



# Digitale Modellbahnsteuerung - Eine Entscheidungsgrundlage

Mittlerweile gibt es schon Dutzende von Publikationen zu diesem Thema auf dem Markt. Aber allesamt kranken am selben Problem: das Gros der Leser wird dabei überfordert und regelrecht erschlagen mit Informationen, welche sie im Grunde genommen gar nicht verstehen und im Grunde genommen auch gar nicht benötigen. Dabei beschränkt sich doch der Fragenkatalog der meisten Interessenten auf ein paar ganz einfache, simple Fragen:

- Was ist der Unterschied der digitalen zur konventionellen Steuerung?
- Welches digitale System muss oder darf ich für meine Anlage verwenden?
- Was kostet mich die Umstellung auf eine digitalen Steuerung?

Dieser Artikel und später folgende Fortsetzungen über den Betrieb und Konfiguration digitaler Steuerungen sollen daher eine einfache Hilfe für die eher unerfahrenen Modellbahner darstellen.

## 1. Die konventionelle Fahrstrom-Steuerung

Der erste Punkt ist sicher einmal eine Grundsatzfrage. Sowohl bei der konventionellen wie auch bei der digitalen Steuerung führen immer zwei Drähte zum Gleis. Einer bringt den Strom, der andere führt ihn wieder zur Spannungsquelle zurück. Die Art der Einspeisung vom Gleis in die Verbraucher ist im Grunde genommen unwesentlich. Beim konventionellen Betrieb findet die Kontrolle der Lok, welche sich in einem geschlossenen Stromkreis (Abschnitt) befindet, immer im dazugehörenden Regeltransformator statt. Stellt man eine zweite Lok in den gleichen Stromkreis oder Abschnitt, wird sie sich simultan zur ersten Lok verhalten, da sie den gleichen Befehlen gehorchen muss.

Dieses Problem kann gelöst werden, indem man verschiedene, getrennte Stromkreise oder Abschnitte bildet. Jeder dieser Stromkreise wird durch einen eigenen Transformator gespeist. Die Lok wird dann von einem Regler zum anderen übergeben. Man nennt dies auch die Abschnitts-Schaltung, oder kurz A-Schaltung.

Eine weitere Möglichkeit ist die sogenannte Z(u)-Schaltung. Hierbei wird der Trafo von Abschnitt zu Abschnitt geschaltet. Mit anderen Worten, die Lok und der dazugehörige Regler bleiben immer zusammen. Beide werden also von Abschnitt zu Abschnitt gereicht.

Es dürfte jedem klar sein, dass solche Schaltungen einen erheblichen Schaltungsaufwand bedeutet. Ausserdem ist die differenzierte Kontrolle von mehr als einem Triebfahrzeug im gleichen Stromkreis nicht möglich.

## 2. Die digitale Fahrstrom-Steuerung

Schon vor dem PC-Zeitalter überlegten sich findige Modellbahner, wie man eine Mehrzugsteuerung realisieren könnte. Eine Möglichkeit war schon durch die Konstruktion bestimmter Hersteller gegeben. Trix Express bot mit ihrer dritten Schiene in der Mitte einen echten Zweizugbetrieb an. Zusammen mit einer funktionsfähigen Oberleitung war es möglich, sogar drei Züge unabhängig im gleichen Abschnitt zu betreiben. Elektrisch gesehen, waren das aber immer unterschiedliche Stromkreise.

Bei grösseren Massstäben gab es natürlich die Möglichkeit des Einbaus einer RC-Steuerung, wie es bei den Modell-Flugzeugen üblich ist. Für die kleineren Spurenh0 und N sind die Empfänger und Servos aber einfach zu gross.

