

Zur Systematik der Strukturen der Modellbahnsteuersysteme

Vorbetrachtung

Das Vorliegen verbesserter Arbeitsergebnisse des MOROP-Arbeitskreises "Systemübergreifender Steuerbus und Metaprotokoll für Modellbahnen" und der Fakt, dass es trotz der seit drei Jahren existierenden NEM 657 keine ernsthaften Anzeichen dafür gibt, im Bereich der ortsfesten Modellbahn-Zubehöre endlich Voraussetzungen für eine Art übergreifenden Standard zu schaffen, sind der direkte Anlass für die nachfolgende Betrachtung der Strukturen von Modellbahn-Steuerungen.

Weichen- und Signalantriebe und ihre Bedienelemente (Schalter etc.), wie auch andere elektronische und optoelektronische Komponenten werden, obwohl zusammengehörig, immer noch nach vom Hersteller bestimmten, nicht aber nach systematischen Gesichtspunkten gestaltet. Kurz, die Zubehörsteuerung einschließlich ihrer Stromversorgung wird nicht als System betrachtet, in dem Bedien- und Anzeigemodule mit den Antrieben eine Einheit bilden, sondern jedes existiert für sich. Und die Verlegung erforderlicher Leitungen zwischen diesen Elementen bleibt den Anwendern überlassen, was sie dann im Allgemeinen recht und schlecht tun, obwohl es genügend Hilfsmittel der Elektrotechnik/Elektronik gibt, diese Arbeit zu erleichtern.

Diese Fakten behindern die systematische Entwicklung geschlossener Modellbahn-Steuerungen, sie verhindern die Anwendung von Logikelementen (anstelle der Relais-technik) und damit die Anwendung moderner und effektiver Techniken.

Da die direkte Einflussnahme auf den Modellbahnbetrieb neben der Fahrstromsteuerung in erster Linie über das Zubehör erfolgt, ist die Schaffung eines Modellbahn-Steuersystems von der Automatisierungsfähigkeit dieser einfachen technischen Zubehöre abhängig, deshalb liegt hier derzeit der wichtigste Modernisierungsbedarf. Die fehlende Automatisierungsfähigkeit ist der wesentliche Grund dafür, dass die digitalen Steuersysteme nicht oder nur mit unnötigem Aufwand zu einem vollwertigen Steuersystem entwickelt werden können. Nachteil letzterer Maßnahme ist, dass unüberbrückbare Abschottungen zwischen den Systemen entstehen und so keine Kompatibilität zwischen den Steuerungen erreichbar wird.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen zunächst einmal Klarheit darüber bringen, welche Strukturen in Modellbahn-Steuerungen auch unter Berücksichtigung perspektivischer Tendenzen erkennbar sind.

I. Die Modellbahnfunktionssteuerung – Grundstruktur der Modellbahnsteuerung

Die einfachste Struktur der Modellbahn-Steuerungen wird 1. durch die zentral angeordneten, durch die vom Bediener (- oder ersatzweise durch Automaten -) betätigten **Stellelemente** einschließlich der zugehörigen **Anzeigeelemente** und 2. der über die Anlage verteilten **peripheren Funktionsglieder** bestimmt. Unter letzteren sind die Aktoren¹ und Sensoren² der Modellbahn, also die **ausführenden** und **meldenden bzw. rückmeldenden** Modellbahnobjekte, zu verstehen. Der Begriff **Funktionsglied** wird gewählt, weil jedes der relevanten Modellbahnobjekte Funktionen ausführt, die den Modellbahnbetrieb ermöglichen und weil er auf ortsfeste (Zubehör) wie bewegliche Objekte (Fahrzeuge) zutrifft.

Die genannten Elemente bilden jeweils die beiden „Endpunkte“ jeder einzelnen Funktionssteuerung der Modellbahn. In dieser Ausstattungsstufe **ohne zusätzliche Hilfsmittel** handelt es sich immer um eine **einfache Modellbahnfunktionssteuerung** (nachfolgend gekürzt **Funktionssteuerung**).

Die Funktion der Steuerung (die man sich ähnlich wie ein Seil zwischen den Endpunkten aufgespannt zu denken hat) ist es, die Kommunikation zwischen den beiden Baugliedern, den Endpunkten, zu übernehmen. Wichtiges Merkmal ist ihre von der Anlagengestaltung und dem dargestellten Modellbahnbetrieb abhängige **Vielzahl verschiedener und gleicher** Funktionssteuerungen. Deshalb werden ihre Stell- und Anzeigeelemente gewöhnlich in einem Komplex, einer **zentralen Steuerung** (üblicherweise als Gleisbildstellpult bezeichnet), zusammengefasst.

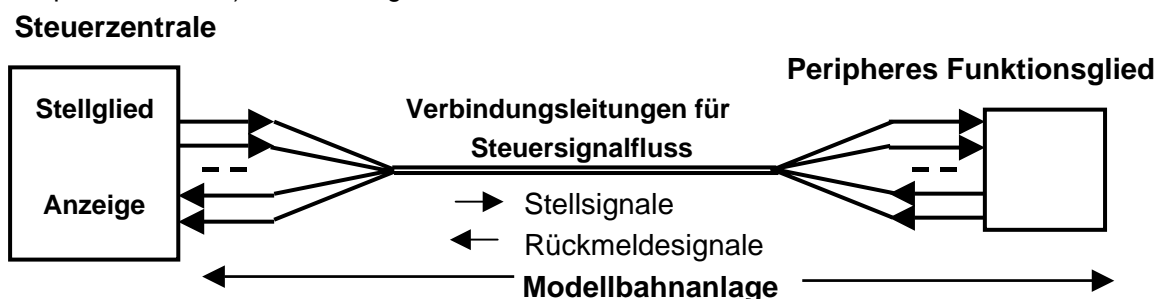


Bild 1 Basisstruktur der elementaren Modellbahnfunktionssteuerung

¹ Antriebe allgemein, z. B. Weichenantrieb, Antrieb des Triebfahrzeuges

² Fühler bzw. Geber allgemein, z. B. Gleisbesetzgeber, Rückmeldekontakte des Weichenantriebes

Zur Steuerung dieser Bauglieder werden Steuersignale, die überwiegend auch Energieträger sind, über ein Bündel paralleler Steuerleitungen ausgetauscht. Dieses Bündel besteht durchweg aus einer Anzahl parallel geführter Einzeldrähte. Es ergibt sich die in Bild 1 dargestellte Struktur, die **Basisstruktur** mit den wesentlichen Funktionen.

