

Schule zensiert

Grundkurs Informatik 1 (If Gk1)

Betreuender Lehrer / Fachlehrer: *zensiert*

Schuljahr: Q1 2021/22

Digitalisierung von Stellwerken – Ein vorteilhafter Wandel von Drucktasten zu Monitoren?

vorgelegt von

Joshua Zobel

Datum der Abgabe: 23.03.2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
1.1 Vorwort	3
1.2 Die Grundlagen	4
1.2.1 Konzerne	4
1.2.2 Die Mitarbeiter	4
1.2.3 Signale.....	5
1.2.4 Sonstige Begriffe	5
1.3 Historie.....	6
2. Die zu vergleichenden Stellwerke	7
2.1 Relaisstellwerk am Beispiel des Sp Dr S/L 60	7
2.1.1 Name	7
2.1.2 Einstieg in den Aufbau des Stellwerkstyp	7
2.1.3 Die Funktionsweise.....	8
2.2 Elektronische Stellwerke	9
2.2.1 Einführung	9
2.2.2 Die Zentralen	10
2.2.3 Äquivalenz der Relais zu Microcomputern	11
3. Das Fazit	12
Quellenverzeichnis.....	13
Anhang.....	15

1. Einführung

1.1 Vorwort

In der heutigen Zeit sind Stellwerke aus der Schieneninfrastruktur nicht mehr wegzudenken. Sie sind infrastrukturell eine der anspruchsvollsten Einrichtungen im Bahnwesen. Bereits seit ihrer Einführung sind sie für die Sicherung des Schienenverkehrs ausschlaggebend. Es gibt viele verschiedene Typen von Stellwerken. Zwei davon werden in dieser Arbeit vorgestellt. Hiernach wird beantwortet, welche Vor- und Nachteile die Ersetzung aller Relaisstellwerke durch elektronische Stellwerke bringt.

Beginnend wird fachspezifisches Vokabular erläutert, und eine Grundbasis für das Verständnis der Facharbeit gelegt. Hierzu wird die Stellwerksklasse der „mechanischen Stellwerke“ grob erläutert. Das benötigte Vorwissen wird schlicht gehalten, erschließt jedoch trotzdem sowohl grundlegende Bezeichnungen, welche sich auf alle Stellwerke beziehen lassen, als auch eine allgemeine Zusammenfassung von Signalen, vielmehr sogenannten „Signalbegriffen“ (auch „Signalbedeutungen“). Angemerkt sei, dass sich die Facharbeit ausschließlich auf den Betrieb der DB Netz AG, bzw. auf die Richtlinien und Dienstvorschriften der Infrastruktur des genannten Konzerns als Tochterunternehmen der Deutschen Bahn AG bezieht, und somit nur die Situation in Deutschland widerspiegelt. Außerdem werden viele Signale ausgelassen. Hierzu gehören zum größten Teil alle rangierbezogenen Signale, aber auch für diese Arbeit irrelevante Signale, wie zum Beispiel die Gruppen der „Nebensignale“ und Teile der „Zusatzsignale“. Neben den Auslassungen bei Signalen werden unter anderem Stellwerkstypen der Klasse „Kraftstellwerke“ und „Elektromechanische Stellwerke“ nicht näher erläutert. Eher wird das Hauptthema genauer mit dem allgemeinen Nutzen, sowie der oberflächlichen Funktionsweise von Stellwerken eingeführt und wird folgend repräsentativ an den Typen „Sp Dr S60“ bzw. „Sp Dr L60“, welche zu den sogenannten „Relaisstellwerken“ gehören, als Fokus und Schwerpunkt dieser Arbeit erläutert. Die im Titel angesprochenen Drucktasten stellen bei den Relaisstellwerken eines der wichtigsten Komponente dar. Innerhalb der artbezogenen Darstellung der beiden Stellwerksarten wird neben dessen ebenfalls das grobe Prinzip der Relais erklärt. Angekommen bei den elektronischen Stellwerken, welche nicht typenspezifisch, sondern allgemein aufgezeigt werden, werden Unterschiede zu den bereits erwähnten Relaisstellwerken erläutert. Hieraus folgt die

Bilanz, wann es sich lohnt, Relaisstellwerke durch elektronische Stellwerke zu ersetzen. Besonders interessant wird das Thema dadurch, dass Stellwerke trotz der hohen Sicherheitsleistung im Bahnverkehr meist völlig unbekannt sind, und nur als Verspätungsbegründung in den meisten Köpfen der Bahnfahrer festgesetzt sind. Das Ziel dieser Facharbeit ist es, dem Leser einen tiefen Einblick in die Kulissen der Bahnwelt, und gleichzeitig einen fachlichen und informativen Aufsatz zu liefern. Aufklären soll diese Facharbeit dabei über die Komplexität von Stellwerken, während unterdessen durch den Vergleich der beiden Stellwerksarten ein Auszug aus der informatischen Entwicklung von physischen Hebeln, über leuchtende Gleisbildtische mit gewaltigen Relaisanlagen, hin zu digitalen, elektronischen Betriebszentralen aufgezeigt werden soll.