Ein Vorläufer der digitalen Steuerung war übrigens auch die sogenannte Tonfrequenzsteuerung. Dabei wurde eine bestimmte frequenzmodulierte Spannung auf die Gleise gegeben. Die entsprechende Lok, welche ausschliesslich auf diese Frequenz reagieren sollte, wurde mit einem entsprechenden Filter ausgerüstet. Damit man aber ein solches Triebfahrzeug aber auch in beide Richtungen bewegen konnte, benötigte man auch zwei unterschiedliche Frequenzen.

Das System war aber recht störanfällig und unzuverlässig.

Die Lösung nahte dann mit der Integration der einzelnen Bauteile im Computersektor. Die Chips wurden immer kleiner und mehr Funktionen wurden integriert. Der Weg für eine digitale Kontrolle des Triebfahrzeuges war gebnet.

Die Lösung war sehr einfach. An den Schienen liegt eine konstante Spannung an. Bei allen heutigen Systemen ist das eine Wechselspannung. Diese Spannung dient zur Speisung des Triebfahrzeuges und auch als Träger der Steuerinformation für die Lok. Jede Lok bekommt eine Adresse zugeteilt. Wenn nun der Bediener an der Steuerzentrale (Regler) den Befehl gibt: „Lok 10 abfahren!“; dann wird diese Steuerinformation zusammen mit der Adresse über die Gleise gejagt. Loks mit anderer Adresse als 10 reagieren selbstverständlich nicht auf diesen Befehl. Nur der Dekoder in der Lok 10, die eingebaute Elektronik oder der „Lokführer“ fühlt sich angesprochen und beschleunigt die Lok auf die befohlene Geschwindigkeit.

Es ist also möglich geworden, mehrere Triebfahrzeuge (abhängig der Anzahl der möglichen Adressen) im gleichen Stromkreis unabhängig zu bedienen. Also wie beim Vorbild.

Das digitale System brachte nebenbei noch weitere Verbesserungen mit. Da die konventionellen Systeme die Fahrgeschwindigkeit mittels Fahrspannungswert kontrollieren, fiel natürlich auch das Drehmoment des



Motors zusammen, oder einfacher für Laien, die Zugkraft der Lok war im Eimer. Die Dekoder der digitalen Steuerung indessen geben dem Motor immer die volle Spannung ab. Die Drehzahl wird mit der Länge des Stromimpulses kontrolliert. Bildlich gesprochen wird der Motor also mit „Fusstritten“ bewegt. Dabei bringt die Lok die volle Zugkraft auch bei den niedrigsten Geschwindigkeiten.

Weitere Möglichkeiten ergab sich auch mit der Massensimulation. Das heisst, die im Dekoder einstellbare Beschleunigungs- und Abbremszeit. Es wurde auch möglich, Sonderfunktionen wie das Ein- und Ausschalten der Loklichter, der Beleuchtung der Wagen, eines Rauchgenerators und Pfeif-Geräusche einzuführen. Einige Dekoder bieten heute auch noch Diesel- und Dampfgeräusche in Abhängigkeit des Betriebszustandes an.

### 3. Die konventionelle Magnetartikel-Steuerung

Die Ansteuerung der Magnetartikel wie Weichenantriebe, Signale, etc erfolgen in der Regel so wie vom Hersteller der Modelleisenbahn vorgeschlagen. In manchen Fällen werden Systeme der Zubehörindustrie oder auch selbstgestrickte Lösungen eingesetzt. In allen Fällen wird der Drahtverhau unter der Anlage je nach deren Grösse monströse Formen annehmen.

### 4. Die digitale Magnetartikel-Steuerung

Eine digitale Modellbahnsteuerung begrenzt sich selbstverständlich nicht nur auf die individuelle Steuerung der Loks, sondern kann auch auf die Kontrolle des Fahrwegs erweitert werden. Wie bei den Loks benötigen die Magnetartikel ein Modul, welches sie bei der Steuerzentrale identifiziert. In der Regel werden diese als Funktionsdekoder bezeichnet. Für Magnetartikel müssen normalerweise nur zwei Zustände mitgeteilt werden. Aus diesem Grund können die Module auch weniger aufwendig konstruiert werden. Pro Adresse können in der Regel bis zu vier Magnetartikel gesteuert werden.

