Grundlage eines universellen Modellbahn-Steuersystems bildet. Deshalb ist die Orientierung auf die Entwicklung eines mehrstufigen und, wegen der großen Vielfalt der Modellbahn-Gestaltung, modularen Baukasten-Systems der Modellbahnsteuerung richtungweisend. Dabei ist, ausgehend von einer Basis-Ausstattung an Technik, neben der Hard- auch die Software als Programmsystem zu entwickeln. Komplett-Sätze (Sets) für Zubehör können die für Laien schwer zu

realisierende Verdrahtungsarbeit erleichtern. Dabei sollte immer die einfache und betriebssichere Handhabung der elektrischen Technik im Vordergrund stehen.

Bei der üblichen Unterflurtechnik kann ein beträchtlicher Teil der Steuerbaugruppen (vorwiegend Funktionssteuerungen und dezentrale Logik) aus Gründen der effektiven Verdrahtung peripher und verdeckt in der Anlage untergebracht werden, so dass aus Kostengründen für viele Baugruppen (vorwiegend Platinen) eine offene Bauweise (ohne Gehäuse) möglich wird. Je nach ihrer Größe können sie frei oder in Einschubrahmen eingeordnet werden. Wegen der durchgängigen Anwendung von Schutz-Kleinspannungen bleibt diese Technik sicher, zusätzlich ergänzt durch Fehlersuch- und Anzeigehilfen.

Bei der vorgeschlagenen technischen Lösung bleiben die wesentlichen Teile der Basisausstattungen in Gebrauch (- vor allem der peripheren Baugruppen, möglicherweise nach Anpassung oder Ergänzung durch Zusatzbaugruppen -), wenn die Baugruppen der höheren Ausstattungsstufen überwiegend direkt mit den Schnittstellen in das vorhandene System eingefügt werden können.

Letztlich kann das Ziel in der höchsten Ausstattungsstufe nur die vollständige Trennung der Fahrzeugsteuerung von der Fahrstromzuführung sein. Ein Ziel, das nur mit einer festen Fahrspannung am Gleis und einer drahtlosen Fahrzeug-Steuerung erreichbar ist. Vorhandene schnelle Übertragungstechnik erlaubt jedem Modellbahner mit entsprechender Bildtechnik scheinbar echten Lokführerbetrieb zu fahren.

Fazit: Das Problem eines universell einsetzbaren und systematisch entwickelbaren Modellbahn-Steuersystems ist nur dann lösbar, wenn 1. alle wesentlichen Komponenten elektronisch steuerbar sind und 2. die Kompatibilität der Fahrstromsteuersysteme durch ihre Konzentration direkt ans Gleis entsteht.

Letztlich hängt die Schaffung des beschriebenen Steuersystems von dem Willen aller Betroffenen, wie Hersteller, Modelleisenbahner bzw. ihre Modellbahnverbände, in gemeinsamer Arbeit die Grundlagen und Bedingungen dafür zum Nutzen aller Beteiligten zu formulieren. Und dieser Wille sollte endlich gefunden werden.

Nur so kann das Problem des in der gegenwärtigen Modellbahntechnik vorhandenen technischen Durcheinanders endlich auch in geordnete Verhältnisse gebracht werden. Wie es bereits in wesentlich komplexeren elektrischen Techniken (Maschinenbau) geschah, von denen eigentlich nur übernommen und angepasst werden muss. Möglicherweise wird vielleicht so eine neue Blütezeit der Modellbahn ausgelöst.