Es sei gesagt, dass diese Facharbeit nicht für Bildungszwecke zu benutzen ist. Viele Details und Ausnahmen, vor allem im Kapitel 1.2, werden zum Verständnis nicht erwähnt.

1.2 Die Grundlagen

1.2.1 Konzerne

Die DB Netz AG (auch DB Netze) ist ein Eisenbahninfrastrukturunternehmen (kurz EIU). Sie ist ein Tochterunternehmen der DB (Deutsche Bahn AG, deutscher Eisenbahnkonzern), und ist zuständig für Bau und Betrieb von Stellwerken.¹

Die Deutsche Reichsbahn war die Staatsbahn in der sowjetischen Besatzungszone; die Deutsche Bundesbahn die der Bundesrepublik Deutschland. Sie fusionierten am 05.01.1994 zur Deutschen Bahn AG.²

1.2.2 Die Mitarbeiter

Fahrdienstleiter, kurz „Fdl“, sind Mitarbeiter der DB Netz AG, die aus einem Stellwerk oder einer Betriebszentrale die Sicherung der Fahrwege für den Schienenverkehr fernsteuern. Er stellt Fahrstraßen (s. Kapitel 1.2.4) und gibt gegebenenfalls Befehle an die Triebfahrzeugführer. Ohne deren Mitwirkung und Zustimmung darf keine Zugfahrt durchgeführt werden.³

¹ vgl. Nicole Knapp (2019)

² vgl. Tagesspiegel (2019)

³ vgl. Bayrischer Rundfunk (2020)

Der Beruf Triebfahrzeugführer, kurz „Tf“, werden in der Alltagssprache „Lokführer“ bezeichnet. Sie befolgen den Anweisungen der Fahrdienstleiter, und steuern die Züge aus dem Zug.⁴

1.2.3 Signale

Folgend werden vereinfacht die Signalbilder, also Zustände von Signalen erläutert. Die Richtlinie 301 (RIL 301) der Deutschen Bahn, umfasst ungefähr 25 Signalgruppen.⁵ In Bezug auf das Thema dieser Facharbeit sind nur drei von besagten Gruppen relevant: Hauptsignale, Vorsignale und Zusatzsignale. Die Signalbegriffe für Geschwindigkeitsbegrenzungen werden nicht erklärt.

Signale werden offiziell als „[...] ortsfeste signaltechnische Einrichtungen [...]“⁶ bezeichnet. Hauptsignale zeigen an, ob der anschließende Gleisabschnitt befahrbar ist. Zu jedem Hauptsignal gehört jeweils ein Vorsignal. Diese stehen in der Regel im Bremswegabstand von 1000m vor dem Hauptsignal, und zeigen das zu erwartende Signalbild. Stark zusammengefasst gibt es die Signalbilder „Hp0“, „Hp1“, und „Hp2“, wozu jeweils „Vr0“, „Vr1“ und „Vr2“ gehören. Hp0-2 sind die Signalbilder der Hauptsignale, Vr0-2 die, der Vorsignale.^{7/8}

Das Signalbild Hp0, zu erwarten durch Vr0, gibt dem Tf den Befehl, den Zug vor jenem Hauptsignal zu stoppen. Der Gegensatz, Hp1, zu erwarten durch Vr1, gibt die Berechtigung zur freien Fahrt. Hp2 und Vr2 gehören zu den Signalbegriffe für Geschwindigkeitsbegrenzungen.⁹

1.2.4 Sonstige Begriffe

Ein Fahrweg ist der für den Zug vorgesehene, über Weichenanlagen laufende Weg. Dieser wird oft im Fahrplan des Zuges definiert, kann aber durch den Fdl vom Fahrplan abweichen.

Die Fahrstraße, kurz „FS“, ist der durch Signaltechnik gesicherte Fahrweg. In der Fachsprache werden Fahrstraßen „gelegt“. ¹⁰

⁴ vgl. Dr. Richard Lutz (2022)

⁵ vgl. Thomas Richter (2019)

⁶ Thomas Richter (2019): S. 39

⁷ vgl. Thomas Richter (2019): S. 18, S. 47-52, S. 71-79

⁸ vgl. Erich Preuß (2012) (2): S. 16-20

⁹ vgl. Thomas Richter (2019): S. 73-80, 83f.