Die Funktionsdekoder und somit die Weichen und Signale können in einer ersten Ausbaustufe direkt von den Steuergeräten der einzelnen Systeme angesteuert werden. In einer weiteren Ausbaustufe können ganze Fahrstrassen mit speziellen Eingabegeräten programmiert und gestellt werden.

Als Non-plus-ultra besteht zum Schluss die Möglichkeit, über ein Interface die Anlage mit einem PC zu steuern.

Der Kabelverhau unter der Anlage wird durch den Einsatz einer digitalen Steuerung massiv reduziert. Nicht die reduzierte Anzahl der Drähte ist dafür verantwortlich, sondern die verkürzte Länge der Drähte ist dafür massgebend. Funktionsdekoder werden grundsätzlich in der Nähe der zugehörigen

Magnetartikel installiert. Vom Dekoder zur Zentrale führt dann nur noch das Kabel des Steuerbuses.

Die Gefahr eines Fehlers in der Verkabelung wird dadurch ebenfalls verringert.

### 5. Was brauche ich für meine Modellbahn?

Da wir nun den Unterschied zwischen der konventionellen und der digitalen Modellbahn-Steuerung kennen, können wir uns nun auch entscheiden, ob wir unsere Anlage überhaupt digitalisieren wollen. Wenn ja, dann müssen wir uns entscheiden, welche Anlagenkomponenten wir digitalisieren wollen.

Da gibt es die verschiedensten Möglichkeiten. Es empfiehlt sich, vorgängig ein Pflichtenheft zu erstellen. Ein solches Pflichtenheft ist auf jeden Fall sehr hilfreich für die Entscheidungsfindung.

### 6. Vorschlag für ein Pflichtenheft:

- Allgemeines
  - Bau einer neuen Anlage mit einer umfassenden digitalen Steuerung
  - Bau einer neuen Anlage mit digitaler Fahrstrom-Steuerung und konventioneller Fahrweg-Steuerung
  - Bau einer neuen Anlage mit konventioneller Fahrstrom-Steuerung und digitaler Fahrweg-Steuerung
  - Umrüstung einer bestehenden Anlage auf digitale Fahrstrom-Steuerung und konventionelle Fahrweg-Steuerung
  - Umrüstung einer bestehenden Anlage auf konventionelle Fahrstrom-Steuerung und digitaler Fahrweg-Steuerung
  - Umrüstung einer bestehenden Anlage auf umfassende digitale Steuerung
- Fahrbetriebsart
  - Manueller Betrieb
  - Automatischer Betrieb
  - Reiner digitaler Betrieb
  - Reiner analoger (konventionell) Betrieb
  - Digitaler/analoger (gemischt) Betrieb \*
  - Doppeltraktion \*\*
  - Fahrregler mobil/stationär
  - Blocksteuerung \*\*\*

- Einsatz der Fahrzeuge
  - Wendezüge \*\*\*
  - Schiebebetrieb \*\*\*
  - Nur auf der eigenen Anlage
  - Einsatz auf anderen Anlagen, digital oder analog
- Fahrweg-Steuerung
  - Konventionelle Steuerung mit einem Gleisbildstellpult
  - Digitale Steuerung mit konventionellem Gleisbildstellpult.
  - Digitale Steuerung mit digitalen Eingabegeräten
  - Digitale Steuerung mit PC und Software für die Fahrwegsteuerung.