Wie wir unschwer erkennen können, bilden die einfachen Steuerungen von Modellbahnfunktionen die Basis aller Modellbahn-Steuerungen. Alle fernsteuerbaren Funktionen beruhen auf dem einfachen Prinzip „hier das Bediengerät und dort die Modellbahnfunktion“. Dazwischen befindet sich zur Übertragung der elektrischen Signale das bereits beschriebene Bündel elektrischer Leitungen. Dieses Prinzip beherrscht alle Steuerungen, gleichgültig ob Triebfahrzeuge, Weichen oder andere Funktionen gesteuert werden.

Für den Bediener ist es sehr wichtig, über die Betriebszustände der Funktionsglieder informiert zu sein. Deshalb zeigen Rückmeldefunktionen den jeweiligen Zustand der gesteuerten Funktion an. Dafür werden zusätzliche Leitungen und Anzeigeelemente benötigt, so wie es beispielsweise für Weichenantriebe bekannt ist. Aber auch für andere Funktionen ist es wichtig, Zustandsmeldungen zu besitzen. Hier sei insbesondere der Besetztzustand von Gleisen erwähnt, eine punkt- oder gleisabschnittsbezogene Meldefunktion, die besonders dem Kollisionsschutz dient. Die parallelen Leitungen dienen also der Kommunikation in beiden Richtungen, von der Zentrale zum Funktionsglied und von dieser wieder zurück zur Zentrale. So lässt sich eine ganze Anzahl von Modellbahnfunktionen finden, die alle diese Basisform der Modellbahnsteuerung besitzen. Bild 3 enthält eine Aufzählung der Wichtigsten.

Bei der Betrachtung der von der Industrie gefertigten Modellbahnprodukte kann allgemein festgestellt werden, dass bei der Gestaltung der Modellbahn-Fahrzeuge und des Zubehörs mit Unterstützung und/oder durch Forderungen der Modellbahner und ihrer Organisationen oft höchste, manchmal schon überspitzte Perfektion erreicht wurde. Die Elemente zu ihrer Steuerung hingegen wurden im Gegensatz dazu nicht oder unzureichend entwickelt. Sicher ist das auch dem, historisch gesehen, anfangs wenig entwickelten, niedrigen Niveau der Steuertechnik geschuldet, vielleicht auch den niedrigen Ansprüchen der Anwender oder weil sie es nicht besser wussten bzw. wissen. Inzwischen hat sich aber die Elektrotechnik außerordentlich entwickelt, so dass die bei den einfachen Funktionssteuerungen stehen gebliebene Technik die Entwicklung von Steuersystemen außerordentlich behindert.

Es wird nach wie vor mit unterschiedlichen, selten zueinander passenden, also nichtkompatiblen Techniken an den Geräten geklemmt, geschraubt, gelötet, obwohl aus der Elektrotechnik bekannt ist, dass Standard-Schnittstellen (worumter wir umgangssprachlich genormte Steckverbindungen verstehen) und der Einsatz elektronischer Mittel mit Standardsteuersignalen („IC statt Relais“) zu wesentlich besseren Lösungen mit höherem Gebrauchswert führen. Viele Beziehungen und Verknüpfungen der Funktionen des Modellbahnbetriebes könnten durch den Einsatz einfacher Logikschaltungen schon auf dem sehr niedrigen Steuerungsniveau der Funktionssteuerungen gelöst werden, ohne dass man sie digital codiert und über aufwendige Schaltungen bzw. Steuerungen überträgt.

Deshalb muss nun („nun“ bedeutet „**Jetzt ohne Zeitverzug beginnen!**“) für die Anwender in Richtung Automatisierung logischerweise das **Modellbahnsteuersystem** folgen. Darunter ist zu verstehen, dass elektronische Steuer-, Anzeige- und Logikelemente in die Modellbahnsteuerungen integriert werden und ein System bilden, für das die notwendigen Vereinbarungen hinsichtlich Schnittstellen und Einheitlichkeit der Steuersignale gefunden werden müssen. Basis dafür sollte die verknüpfbare Funktionssteuerung sein.

Die verknüpfbare Modellbahnsteuerung, deren Schema in Bild 2 dargestellt ist, führt durch Anwendung logischer Schaltungen (enthalten in integrierten Schaltkreisen als Ersatz für die Relais-technik) zu einem Standardniveau der Steuersignale (TTL-Pegel), zur **binären** Anwendung der Steuersignale und zu der Möglichkeit, einfache Verknüpfungen schon auf dem niedrigen Niveau der Modellbahnsteuerung zu realisieren. Dazu können auf den Steuer- und Funktionsmodulen Logikschaltungen integriert werden, die zusätzliche Ein- und Ausgänge mit UND- oder ODER-Funktionen zur Realisierung von **einfachen** Verknüpfungen zwischen bestimmten Funktionsgliedern besitzen.

Unter einfachen Verknüpfungen sind solche Zusammenhänge zu verstehen, wie die Beeinflussung des Einfahrsignals und des Fahrstroms im Signalgleisabschnitt durch den Besetzmelder bei besetztem Gleis. Derartige einfache Verknüpfungen sind bekannt (z. B. als automatischer Block) und wurden in der Vergangenheit durch Relais- oder Kontaktschaltungen realisiert. Eine nicht mehr einfache Verknüpfung ist die Steuerung von Fahrstraßen mit mehreren Weichen und Gleisen. Dagegen ist die Umschaltung des Signals von „grün auf gelb“ in Abhängigkeit von der Stellung der dem Signal folgenden Weiche wieder eine einfache Beziehung.

Es ist denkbar, dass diese Verknüpfungen bereits über die genannten peripheren Ein- und Ausgänge der Logikschaltungen realisiert werden. Z. B. bei Anwendung der älteren Relais-schaltungen wurden Verbindungen in bestimmter Form durch Steuerleitungen zwischen den Blocksteuerungen hergestellt, um die Züge in Abhängigkeit der Besetzung des folgenden Blockes zu steuern. Diese Art der Steuerung wurde als Automatikblock oder ähnlich bezeichnet.

Die Informationen, die über die Steuerleitungen zwischen den älteren, relaisgesteuerten Blocksteuerungen ausgetauscht wurden, können ebenso zwischen den verknüpfbaren Logikschaltungen übermittelt werden.

Auf diese Weise können die einfachen Beziehungen bzw. Verknüpfungen bereits peripher im Bereich der Funktionsglieder hergestellt werden.