¹⁰ vgl. Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 105-107

Die Gleisfreimeldeanlage meldet durch Sensoren am Gleis und am Fahrzeug, ob der jeweilige Gleisabschnitt besetzt ist oder nicht. Dies geschieht durch elektrische Impulse von der Gleisfreimeldeanlage hin zu den dazugehörigen Relais.¹¹

Als Weichenselbstlauf oder Weichenlaufkette wird die Suche eines Fahrweges durch elektrische Ströme bezeichnet.¹²

Außenanlagen werden alle Anlagen außerhalb des Stellwerks bezeichnet. Hierzu gehören also zum Beispiel Weichen, Signale, aber auch Gleisfreimeldeanlagen.¹³

PZB steht für „Punktförmige Zugbeeinflussung“. Als eine der wichtigsten Sicherungseinrichtungen, prüft die am Gleis befestigte Außenanlage durch Sensoren am Gleis und am Zug verschiedene Dinge, und bremst zum Beispiel Züge durch Magneten ab.¹⁴ Ein Beispiel für die Gleisfreimeldeanlage und die PZB findet sich in Kapitel 2.1.3.

1.3 Historie

Die Relaisstellwerke entstanden noch vor der Gründung der Deutschen Bahn. Der Vorgänger, die sogenannten mechanischen Stellwerke, in denen die Weichen per Hand über Kabel und Hebel oder Kurbeln gestellt werden mussten, waren zu umständlich und anstrengend für viele Fahrdienstleiter. Anfangen wurde der Wandel hin zu den Relaisstellwerken durch das hinzufügen sogenannter Gleistafeln. Diese zeigen den Stellwerksbereich in Form eines vereinfachten „Spurplans“, also einer Darstellung der Fahrstraßenlogik an. Besetzte Gleisabschnitte wurden durch farbige Meldelampen von den nicht-beleuchteten freien Gleisabschnitten hervorgehoben. Züge wurden durch rote Beleuchtungen angezeigt. Der Ausblick auf die Schienen, welcher zum Beispiel durch Unwetter reduziert wurde, war hiermit nicht mehr ausschlaggebend für die Sicherstellung des Schienenverkehrs. Nach einiger Zeit wurden diesen Gleistafeln dann die sogenannten Drucktasten hinzugefügt. Gleistafeln wurden entweder als Pult, auch genannt Stelltisch, oder als Wandtafel aufgestellt. Diese haben die vorherigen Hebel endgültig ersetzt. Erst nach dieser Ersetzung wurden von Zeit zu Zeit auch Relaisanlagen gebaut. Hiermit wurde der Begriff „Relaisstellwerk“ ins Leben gerufen. Er wurde durch seine

¹¹ vgl. Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 36

¹² vgl. Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 109

¹³ vgl. Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 17

¹⁴ vgl. Ursula Eickhoff (2016): S. 1

Auszeichnung der Drucktasten aber auch schnell wieder durch „Drucktastenstellwerk“ ersetzt. Durch die neu erfundenen Relais konnten dann auch die letzten Sicherheitslücken behoben werden. Wie diese beiden Komponenten genau funktionieren, wird in den nächsten Kapiteln genauer beschrieben. Im Zuge der Technifizierung und Digitalisierung des 20. Jahrhunderts, wurden dann Tafeln durch Monitore, und Relaisanlagen durch Prozessrechner und Microcomputer ersetzt.^{15/16/17} Diese werden auch in dieser Facharbeit näher erläutert.

2. Die zu vergleichenden Stellwerke

2.1 Relaisstellwerk am Beispiel des Sp Dr S/L 60

Gewählt wurde dieser Stellwerkstyp, da er am häufigsten unter den Relaisstellwerken bzw. Gleisbildstellwerken vorkommt.¹⁸

2.1.1 Name

Der Name setzt sich aus den Teilen „Sp“, „Dr“, „S“ bzw. „L“ und „60“ zusammen. Sp steht hier für den im letzten Kapitel angesprochenen Spurplan, Dr für die Drucktasten. Die Stellwerke der Firma Siemens AG haben darauffolgend den Buchstaben „S“, die der Firma Standard Elektrik Lorenz AG (heute: Thales) den Buchstaben „L“ erhalten. Die 60 steht für das Abschlussjahr der Entwicklung 1960. In der Relaistechnik waren auch nach Anpassungen auf Anfrage der Deutschen Bundesbahn Unterschiede zwischen den beiden Unternehmen. Die Bedienoberfläche war vom Aufbau allerdings vereinheitlicht worden.¹⁹

2.1.2 Einstieg in den Aufbau des Stellwerkstyp

In diesem und folgendem Kapitel werden die stellwerksspezifischen Grundlagen gelegt. Fachbegriffe werden kurz erläutert, der Zusammenhang möglicherweise erst im Nachhinein.