Diese Aufstellung ist selbstredend nicht vollständig und kann den eigenen Bedürfnissen entsprechend angepasst werden. Hier noch einige Einschränkungen:

\* von einigen Herstellern wird mit der Möglichkeit geworben, dass mindestens eine analoge Lok im Digitalstromkreis betrieben werden kann. Die Erfahrung zeigt, dass dies nur beschränkt möglich ist. Für gewisse Motoren wie z. B. Glockenanker Typen kann dies sogar tödliche Folgen haben. Damit dies überhaupt möglich wird, liegt am Gleis eine hochfrequente Wechselspannung um die 10KHz an. Deswegen hört man die analoge Lok auch „singen“. Damit die Lok nun auch fährt, wird der Wechselspannung eine normale Gleichspannung überlagert. Gemäss unserer Erfahrung gibt es Motoren, die ausser dem „Singen“ überhaupt keine Reaktion zeigen.

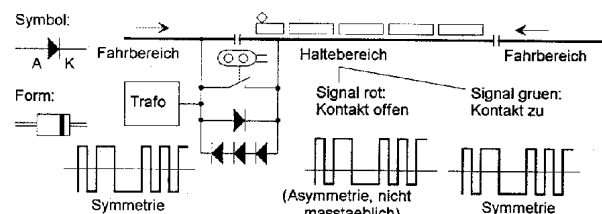
\*\* Auch von der Doppeltraktion sollte man sich nicht zuviel versprechen. Tests auf unserer Klubanlage haben gezeigt, dass selbst mit zwei genau gleichen Loktypen mit genau gleichem Fahrverhalten nach kurzer Fahrzeit mechanische Probleme auftreten können. Bei unseren Tests zeigten sich abgeschälte Haftreifen und zerstörte Kardangelenke. Die Triebfahrzeuge besitzen, selbst wenn sie aus der gleichen Serie stammen, leichte Leistungsdifferenzen. Diese Differenzen müssen sich nicht zwangsläufig über den ganzen Geschwindigkeitsbereich erstrecken. Die Gründe sind vielfältig: Fertigungstoleranzen bei den Getrieben und Motoren, Abnutzungserscheinungen, Pflege, etc. Doppeltraktionbildungen mit Dummys (Loks ohne Motor und Getriebe) ist immer noch die bessere Lösung.

\*\*\* Konventionelle Blocksteuerungen sind für digitale Systeme ungeeignet, da die Anfahr- und Bremssteuerung in den Lokdekodern kontrolliert wird. Schiebe- und Wendezug Betrieb hat ebenfalls einen Einfluss auf die Auslegung der Blocksteuerung.

## 7. Entscheidungsfaktor Streckenblock

Das leidige Thema Streckenblock in einem digitalen Umfeld verdient einen eigenen Abschnitt. Interessanterweise wird in den meisten Prospekten der grösseren Hersteller kaum darauf eingegangen. Dies trifft auch auf die meisten übrigen Publikationen zu. In der Regel heisst es lapidar, eine saubere Lösung gäbe es nur durch den Vollausbau mittels Computersteuerung. Selectrix hat eine simple Lösung parat mit einer Diode in der Zuleitung zur Schiene. Der Dekoder reagiert auf die fehlende Halbwelle. Der Nachteil dabei ist der Zusammenbruch der Fahrspannung, was natürlich Auswirkungen auf das Drehmoment hat. Lenz bietet einen Bremsgenerator an, welcher pro Anlage nur einmal installiert werden muss. Der Halteabschnitt wird jeweils bei rot dem Bremsgenerator zugeschaltet. Nachteilig ist das Risiko eines Kurzschlusses der Dateninformation beim Überfahren der Trennstelle. Ausserdem ist es bei beiden obgenannten Lösungen nicht möglich, mit einer Rangierlok in den gesperrten Bereich zu fahren. Sie würde genauso anhalten wie alle anderen Loks.

Eine elegante Lösung hat unseres Erachtens die Firma UMELEC mit ihren ATL Plus Dekodern gefunden. Hier wurde die Lösung des Problems kurzerhand in die Dekoder verlegt. Die asymmetrisch angeordneten Dioden in der Zuleitung zum Haltebereich bewirken eine leichte Verschiebung der Digitalspannung, solange der Signalkontakt offen ist (Signal auf rot). Sobald die Lok



auf eine solche Strecke fährt, decodiert der Lokdeko diese Asymmetrie und beginnt, sofern er auf Signalsteuerung geschaltet ist, abzubremsen bis die Lok stillsteht. Eine ausführliche Beschreibung des Systems kann auf der Homepage von UMELEC nachgelesen werden.