Es ist abzusehen, dass derartige korrespondierende Leitungen für einfache Verknüpfungen in bis zu drei Varianten zur Verfügung stehen sollten: 1. für die Besetzmeldung der Folgegleisabschnitte, 2. für die Meldung der Weichenstellung von Folgeweichen und 3. in Bahnhofsbereichen für die Blockierung sich kreuzender oder tangierender Fahrstraßen. Selbstverständlich können die genannten Steuersignale auch über die unten beschriebene Zentralsteuerung geleitet werden.

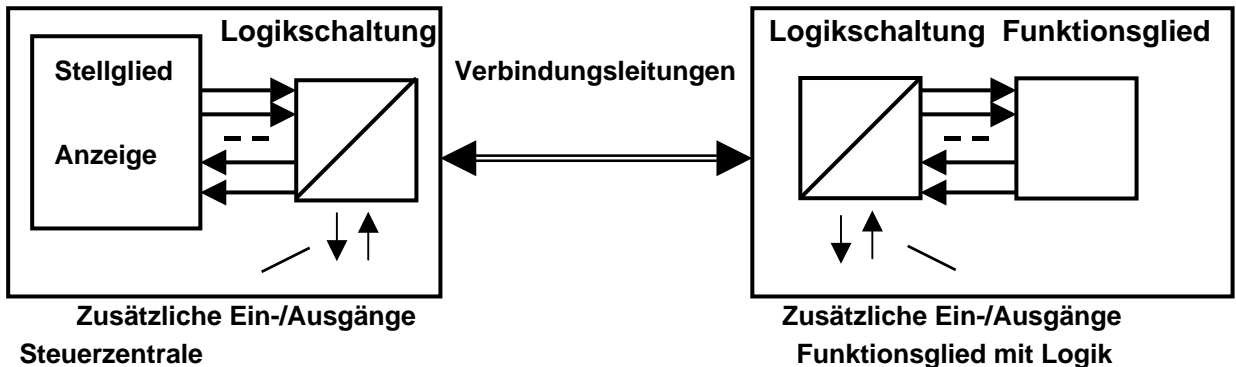


Bild 2 Erweiterte Basisstruktur der verknüpfbaren Modellbahnsteuerung mit Logikelementen und zusätzlichen Ein- und Ausgängen

Auf dem Niveau der verknüpfbaren Modellbahnsteuerung ist bei den Funktionsgliedern der Gebrauch von Modulplatinen notwendig, damit die angeführten Logikschaltungen auf diesen Platinen installiert werden können. Es muss ausdrücklich erwähnt werden, dass diese elektronischen Steuer- und Logikschaltungen sowohl an den Funktionsgliedern wie auch an den Stell- und Anzeigemodulen **unbedingt** erforderlich sind, um jede weitere Automatisierung zu ermöglichen.

Die elektronische Ansteuerung jeder Einzelfunktion der Modellbahn ist unverzichtbarer Bestandteil der systematischen Automatisierung!

Andererseits kann jeder Anwender auch auf diesem Niveau der verknüpfbaren Modellbahnsteuerungen wie früher mit Relaissteuerungen seine Modellbahn betreiben.

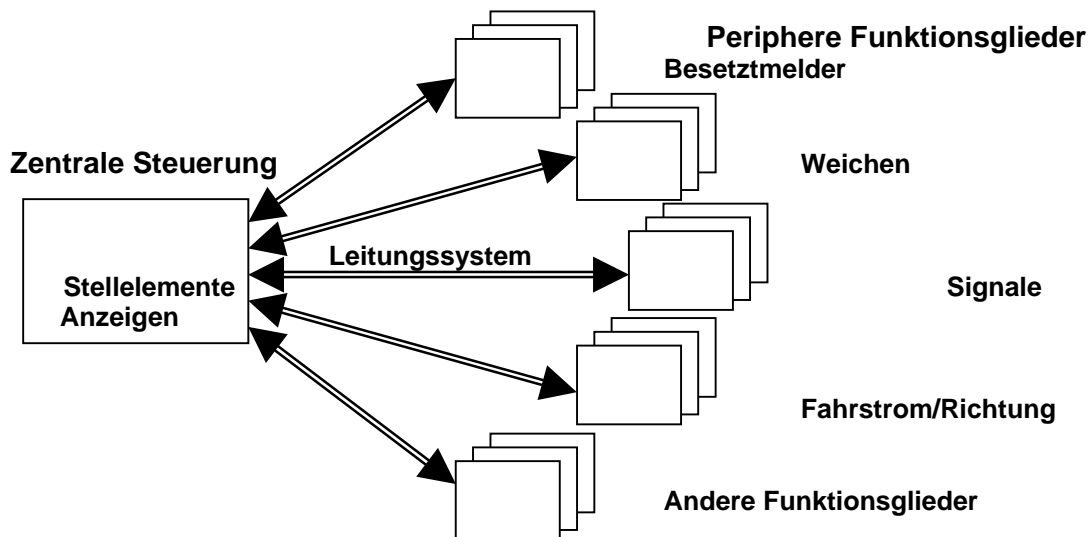


Bild 3 Strukturen der zentralen Modellbahnsteuerung

II. Anlagenstrukturen

1. Anlagenstruktur 1. Ordnung

Wie oben festgestellt, wird die einfachste Struktur der Modellbahn-Steuerungen durch die **einfachen Funktionssteuerungen** bestimmt. Wie wir bereits oben sahen, ist ihre von der Anlagengestaltung und dem dargestellten Modellbahnbetrieb abhängige Vielzahl **gleicher** (z. B. alle Weichensteuerungen) wie **verschiedener** Steuerungen (s. Bild 3) von hoher Bedeutung. Deshalb werden ihre Stell- und Anzeigeelemente gewöhnlich, wie beim Vorbild in einem Komplex, einer **zentralen Steuerung**, zusammengefasst.

Wie bereits in I. begründet, kommunizieren die Funktionsglieder untereinander über die parallelen Leitungen. Es ergibt sich die in Bild 3 dargestellte Struktur unter Einbeziehung wesentlicher Funktionen.

Die dargestellte Struktur ist wegen der typischen Verteilung über die zugehörige Modellbahnanlage anlagengestaltungsabhängig organisiert und stellt ihre einfachste Form dar, die Grund- oder Basisform. Deshalb wird sie als **Anlagenstruktur 1. Ordnung** bezeichnet.

2. Anlagenstruktur 2. Ordnung

Bei großen Modellbahnanlagen sinkt mit der wachsenden Zahl der zu steuernden Funktionsglieder die Beherrschbarkeit der Steuerung rapide, so dass sich ihre Aufteilung in mehrere anlagengestaltungsabhängig organisierte Strukturen 1. Ordnung durchgesetzt hat. Die Modellbahnanlage wird dadurch in Steuerbereiche zerlegt, was trotz aller Konzentrationsbemühungen auch beim Vorbild typisch ist. Im Vergleich mit der Struktur 1. Ordnung **müssen** die Teilstrukturen untereinander kommunizieren, so dass sich z. B. die Struktur nach Bild 4 ergibt. Je nach Anordnung der Teilbereiche ergeben sich offene oder geschlossene Anlagenstrukturen 2. Ordnung.