¹⁵ vgl. Erich Preuß (2002): S. 7-98

¹⁶ vgl. Erich Preuß (2007): S. 20-148

¹⁷ vgl. Erich Preuß (2012) [1]: S. 30-108

¹⁸ s. Holger Kötting (2020), Anhang III

¹⁹ Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 15

Stellwerke sind immer unterschiedlich aufgebaut, trotz dessen sind immer die gleichen Anlagen verbaut. Hierbei gibt es den Notversorgungs- und Batterie Raum, die Stromversorgungsanlage, den Relaisraum und den Bedienungsraum.²⁰ Alle Interaktionen zwischen den verschiedenen Anlagen, sowie zwischen Stellwerk und Außenanlagen, also zum Beispiel Signale und Weichen, finden durch Elektronik statt.²¹

Die Oberfläche des Stelltisches besteht aus Tischfeldern. Diese sind in jenem Stellwerktyp 34 x 54 mm groß.²² Ein Tischfeld repräsentiert hierbei immer eine Außenanlage, ein Gleisabschnitt oder ein Zählwerk (siehe Anhang I). Das gesamte Stellpult stellt hier den vereinfachten Spurplan wieder.

In der Regel besitzen alle Tischfelder der Außenanlagen mindestens eine Drucktaste. Genannt werden diese Innentasten. Im Gegensatz dazu stehen die Außentasten, welche meist Gruppentastenblöcke sind. Gruppiert nach Signalen, Weichen, Fahrstraßen, Gleisfreimeldeanlagen und Bahnübergangssicherungseinrichtungen, werden Drucktasten und Zählwerke außerhalb des vereinfachten Lageplans angebracht.²³

2.1.3 Die Funktionsweise

Um Vorgänge im Stellwerk durchführen zu können müssen immer zwei Tasten gedrückt werden. Dies stellt sicher, dass keine unbeabsichtigten Aktionen passieren. Außerdem springen die Drucktasten automatisch nach fünf Sekunden durch Federn wieder zurück in die Grund- bzw. Ruhestellung.

Ein Relais ist eine physikalische Komponente, welches nach einem elektrischen Impuls durch bestimmte Elektromagnetische Abläufe, auf welche nicht näher eingegangen wird, einen Stromkreis öffnet oder schließt. Wichtig zu erwähnen ist allerdings, dass Relais, durch welche Strom fließt, von Federn in die Grundposition zurückfällt, sobald der Stromfluss beendet wird.²⁴ ausschlaggebend ist dies, da zum Beispiel Signale automatisch auf Hp0 springen, wenn die Gleisfreimeldeanlage oder die PZB einen Zug im Gleisabschnitt feststellt.

²⁰ Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 20

²¹ Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 17

²² Stephan Weber (2005)

²³ Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 23-35

²⁴ Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 36

In einer Relaisanlage herrscht eine Gruppierung nach den verschiedenen Anlagen und Gruppierungen, welche auch auf dem Stelltisch zu finden sind. Bezeichnet werden diese Gruppe als „betriebliche Einheit“. Eine dieser Einheiten besteht aus kleinen Transformatoren, Kondensatoren, Widerständen, Sicherungen und den Relaisgruppen. In den Relaisgruppen lassen sich die zu der jeweiligen Einheit gehörigen Relais finden. Alle Relais sind durch Spurkabel verbunden. Die genaue Verkabelung und Interaktionen der Relais geschieht durch das Fachpersonal und ist daher hier nicht zusammenzufassen.²⁵

Eingeleitet werden Schaltabläufe durch den Fahrdienstleiter.²⁶ Als Beispiel wird eine Fahrstraße gelegt. Der Fahrdienstleiter betätigt die gewünschten Signaldrucktasten, woraufhin diese elektrischen Impulse an die dazugehörigen Relais senden. Durch die Verkabelungen und Außenanlagen wird nun geprüft, ob der Fahrweg unbesetzt, und die Fahrstraße zulässig ist. Sollte die Fahrstraße nicht möglich sein, springen die Drucktasten zurück in ihre Grundstellung. Wenn diese beiden Bedingungen allerdings zutreffen, wird mithilfe des Weichenselbstlaufs der Fahrweg gesucht, und folgend die benötigten Weichen gestellt. Sobald die Weichen fertig gestellt sind, wozu auch der Flankenschutz gehört, springt das zugehörige Signal auf Hp1 in Kombination mit Vr0, da ab dem nächsten Signal keine Fahrstraße liegt, und jenes Signal somit Hp0 zeigt.^{27/28}