Diese einfache Lösung war auch der Grund für unsere Entscheidung, ausschliesslich diese Dekoder zu verwenden. Der zuverlässige Einsatz von rund hundert Dekoder über zwei Jahre bestätigt unsere Entscheidung ganz klar.

## 8. Ich habe mich für die Digitalisierung entschieden. Was nun?

Die nächste Entscheidung folgt sogleich. Man muss sich für ein Produkt entscheiden. Die erste Voraussetzung wird durch das Modelleisenbahnmaterial gegeben, welches man schon besitzt. Nicht immer ist es so, dass wir uns für den gleichen Hersteller entscheiden müssen,



welcher schon das Roll- und Gleismaterial geliefert hat. Massgebend für die Auswahl des digitalen Systems sind die Bauart der Motoren, die Baugrösse, die Ausbaubarkeit und die Zukunftsaussichten. Das Datenformat der einzelnen Systeme läuft sicherlich unter der Kategorie Zukunftsaussichten. Folgende Formate sind zur Zeit auf dem Markt:

DCC, Motorola, FMZ, Zimo, Selectrix, Salota und Conrad.

Die am weitesten verbreiteten Systeme sind das DCC-Format (Digital Command Control), welches heute von den meisten Herstellern angeboten wird, und das Motorola Format von Märklin. Das DCC-Format findet immer weitere Verbreitung und wurde durch die NMRA (National Model Railroad Association) in den USA standardisiert. Die europäische MOROP wird diese Standardisierung übernehmen. Das Motorola-Format hingegen ist ein reiner Industriestandard.

Im Klartext heisst das, dass ein Dekoder für das DCC-Format immer auf die gleiche Art zu Programmieren ist, egal von welchem Hersteller er kommt. Beim Industriestandard reicht es schon aus, wenn er das entsprechende Daten-Format versteht.

In der nachfolgenden Tabelle sind die verschiedenen Formate zusammen mit ihren entsprechenden Anbietern aufgeführt:

DCC	Lenz, Arnold, Digitrax, Fleischmann, LGB, Roco, Viessmann, Zimo, Uhlenbrock
Motorola (MM)	Arnold, Märklin, Uhlenbrock, Viessmann, Zimo
Selectrix	Selectrix, Uhlenbrock
FMZ	Fleischmann
Zimo	Zimo

In den nachfolgenden Tabellen werden die einzelnen Spurgrössen mit den von uns empfohlenen digitalen Systemen und Dekodern in Verbindung gebracht. Es müssen dabei nicht zwingend Dekoder und Kontrollgeräte vom gleichen Hersteller stammen

Spur	MM	MM Dekoder
H0 AC 3L	Märklin, Arnold	Arnold 81200 26x16x2.8mm 1500mA Märklin 6080 36x21x9mm 800mA ROCO 10738 25.5x17.5x6.4mm 100mA Uhlenbrock 75200 35x20x5mm 1200mA Uhlenbrock 75100 26.5x15x5mm 1000mA Uhlenbrock 754200 19x16x5mm 1000mA