Die Anlagenstrukturen 2. Ordnung werden wie folgt unterteilt:

- a) **offene** Anlagenstruktur 2. Ordnung
- b) **geschlossene** Anlagenstruktur 2. Ordnung

Die im Bild 4 dargestellte Struktur ist offen. Sie ist häufig bei Modulanlagen anzutreffen. Dagegen sind geschlossene Strukturen oft typisch für stationäre Anlagen (Bild 5).

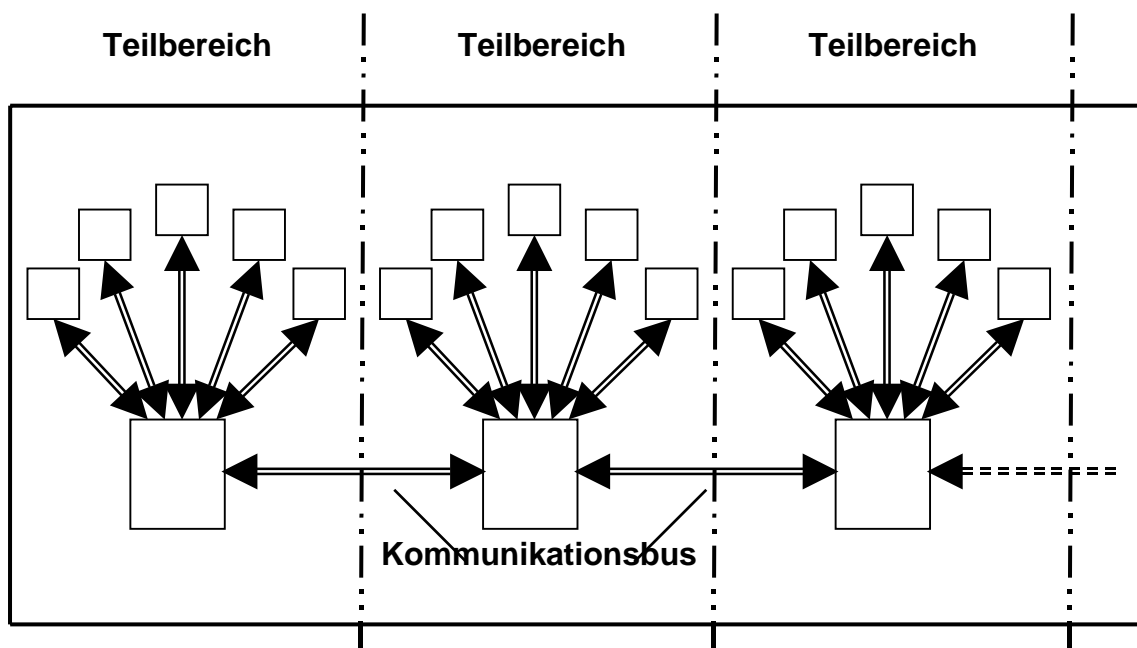


Bild 4 Offene Aufteilung in anlagengestaltungsabhängig organisierte Teilbereiche der Steuerung

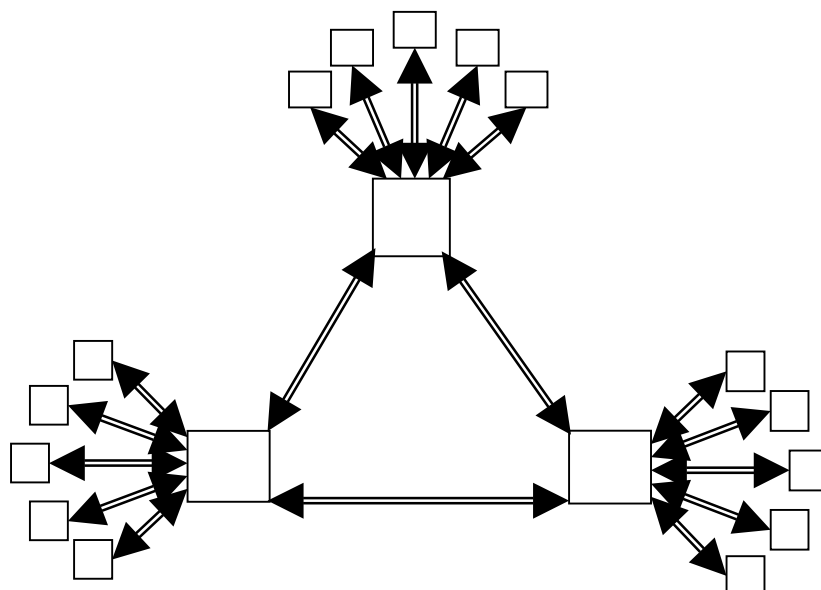


Bild 5 Geschlossene Aufteilung in anlagengestaltungsabhängig organisierte Teilbereiche der Steuerung

III. Ausstattungsstrukturen

Die in Bild 3 dargestellte Anlagenstruktur ist die **einfachste technische Ausstattung** einer Steuerung von Modellbahnfunktionen. Wie ebenda beschrieben, handelt es sich eine Zusammenfassung einfacher Modellbahnsteuerungen. Dies ist das **niedrigstmögliche** Ausstattungsniveau von Modellbahnsteuerungen.

Jede irgendwie geartete Ausstattung mit zusätzlichen Elementen, wie z. B. für logische Verknüpfungen benutzte Relais oder Halbleiter, führt zu einem höheren technischen Niveau der Steuerungen. Alle Modellbahnsteuerungen höheren Ausstattungsniveaus basieren prinzipiell **immer** auf den Hauptkomponenten der niedrigsten Stufe, den Funktionsgliedern (Aktoren und Sensoren) einerseits und den Stell- und Anzeigegliedern andererseits.

Bei der Modellbahn bleiben die vorwiegend mechanischen und anderen Funktionen der Hauptkomponenten (die Endpunkte!) stets die gleichen, sowohl bei den Modellen wie auch bei den Stell- und Anzeigegliedern, abgesehen von gewissen technischen Modernisierungen. Das höhere Ausstattungsniveau wird sich also generell auf die Kommunikation und die Energieübertragung konzentrieren. Beide können auf unterschiedlichem Niveau entwickelt werden.