2.2 Elektronische Stellwerke

2.2.1 Einführung

Erst richtig ausgenutzt wurden die Vorteile von elektronischen Stellwerken mit der Einführung von Betriebszentralen.²⁹ Wo vorher die Reichweite von Stellwerk zu Außenanlage auf wenige Kilometer begrenzt war, stellten die elektronischen Stellwerke eine wesentlich fernere Reichweite zur Verfügung.³⁰ Diese konnten über Datenleitungen andere Bereichsstellrechner, also Stellrechner die selbst mehrere Kilometer entfernt waren, ansteuern.³¹ Nach langen Verhandlungen zwischen den interessierten Parteien, also dem Zentralamt der Deutschen Bundesbahn als Auftragsgeber, sowie AEG-Telefunken, Siemens und Standard Elektrik Lorenz

²⁵ Erich Preuß (2007): S. 104

²⁶ Bahn Fachverlag GmbH (2012): S. 36

²⁷ Bahn Fachverlag GmbH (2012): S.61, S. 107-114

²⁸ Thomas Richter (2019): S. 18, S. 50-52

²⁹ Erich Preuß (2007): S. 128

³⁰ vgl. Erich Preuß (2007): S. 94-95, S. 130, S. 133-134

³¹ vgl. Erich Preuß (2007): S. 133-134

(SEL) als Erforscher der Stellewerksart, starteten die Proben der Stellwerke. Die Verhandlungen sahen vor, die Mindestsicherheit höher anzusetzen, als die Relaisstellwerke als Vorgänger sicherstellen konnten. So sollte vermieden werden, dass Fehler in den Computern fatal enden.

Die Bedienoberfläche der elektronischen Stellwerke bestehen nun aus einer Dateneingabetastatur oder einem Bedientablett, einem Monitor mit dem gesamten Stellbereich, mindestens ein Monitor mit einer vergrößerten Ansicht eines ausgewählten Bereiches, einem Kontrollmonitor, einem Protokoll- und Störungsdrucker, einer Kommandofreigabe-Taste und weiteren Bedienungseinrichtungen. Des Weiteren wurden die Relaisanlagen durch eine zentrale Verarbeitungseinheit ersetzt.³²

Die einzelnen Komponenten werden aufgrund der Komplexität nicht exakt erläutert, grob lässt sich allerdings sagen, dass die Monitore den Stelltisch repräsentieren, und im Kontrast nicht durch Drucktasten, sondern die genannten Bedienelemente gesteuert wird.

2.2.2 Die Zentralen

Mit der Einführung von elektronischen Stellwerken, und damit auch Datenkabel usw., wurden zentrale Stellwerke, also Betriebszentralen immer häufiger.^{33/34} In diesen saßen nun die zuständigen Fahrdienstleiter, welche dort die Bedienoberflächen betätigten, aber auch andere Abteilungen wie zum Beispiel der Leitung von DB Regio, dem Tochterunternehmen der DB, als zuständige für den Regionalverkehr.³⁵ Die dispositive Leittechnik in der Steuerzentralentechnik brach die Befehle der dort angestellten Fahrdienstleiter dann in die unterschiedlichen Unterzentralen auf. Diese befanden sich auswärts, und waren ebenfalls elektronische Stellwerke. Allerdings waren diese nicht besetzt. Sollte die Betriebszentrale ausfallen, konnten die Unterzentralen trotz dessen besetzt und gesteuert werden. Von den Unterzentralen werden die Befehle gegebenenfalls nochmal aufgebrochen. Befehle konnten durch Bedien-Anpassrechner aber auch zu Relaisstellwerken weitergeleitet werden.^{36/37}

³² vgl. Erich Preuß (2007): S. 128-134

³³ vgl. Erich Preuß (2002): S. 91-98

³⁴ vgl. Erich Preuß (2007): S. 144-146

³⁵ vgl. Thomas Seim (2012)