Spur	DCC	DCC Dekoder
Z		Vergiss es!
N	Lenz, Digitrax	Lenz LE003XF 11x12x1.6mm 300mA Lenz LE010XF 14x9x3.8mm 500mA Lenz LE077XF 9.5x13.5x3.5mm 500mA Arnold 81210 15.5x11.5x3.5mm 750mA Arnold 81227 11.5x9x4.2mm 300mA Digitrax DZ121 14.6x9.2x4.1mm 1000mA
H0m H0 DC 2L H0 DC 3L	Lenz, Digitrax	UMELEC ATL2054 25x11.5x5mm 1200mA Lenz LE010XF 14x9x3.8mm 500mA Lenz LE077XF 9.5x13.5x3.5mm 500mA Lenz LE103XF 40.5x17x3.3mm 1000mA Lenz LE104XF 40.5x17x3.3mm 1000mA Lenz LE105XF 40.5x17x3.3mm 1000mA  Lenz LE110(1) 27.x17x7m 1000mA Lenz LE130(1) 27.x17x7m 1000mA  Lenz LE135 28.4x21x5.5mm 1300mA Digitrax DZ121 14.6x9.2x4.1mm 1000mA Digitrax DH121 26.7x17x6.4mm 1500mA Digitrax DH140U 26.3x16.8x6.3 1500mA Arnold 81200 26x16x2.8mm 1500mA
> H0	Lenz, Digitrax	UMELEC ATL2054 25x11.5x5mm 1200mA mit Verstärkermodul Digitrax DG380L 36.8x17x6.3mm 3500mA Lenz LE230 70x30x12mm 2500mA

Wir vom **sef** favorisieren ganz eindeutig die Lenz Produkte. Den grössten Vorteil sehen wir in der grossen Erfahrung auf diesem Gebiet, die weite Verbreitung und die Flexibilität der Produktpalette. Wir sehen einen Vorteil in der Trennung der einzelnen Module wie Leistungsverstärker, Zentrale und Handregler. Diese Vorteile bietet sicherlich auch das System Digitrax. Die Bedienung der Digitrax-Handregler ist aber sehr gewöhnungsbedürftig und die ganze Produkteserie wirkt in der Ausführung wie Prototypen.

Unser Favorit bei den Dekodern heisst ATL2054 Von UMELEC. Mit einer Grösse von 25x11.5x5mm passt dieser Dekoder in nahezu alle Fahrzeuge von H0m an aufwärts. Er entspricht dem aktuellen NMRA DCC Standard, bietet zusätzlich die erwähnte Streckenblocktauglichkeit, Diesel- und Dampfsound und liegt in Sachen Kosten im Mittelfeld. Ausserdem verträgt der Dekoder auch die unterschiedlichsten Motoren inklusive Glockenankermodelle. Für die Allstrommotoren (Märklin) bietet UMELEC eine spezielle Version an. Ausserdem gibt es eine Reihe von Zusatzmodulen, welche die Einsatzmöglichkeiten drastisch erweitert.

## 9. Multiprotokollfähige Zentralen

Multiprotokollfähige Zentralen wie z.B. die Intellibox von Uhlenbrock oder das Twin-Center von Fleischmann geben immer wieder Anlass zu Diskussionen. Aber ehrlich, wofür braucht man das? Von den Kosten her gesehen sind diese Geräte nahezu doppelt so teuer wie die Standardgeräte. Wenn heute ein Modellbahner in die digitale Welt einsteigt, dann sollte er sich für ein System entscheiden und konsequent dabei bleiben. Glaubt mir bitte, liebe Modellbahnfreunde, ein Mix



verschiedener Systeme bringt nur Probleme mit sich, auch wenn die Hersteller das Gegenteil behaupten. Erfahrungen aus der Klubanlage und auch aus der Computerwelt bestätigen dies.

Der einzige Verwendungszweck von solchen Zentralen kann ich mir überhaupt nur bei einer Klubanlage vorstellen, wo es vorkommen kann, dass ab und zu mal ein Mitglied ein besonderes Modell mitbringt.

Das Zusammenfügen des Motorola Formats von Märklin mit den anderen Systemen macht schon gar keinen Sinn, weil dieses System eben für Märklin 3Leiter Wechselstrom gedacht ist und somit deren Modelle mit der 2 Leiter Struktur nichts anfangen können.