1. Ausstattungsstruktur 1. Grades

Entscheidend für die Kommunikation sind Übertragungsmittel, die einerseits von der Gestaltung des drahtgebundenen Leitungssystems und andererseits vom Verfahren der Übertragung des Steuersignals abhängen. Das Leitungssystem wird im einfachsten Fall parallel ausgeführt, wobei als wichtigstes Merkmal „*jeder Leitung ein Steuersignal*“ zugeordnet ist. Der Begriff „parallel“ darf nicht zu streng ausgelegt werden, denn was in einem Schaltplan durchaus als Parallelschaltung erscheint, kann in der Modellbahnanlage räumlich ziemlich verteilt sein.

Mit der Zahl der Steuerfunktionen wächst die Zahl der parallelen Leitungen direkt proportional, teilweise sogar progressiv. Deshalb wurde in der historischen Abfolge zu Relaischaltungen gegriffen, um die einfachen Modellbahnsteuerungen zu komplexeren Funktionen zusammenfassen. In der Konsequenz blieben solche Lösungen, die zu den bereits erwähnten verknüpfbaren Modellbahnsteuerungen führten, aber mit Relaischnik ausgeführt wurden, nur bei nicht allzu großer Komplexität der Steuerungen effektiv. Die Verknüpfungen werden in Relaischnik einfach immer unübersichtlicher, je umfangreicher die Aufgaben werden. Abgesehen von der auf Dauer feststellbaren Unzuverlässigkeit der Relais. Woraus sich wiederum das Streben nach dem Einsatz der wesentlich zuverlässigeren Elektronik ergibt.

Man kann feststellen, dass unter den mit parallelem Leitungssystem ausgestatteten Steuerungen unterschiedliche Ausstattungsniveaus bei gleichartiger Steuersignalübertragung verwendet werden. Wegen dieser prinzipiellen Eigenschaft lassen sich alle rein in **paralleler Verdrahtung** ausgeführten Modellbahnsteuerungen generell **als Ausstattungsstruktur 1. Grades** bezeichnen.

In dieser erstgradigen Struktur lassen sich Ausstattungsstufen der Modellbahnsteuerungen unterscheiden. Die Basisstufe ist gekennzeichnet durch den Einsatz der einfachen Funktionssteuerungen. Darüber auf dem folgenden Niveau werden die verknüpfbaren Funktionssteuerungen eingesetzt. Sie dienen vor allem dazu, die Anzahl der parallelen Leitungen zu verringern oder bestimmte Bedienhandlungen durch logische Verknüpfungen zu vereinfachen. Dazu wurden und werden Relais- oder Halbleiterschaltungen eingesetzt. Es sei an Fahrstraßensteuerungen erinnert, bei denen mittels Relais- oder Dioden-Matrixschaltungen die in einer Fahrstraße liegenden Weichen gemeinsam gestellt werden. Oder an den automatischen Streckenblock, bei dem in Abhängigkeit vom Besetztzustand des Folgeblockes der Fahrstrom mittels des Signalrelais beeinflusst wird.

Aus Gründen der Unterscheidungsfähigkeit werden deshalb die erstgradigen Ausstattungsstrukturen in drei Stufen unterteilt:

Ausstattungsstruktur 1. Grades, Stufe a – Basisstufe, einfache Modellbahnsteuerungen

Ausstattungsstruktur 1. Grades, Stufe b – Verknüpfbare Modellbahnsteuerungen, vorwiegend mit Relaischaltungen bei niedrigerem Automatisierungsgrad

Ausstattungsstruktur 1. Grades, Stufe c – Zusatzausstattung vorwiegend mit Halbleiterschaltungen bei umfassenderem und höherem Automatisierungsgrad

2. Ausstattungsstruktur 2. Grades

Im Vergleich mit den Erläuterungen zur Ausstattungsstruktur 1. Grades haben alle Modellbahnsteuerungen mit **serieller Steuersignalübertragung** eine Ausstattungsstruktur 2. Grades.

Serielle Steuersignalübertragung bedeutet, die einzelnen Steuersignale zu verschachteln, zu Paketen zu packen. Sie werden dann im Gegensatz zur parallelen Übertragung nicht gleichzeitig sondern nacheinander auf **einem** bestimmten Leitungssystem, dem **seriellen Bus**, übertragen. Zu diesem Zweck müssen die Signale gewandelt werden, zunächst von der parallelen in die serielle Form und dann, am Bestimmungsort, wieder von der seriellen in die parallele Form. Zur Erinnerung, die beiden Endpunkte unserer Steuerung benötigen immer eine parallele Ansteuerung. Selbst dann, wenn die Wandler Bestandteil der Funktionsglieder sind und die parallelen Verbindungen sehr kurz werden. Bild 6 zeigt dieses Prinzip.

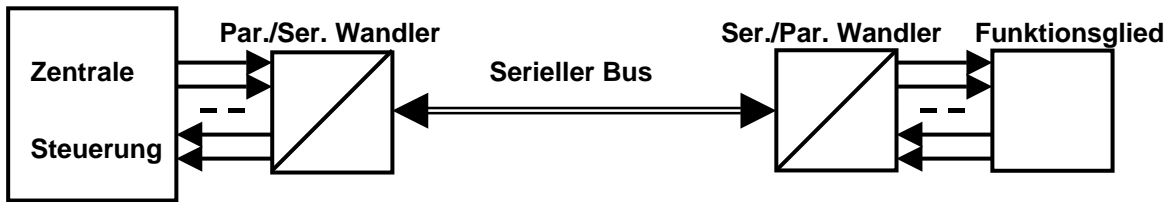


Abb. 6 Serielle Übertragungsstruktur

Der große Vorteil des seriellen Busses ist nun, dass **alle** Funktionsglieder wie die Glieder einer Kette an den seriellen Bus angeschlossen werden können (siehe Bild 7). Dadurch beschränkt sich seine Leitungsstruktur auf wenige parallele Leitungen.

Damit die Datenpakete stets ihren Bestimmungsort erreichen, müssen sie Adressen besitzen, so wie eben Pakete Adressen haben. Allerdings benötigt man in der Regel nur Nummern als Adressen. Die Art, wie die Adressen und Befehle bzw. Meldungen in die Datenpakete gepackt werden, heißt Kodierung. In letzterer finden wir den Unterschied vieler Bussysteme.