³⁶ vgl. Erich Preuß (2012) (1): S. 112

³⁷ vgl. Erich Preuß (2007): S. 140-141

2.2.3 Äquivalenz der Relais zu Microcomputern

Die Relais wurden durch Mikrocomputer ersetzt. Da nicht nachgewiesen werden konnte wie sicher diese sind, wurde folgend nach zwei Prinzipien gearbeitet. Das erste, welches von Siemens benutzt wird, nennt sich „2v2-Prinzip“. Hier werden die Befehle parallel durch zwei baugleiche Rechner, welche die Relaisgruppen widerspiegeln, geleitet. Umgesetzt wurde der Befehl erst, wenn er durch beide Rechner gleich bewertet wurden. Sollte ein Rechner der beiden ausfallen, gab es bei Siemens immer noch eine Ausfallschutzeinheit. Bei AEG-Telefunken- und SEL-Stellwerken wurde nach dem „2v3-Prinzip“ gearbeitet. Der Befehl ging durch drei Rechner. Mindestens zwei davon mussten das gleiche Ergebnis liefern, dass der Befehl ausgeführt wird. Beim Ausfall einer der drei Rechner, funktionierte das System dementsprechend nach dem 2v2-Prinzip, allerdings ohne die Schutzeinheit.^{38/39/40}

Mit der vielen neuen Komponente, welche durch qualifiziertes Fachpersonal gewartet werden musste, waren hohe Kosten verbunden. Genaue Werte sind nicht bekannt.⁴¹

³⁸ vgl. Erich Preuß (2012) (1): S. 108-109

³⁹ vgl. Erich Preuß (2007): S. 135-136

⁴⁰ vgl. Erich Preuß (2002): S. 86-88

⁴¹ vgl. Erich Preuß (2002): S. 86

3. Das Fazit

Nun stellt sich die Frage, ob das elektronische Stellwerk wirklich die Zukunft der Stellwerkstechnik ist. Die Antwort ist ganz klar: ja! Anhand von drei Bereichen wird die Antwort im Folgenden belegt: Der allgemeinen Vorteile, der Sicherheit bzw. die Gewährleistung von Betrieb und der Kostenfrage.

Zu den allgemeinen Vorteilen gehört natürlich die Reichweite. Elektronische Stellwerke können sehr viel weitreichendere Bereiche kontrollieren, und sogar andere Stellwerke fernsteuern. Dispositionstechnisch ist das ein großer Vorteil im Hinblick auf Zentralisation.

Der Sicherheitsaspekt ist da schon etwas komplexer. Die durch Microcomputer ersetzten Relais sind immer in die Grundstellung zurückgesprungen, und gewährleisteten so die Sicherheit. Ohne diese Relais wurde nun mit dem 2v2- und dem 2v3-Prinzip versucht dies zu ersetzen, was auch gelungen ist. Auch die Sicherheitsvorkehrungen der beiden Stellwerke sind gespiegelt und sichergestellt. Bei den Relaisstellwerken sind es die Relaisgruppen, die durch physische Verkabelungen die Eingaben prüfen, bei den elektronischen Stellwerken sind dies die Microcomputer und die digitalen Prüfungen, die dafür sorgen, dass Eingaben umgesetzt werden. In Bezug auf den Fluss des Betriebes ist hier entscheidend, dass bei einem Ausfall in der Betriebszentrale Vorkehrungen getroffen sind, um den Bahnbetrieb weiter laufen zu lassen, also zum Beispiel der dritte Rechner im 2v3-Prinzip. Bei den Relaisstellwerken war im Falle eines Ausfalls nur die Notfallstromversorgung als eine solche Vorkehrungen vorhanden.

Die Kostenfrage ist schwer zu beantworten, und sollte auch eher eine Frage des zuständigen Konzerns sein, ob es sich für diese lohnt oder nicht. Für die DB bin ich allerdings der Meinung, dass trotz der hohen Kosten, die Sicherstellung für den laufenden Bahnbetrieb hier ausschlaggebend sind. Außerdem benötigt es an modernen Technologien, um auf dem Weltmarkt mithalten, welche die elektronischen Stellwerke bieten. Eine Ersetzung der Relaisstellwerke ist wegen der Bedien-Anpassrechner überhaupt nicht nötig, wodurch der Umstieg selbst auf Ebene der Unterzentralen nicht so viele Kosten mit sich bringen, wie der eigentliche Umbau oder Neubau der Betriebszentrale.

Zusammenfassend ist die Frage also auf jeden Fall damit beantwortet, dass elektronische Stellwerke die Zukunft sind.