Das Twin-Center von Fleischmann, übrigens fast baugleich wie die Intellibox, unterstützt das DCC-, das Selectrix- und selbstverständlich das FMZ-Format ab. Dieses Gerät macht grundsätzlich Sinn. Fleischmann beabsichtigt offenbar, seinen Kunden die DCC Welt zu eröffnen. Mittel- bis langfristig dürfte zu erwarten sein, dass Fleischmann komplett auf die DCC Seite hinüberwechselt. Mit dem Twin-Center und dem dazugehörigen Twin-Dekoder wird diese Welt eröffnet und gleichzeitig die volle Kompatibilität zum FMZ gewährleistet.

## 10. Kehrschleifenproblematik

Es ist eine irrije Auffassung, dass bei einem digitalen Steuerungs-System die Kehrschleife kein Problem mehr sein soll. Mit den Kehrschleifen hat man Probleme bei allen 2-Leiter Anlagen unabhängig der Stromart. Die meisten Hersteller bieten ein Kehrschleifenmodul in ihrer Produktpalette an. Das von Lenz angebotene Modul hat leider die versprochene Zuverlässigkeit nicht gebracht. Beim Einfahren in die Schleife sind bestimmte Züge mit einem Ruck kurz stehengeblieben und sind dann gemäss der eingestellten Beschleunigung wieder abgefahren.

Nach längerer Suche haben wir dann ein Produkt gefunden, welches auch so funktioniert wie es sollte. Es nennt sich KSM-D01 und wird durch AAA Modellbahntechnik AG hergestellt. Der Verdrahtungsaufwand ist zwar etwas höher, dafür funktioniert das Modul absolut zuverlässig.

## 11. Digitale Systeme und Oberleitung

Gemeint ist natürlich eine funktionsfähige Fahrleitung. Im Zusammenspiel mit einer digitalen Steuerung macht eine elektrisch betriebsfähige Oberleitung grundsätzlich keinen Sinn.

## 12. Mischbetrieb Konventionell/Digital

Der Einbau von Lokdekodern kann bei einem grösseren Fahrzeugpark schnell ans Bankkonto gehen. Deshalb stellt sich die Frage einer stufenweisen Einführung des neuen Systems.

Wie schon weiter oben erwähnt, ist die Möglichkeit, ein konventionelles Fahrzeug im digitalen Stromkreis zu betreiben ein reines Verkaufsargument der Hersteller. Wir raten davon ab. Es gibt unseres Erachtens nur die folgenden Möglichkeiten:

- Ausschliesslich digitaler Betrieb, noch nicht umgebaute bleiben in der Vitrine
- Die Anlage kann mit einem Schalter von digital auf analog umgeschaltet werden, es können jeweils nur digitale oder nur analoge Loks betrieben werden
- Zuerst alle Loks umbauen, anschliessend Anlage auf digital umstellen, alle digitalisierten Loks sind normalerweise in der Lage auf analogen Stromkreisen eingesetzt zu werden

Die Qualität der Fahreigenschaften der Fahrzeuge sind im digitalen- um so viel besser als im analogen Betrieb, dass es sich lohnt die erste Variante zu wählen.

## 13. Zu aller letzt: die Kosten

Angaben zu den Kosten zu machen macht wenig Sinn, da jeder Modellbahner jeweils andere Bedürfnisse hat. Teuer wird es, wenn das Bedürfnis für eine multiprotokollfähiges System besteht. Die technisch aufwendigeren Zentralen kosten nahezu das Doppelte der Standard Geräte.

Wie in anderen Bereichen gibt es bei einem digitalen System die sogenannten Fixkosten und die variablen Kosten. In den Fixkosten kann man die Zentrale, mindestens ein Verstärker oder Booster und mindestens ein Kontrollgerät dazuzählen. Dazu gehören auch die notwendigen Speisetransformatoren. Für jedes Gerät sollte ein eigener Transformator eingeplant werden.

Zu den variablen Kosten gehören sämtliche Zubehörmodule wie Funktionsdekoder, Rückmelder, Kehrschleifenmodule und nicht zu vergessen, die Lokdekoder.