Um in beiden Richtungen gleichzeitig übertragen zu können, sollte der serielle Bus als 4-Drahtbus entwickelt sein. Der 4-Drahtbus ermöglicht den getrennten Datentransport in zwei Richtungen, 2 Leitungen davon für den Transport der Steuerbefehle, die anderen zwei für die Meldung von Zuständen der Funktionsglieder, also der Rückmeldungen an die Zentrale. Obwohl der 4-Drahtbus technische Vorteile besitzt, werden auch 2-Drahtbusse verwendet, die sowohl nur in einer Richtung als auch in zwei Richtungen arbeiten können. Z. B. arbeiteten oder arbeiten teilweise noch immer die digitalen Mehrzugsysteme als 2-Drahtsysteme in einer Richtung. Erst später wurden Rückmeldebusse ansatzweise, da nicht für alle Funktionen gedacht, ergänzt.

Bild 7 zeigt am Beispiel des bidirektionalen seriellen Bus die Anordnung der Funktionsglieder in der Datenkette, die einzelnen Glieder sind jetzt mit den Serien/Parallel- bzw. Parallel/Serien-Wandlern kombiniert und besitzen jeweils einen Eingang und einen Ausgang für die beiden Datenflussrichtungen.

Obwohl die Zentrale in der Darstellung hervorgehoben ist, hat das keine Bedeutung, denn jedes Busmitglied sollte mit jedem kommunizieren können, zumindest bei der Modellbahnsteuerung. Denn wenn beispielsweise ein Gleisabschnitt besetzt ist, muss das auch sein Einfahrtsignal wissen, damit es Halt zeigen kann.

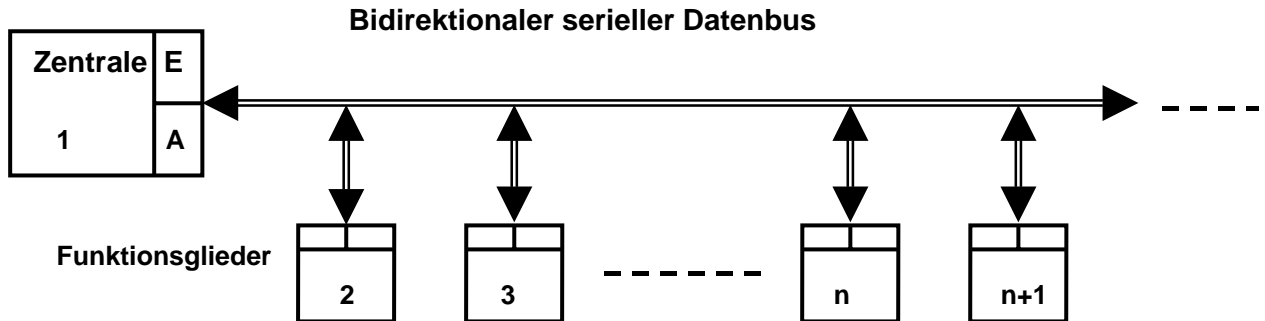


Abb. 7 Serieller Bus mit größerer Anzahl angeschlossener Funktionsglieder

Wie wir sehen, wird jedes Funktionsglied Teilnehmer an der Datenkette, was gegebenenfalls entweder zahlenmäßig oder in der räumlichen Ausdehnung den Bus überdimensioniert. Die Berücksichtigung technischer Gründe führen dazu, dass mittels Verstärker- und Verzweiger-Baugruppen regelrechte Netzwerke entstehen. Wegen der in einigen Fällen denkbar großen Zahl der Funktionsglieder bei Modellbahnen führt das aber wieder leicht zur Unübersichtlichkeit.

Deshalb ist einer anderen Lösung der Vorzug zu geben, zumal die technischen Voraussetzungen dafür existieren. Gehen wir noch einmal einige Absätze zurück. Dort wurde gezeigt, dass eine Besetztmeldung die Besetzung des Gleisabschnittes seinem Einfahrtsignal mitteilen muss. Dann fällt dieses auf Halt und teilt es der Zentrale zwecks Anzeige im Gleisbild mit, außerdem der zugehörigen Fahrstromsteuerung, die einen folgenden Zug vor dem Signal halten lassen muss.

Wir sehen, dass eigentlich bis auf die Zentrale räumlich sehr nah beieinander liegende Funktionsglieder bzw. ihre Steuerungen über den seriellen Bus kommunizieren müssen. Das ist etwa damit vergleichbar, wenn der vor der Haustür stehende Ehemann mit dem Mobiltelefon (Handy) seine Frau in der Wohnung anruft, damit sie ihm die Tür öffnet, statt einfach auf die Türklingel zu drücken. Es ist also nicht immer sinnvoll, mit relativ hohem technischen Aufwand (hier die Wandler und die Busein- und Ausgänge, hinter denen immer elektronische Schaltungen stehen) zu kommunizieren, wenn es einfacher geht.

Die in einzelnen Fällen bei bestimmten Großanlagen bereits praktizierte Lösung sieht vor, zunächst **Gruppen technisch und organisatorisch zusammengehörender Funktionsglieder** zu bilden. Welche und wie viele der Funktionsglieder zu einer Gruppe zusammengefügt werden, hängt von den jeweiligen örtlichen Bedingungen und den betriebstechnischen Abläufen ab. Generell sind dies immer Funktionsglieder, die zur Steuerung **einfacher betriebstechnischer** Abläufe zusammenwirken, und das ist das Einsatzgebiet der **verknüpfbaren Modellbahn-Funktionssteuerungen**.