Quellenverzeichnis

Internetquellen: Eingetragene*r Autor*en / Impressum (Anstalt bzw. Auftraggeber)
(Erscheinungsjahr) [Kennziffer Quellenordner]: Titel – Link (Zugriff)

Monographien: Autor / Herausgeber (Erscheinungsjahr) (Kennziffer bei gleichem Autor und
Erscheinungsjahr): Titel. Erscheinungsort: Verlag, Auflage

*** Der Quellenordner ist in dieser Veröffentlichung nicht mit enthalten. Dieser bestand aus
den abgespeicherten Websites, als Archiv der Quellen.*

Erich Preuß (2007): So funktionieren Eisenbahn-Stellwerke. Stuttgart: transpress Verlag. 1.
Auflage

Erich Preuß (2012) (1): Stellwerke deutscher Eisenbahnen. Stuttgart: transpress Verlag. 1. Auflage

Erich Preuß (2012) (2): Signale deutscher Eisenbahnen. Stuttgart: transpress Verlag. 1. Auflage

Erich Preuß (2002): Stellwerke. Stuttgart: transpress Verlag. 1. Auflage

Ursula Eickhoff (Deutsche Bahn AG) (2016) [1]: Themendienst – Zugbeeinflussungssysteme bei
der Bahn -
https://www.deutschebahn.com/resource/blob/267242/677e4ac02da37a6f81849c17b910dfc/themendienst_zugbeeinflussungssysteme-data.pdf . (Zugriff 20.02.2022)

Thomas Richter (DB Netz AG) (2019) [2]: Richtlinien 301 – Signalbuch, Aktualisierung 11 -
https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/4636190/319305675bc9fb23f75221e1d647a172/rw_301_aktualisierung_11-data.pdf . (Zugriff 20.02.2022)

Nicole Knapp (Deutsche Bahn AG) (2019) [3]: Mit Weitsicht Zukunft planen:
https://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/unternehmen/db_netz_ag/wirueberuns-1368710
(Zugriff 20.02.2022)

Holger Metschulat (2006) [4]: Signalsysteme Deutschland – Zusatzsignal –
<http://stellwerke.de/signal/deutsch/zs.html> (Zugriff 20.02.2022)

Thomas Wüpper (Der Tagesspiegel) (2019) [5]: Die mühsame Wiedervereinigung der Bahn - <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/bundesbahn-und-reichsbahn-die-muehsame-wiedervereinigung-der-bahn/25202580.html> (Zugriff 12.03.2022)

Intendantin Dr. Katja Wildermuth (Impressum; Gesetzliche Vertreterin BR) (Bayrischer Rundfunk) (2020) [6]: Weichen und Signale - <https://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/ich-machs/im-fahrdienstleister100.html> (Zugriff 20.02.2022)

Dr. Richard Lutz (Impressum; Vorstandsvorsitzender) (Deutschen Bahn AG) (2022) [7]: Traumberuf Lokführer – wir sorgen für die Fort- und Ausbildung - <https://www.db-training.de/dbtraining-de/Leistungen/Aus-Fortbildung/Fahrzeugfuehrer/Traumberuf-Lokfuehrer-wir-sorgen-fuer-die-Fort-und-Ausbildung-3134148> (Zugriff 16.03.2022)

Bahn Fachverlag GmbH in Kooperation mit DB Training, Learning & Consulting (Hrsg.), Dirk H. Ender (Autor), Ferdinand Hein (Autor) (2012): Sp Dr 60-Stellwerke bedienen. Der Regelbetrieb. Berlin: Bahn Fachverlag GmbH. 4., überarb. und erw. Auflage

Stephan Weber (2005) [8]: Bauformen und Unterscheidungsmerkmale – Gleisbildstellwerke - http://www.stellwerke.de/formen/seite2_m.html#:~:text=Die%20Stellwerke%20Dr%20I%20bis,Stelltische%20mit%20den%20kleineren%20Feldern. (Zugriff 17.03.2022)

Holger Kötting (2020) [10]: Statistik - http://stellwerke.de/liste/seite3_s.html (Zugriff 19.03.2022)