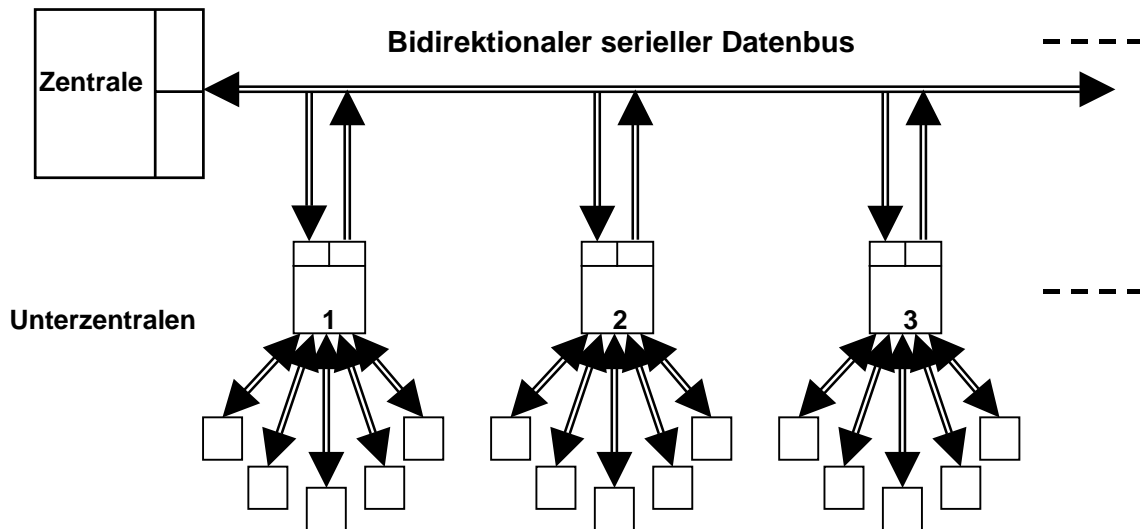


Bild 8 Serieller Steuerbus mit Unterzentralen

Beispielsweise kann man sich eine Gruppe gebildet denken aus den Funktionsgliedern eines Gleisabschnittes. Dazu könnten die Fahrstrom-/Fahrtrichtungssteuerung, die Signalsteuerung, die statische Besetztmeldung und einige punktuelle dynamische Besetztmeldungen gehören. Ein anderes Beispiel wäre eine Weichengruppe mit ihren Antrieben im Einfahrbereich eines Bahnhofes. Alle diese Funktionsglieder können auch über einfache Verknüpfungen zusammenarbeiten.

Diese Gruppen (eine oder mehrere) werden kleinen Unterzentralen zugeordnet, die ihrerseits mit den übrigen Teilnehmern des Busses kommunizieren. Die Gruppenmitglieder selbst kommunizieren über parallele Leitungsstrukturen mit ihren Unterzentralen. Letztere arbeiten in ihrem Bereich nach vorgegebenem Programm, um den Modellbahnbetrieb entsprechend übergeordneter und/oder regionaler Vorgaben zu steuern. Bild 8 zeigt die Struktur dieses Steuersystems. Es ähnelt einem Computersystem, bei dem die peripheren Geräte über einen seriellen Bus angekoppelt sind. Der Betrieb mit Unterzentralen darf den Betrieb einzelner Funktionsglieder am Steuerbus und die direkte Steuerung wichtiger Funktionsglieder durch Handbetrieb nicht ausschließen, kann aber durch die Programmtechnik erreicht werden.

Die auf diese Weise **dezentralisierte Steuerung** kann so schneller auf den Betriebsablauf im jeweiligen Zuständigkeitsbereich reagieren und der Bus sowie die Zentrale Steuerung werden nicht mit den einfachen Steuervorgängen belastet.

Zusammenfassend werden folgende vertikale Strukturen 2. Grades unterschieden:

Ausstattungsstruktur 2. Grades, Stufe a – 2-Drahtbusse, uni- oder bidirektional, sowie 4-Drahtbusse mit beschränkter Rückmeldetechnik

Ausstattungsstruktur 2. Grades, Stufe b - 4-Drahtbusse, unbeschränkt bidirektional

Ausstattungsstruktur 2. Grades, Stufe c – 4-Drahtbusse, unbeschränkt bidirektional mit Einbeziehung von dezentral verteilten Steuerungen (Unterzentralen).

Schlussfolgerungen

Mit den obigen Ausführungen sind eigentlich alle Ausstattungsstufen drahtgebundener Modellbahn-Steuerungen beschrieben. Ein möglicherweise denkbarer Ersatz des seriellen Busses durch drahtlose Übertragung ist aus Sicht des Verfassers wegen des zusätzlichen technischen Aufwandes (Sende- und Empfangseinrichtungen) und den bei dieser Technik möglichen Störfaktoren nicht zu empfehlen. Obwohl der Gedanke verlockend ist, an den Gleisen nur eine konstante Betriebsspannung anlegen zu müssen und die Steuerung der Fahrzeuge mit einer Funkfernsteuerung ähnlich der Steuerung von Flug- oder Schiffsmodellen vorzunehmen. Im Gegensatz zu diesen haben wir aber es bei der Modellbahn wieder mit vielen Funkkanälen zu tun, wodurch die Funksteuerung wieder nicht mehr einfach ist, sie muss wieder seriell mit Adressierung funktionieren. Außerdem gibt es beträchtliche Kompatibilitätsprobleme mit der traditionell vorhandenen Technik. Deshalb ist m. E. die Funkfernsteuerung nur bei Besonderheiten geeignet (Fährbahnhof mit Modell-Schiffsverkehr).

Dagegen hat ein anderer Gedanke, der seit einiger Zeit von einer Gruppe Modellbahner im MOROP unterstützt wird, beim jetzigen Entwicklungsstand der Technik wesentlich bessere Aussichten auf Erfolg. Es geht darum, ein generelles Grundkonzept zu entwickeln, das die Voraussetzungen für ein mit mehreren Ausstattungsniveaus ausgeführtes und den Ansprüchen der Modellbahner entsprechendes, aus Gründen des Bestandserhalts zu allen analogen und digitalen Fahrstromarten kompatibles und alle Betriebsbereiche und –arten der Modellbahn **umfassendes Steuersystem** schafft.

Das geforderte Steuersystem wird realisierbar durch ein systemunabhängiges, alle gesteuerten Modellbahn-Objekte verbindendes, leistungsfähiges serielles Bussystem (kurz **Steuerbus** genannt) und durch ein universelles, alle Programmtechniken der Modellbahnsteuerung bedienendes Steuerprogramm (**Metaprotokoll** genannt). Die technischen Voraussetzungen für die Steuerung **aller** Modellbahnobjekte, bewegliche wie unbewegliche, sind bekannt. Sie müssen nur angewandt werden. Beispielsweise ist der Leistungsverstärker der digitalen Steuerungen (als Booster bekannt) in der Lage, bei entsprechender Ansteuerung durch geeignete Treiberprogramme jeden bisher in Gebrauch befindlichen Steuerstrom für Fahrzeuge zu erzeugen, gleichgültig ob es sich um die analogen Gleich- bzw. Wechselströme oder um eine beliebige Version der digitalen Steuerströme handelt. Bisher sind also die Systemunterschiede mit geeigneter Software zu überbrücken. Und ältere Modellbahntechnik kann bei Vorhandensein systemkompatibler Adaptermodule weiterverwendet werden.

Ein derartiges **universelles Steuersystem** benötigt zu seiner Konzipierung zwei Voraussetzungen:

- a)** ein zueinander **passendes, möglichst dem allgemeinen technischen Standard entsprechendes Gerätesystem** mit einer Struktur auf der Basis des Bildes 8 bzw. einer Mischform aus 7 und 8 einschließlich der durchgehenden Ausstattung mit **standardisierten Schnittstellen einschließlich** der Modellbahnfunktionssteuerungen,
- b)** ein dem Modellbahnbetriebsablauf und den verschiedenen Systemkomponenten **anpassbares Steuerprogramm mit einheitlichem Befehlsvorrat** und
- c)** einer **durchgreifenden Überarbeitung der elementaren Modellbahnfunktionen**.

Ein solches System würde in die **Ausstattungsstufe 2c** einzuordnen sein.

Die eben beschriebene Zielstellung ist zum Namensgeber des Arbeitskreises „Systemübergreifender Steuerbus und Metaprotokoll für Modellbahnen“ geworden, weil sie den Idealvorstellungen der Modellbahner möglichst nahe kommt. Die Grundlage für die Erarbeitung dieses Steuersystems soll das im Arbeitskreis in Arbeit befindliche „Lastenheft für Modellbahnsteuerungen“ des Arbeitskreises sein. Und der Fundus der von Modellbahnern geschaffenen bewährten und bekannten Grundsaltungen im Bereich der Funktionssteuerungen und ihrer Verknüpfungen, die in vielen Fällen auf modernere Techniken übertragbar sind, bietet genügend Ansatzmöglichkeiten für einen Beginn.

IV. Einordnung der realen Modellbahnsteuerungen

1. Kleinere Anlagen

Ohne Zweifel findet man bei einfachen und kleinen Modellbahnheimanlagen sowie bei Anfängeranlagen gleichzeitig die Anlagenstruktur 1. Ordnung oft verbunden mit der Ausstattungsstruktur 1. Grades.

Hier in dieser Anlagenstruktur 1. Ordnung finden wir häufig die digitalen Mehrzugsteuerungen, da ein Teil ihrer Anwender weniger am echten, vorbildgetreuen Modellbahnbetrieb interessiert sondern von der Funktion des unbeschränkten Fahrens beeindruckt sind. Anlagen von letzterem Typ sind der Ausstattungsstruktur 2a zuzuordnen.

2. Große Anlagen

Große stationäre Anlagen sind in der Regel Klubanlagen, die in Jahrzehnten entstanden sind und deren Anfänge noch in der Zeit mit geringen technischen Voraussetzungen liegen. Ein großer Prozentsatz dieser Anlagen ist der geschlossenen Anlagenstruktur 2 und der Ausstattungsstruktur 1b zuzuordnen. Die Steuerungen sind in der Folgezeit öfters aktualisiert worden, sind aber aus verschiedenen Gründen selten über die genannte Stufe hinausgegangen.

Neuere Großanlagen werden vorzugsweise in Modulform erstellt. Dabei sind zwei Varianten häufig anzutreffen:

a) Die Modulanlagen werden als Klubanlagen errichtet. Je nach Zusammenstellung der Module sind sowohl offene als auch geschlossene Anlagenstrukturen 2. Ordnung möglich. Bei der Ausstattungsstruktur sind oft Vermischungen zwischen den Ausstattungsstrukturgraden 1b/c und 2a zu beobachten. Steuerstrukturen 2a werden häufig für die Fahrstrom-/Fahrtrichtungssteuerungen in Form digitaler Mehrzugsteuerungen angewendet. Da letztere insbesondere wegen der unausgereiften Sensortechnik in der Kritik stehen, sind höher entwickelte Steuersysteme derzeit nicht zu beobachten.

b) In Meetings werden Modulanlagen operativ errichtet. Je nach Ausstattung der von den Teilnehmern zur Verfügung gestellten Module und ihrer Eigenteknik sind ähnliche Strukturen wie unter a) feststellbar.

Große Ausstellungsanlagen werden mit hohem Aufwand errichtet. Sie dienen dem Erwerb, weshalb bei diesen Anlagen Eigenkonzepte der Steuerungstechnik eingesetzt werden. Sie können bezüglich der Ausstattungsstruktur sowohl in die Stufe 1c als auch in die Stufen 2b oder 2c eingeordnet werden.

V. Übersicht

Strukturen der Modellbahnsteuerungen	
Basisstruktur:	Einfache Modellbahnfunktionssteuerung
Erweiterte Basisstruktur:	Verknüpfbare Modellbahnfunktionssteuerung
<p>Anlagenstrukturen</p> <p>Orientierung der Struktur der Modellbahn-Steuerung entsprechend der anlagenabhängigen Verteilung über die Modellbahnanlage</p>	<p>Ausstattungsstrukturen</p> <p>Orientierung der Struktur der Modellbahn-Steuerung entsprechend dem technischen Ausstattungsgrad</p>
<p>Anlagenstruktur 1. Ordnung</p> <p>Einfache Modellbahnsteuerung - Grundstruktur der Modellbahn-Steuerung bestehend aus zentralen und peripheren Funktionsgliedern verbunden mit einem parallelen Leitungssystem, durchweg aus Einzeldrähten gebildet.</p>	<p>Ausstattungsstruktur 1. Grades</p> <p>Niedriger Grad der technischen Ausstattung auf der Basis paralleler Strukturen der Kommunikation</p> <p>Ausstattungsstruktur 1. Grades, Stufe a Grundstufe, ohne Zusatzausstattung</p> <p>Ausstattungsstruktur 1. Grad. Stufe b Zusatzausstattung vorwiegend mit Relaischaltungen</p> <p>Ausstattungsstruktur 1. Grades, Stufe c Zusatzausstattung vorwiegend mit Halbleiterschaltungen</p>
<p>Anlagenstruktur 2. Ordnung</p> <p>Aufteilung in Steuerbereiche mit gleichberechtigten Zentralen und mit Kommunikation untereinander. Unterscheidung in:</p> <p>Offene Anlagenstruktur 2. Ordnung Linienhafte Orientierung der Teilbereiche der Steuerung</p> <p>Geschlossene Anl.-Strukt. 2. Ordnung Ringförmige Orientierung der Teilbereiche der Steuerung</p>	<p>Ausstattungsstruktur 2. Grades</p> <p>hoher Grad der technischen Ausstattung auf der Basis paralleler und serieller Strukturen der Kommunikation</p> <p>Ausstattungsstruktur 2. Grades, Stufe a 2-Drahtbusse, uni- und bidirektional, sowie 4-Drahtbusse mit beschränkter Rückmeldetechnik</p> <p>Ausstattungsstruktur 2. Grades, Stufe b 4-Drahtbusse, unbeschränkt bidirektional</p> <p>Ausstattungsstruktur 2. Grades, Stufe c 4-Drahtbusse, unbeschränkt bidirektional mit Einbeziehung von dezentralen Steuerungen</p>