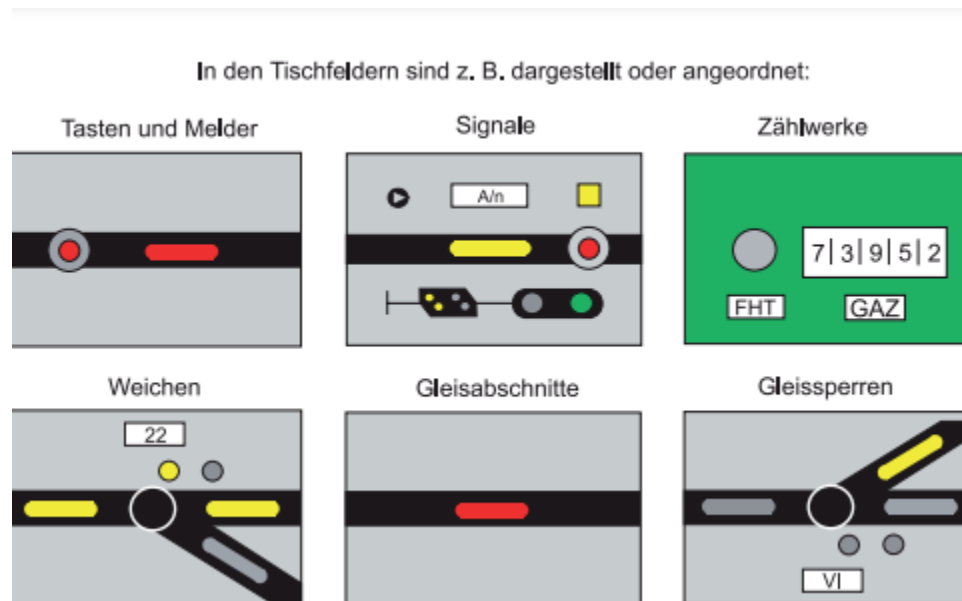
Thomas Seim (Impressum; inhaltlich Verantwortlicher) (Neue Westfälische) (2012) [11]: In der Betriebszentrale Duisburg steuert die DB den Regionalverkehr in Ostwestfalen-Lippe - https://www.nw.de/nachrichten/thema/6671215_In-der-Betriebszentrale-Duisburg-steuert-die-DB-den-Regionalverkehr-in-Ostwestfalen-Lippe.html (Zugriff 20.03.2022)

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang I: Kapitel 2.1.2 – Beispiele für Tischfelder	15
Anhang II: Kopie des relevanten E-Mail-Textes; Genehmigung der Benutzung von Anhang I...	16
Anhang III: Kapitel 2.1 – Statistik zum Vorkommen von Stellwerkstypen	16
Anhang IV: Abkürzungsverzeichnis	17
Anhang V: Selbstständigkeitserklärung.....	17
Anhang VI: Individueller Arbeitsplan	18

Anhang I: Kapitel 2.1.2 – Beispiele für Tischfelder



Quelle: Dirk H. Enders/Ferdinand Hein (2012): Abbildung „Abb. 2-1: Bedien- und Anzeigeelemente in den Tischfeldern“, S. 23, aus: Bahn Fachverlag GmbH in Kooperation mit DB Training, Learning & Consulting (Hrsg.), Dirk H. Ender (Autor), Ferdinand Hein (Autor)

(2012): Sp Dr 60-Stellwerke bedienen. Der Regelbetrieb. Berlin: Bahn Fachverlag GmbH. 4., überarb. und erw. Auflage

Eine Kopie der schriftlichen Genehmigung zur Verwendung der Grafik findet sich im folgenden Anhang.

Anhang II: Kopie des relevanten E-Mail-Textes zur Genehmigung der Benutzung von Anhang I

Quelle: E-Mail-Korrespondenz mit Bahn Fachverlag GmbH, durch *Name zensiert* vertreten.

Die gesamte E-Mail befindet sich als PDF-Datei im Quellenordner unter der Verzeichnisnummer 9. Eine Kopie des relevanten Auszuges:

Sehr geehrter Herr Zobel,

[...]

Anbei finden Sie die angefragte Abbildung 2-1 aus dem DB-Fachbuch zur Verwendung in Ihrer Facharbeit über Stellwerke, die Sie als Schüler des *Schule zensiert* erstellen.

[...]

Anhang III: Kapitel 2.1 – Statistik zum Vorkommen von Stellwerkstypen

Quelle: Holger Kötting (2020) [10]: Statistik - http://stellwerke.de/liste/seite3_s.html

Aufgrund der Größe der Statistik wurde Sie dem Anhang nicht beigelegt. Eine Kopie der Website befindet sich vom Zeitpunkt der Benutzung im Quellenordner unter der Verzeichnisnummer 10.

Anhang IV: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
DB	Deutsche Bahn AG – Eisenbahnkonzern
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
DB Netz AG / DB Netze	Tochterkonzern / EIU der DB
Fdl	Fahrdienstleiter – s. Kapitel 1.2.1
Tfzf	Triebfahrzeugführer – Lokführer – s. Kapitel 1.2.1
RIL 301	Richtlinie 301 (Signalbuch der DB)
Hp0, Hp1, Hp2, Vr0, Vr1, Vr2, Zs1, Zs2, Zs3, Zs3v	verschiedene Signalbegriffe – s. Kapitel 1.2.2
FS	Fahrstraße – s. Kapitel 1.2.4
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung – s. Kapitel 1.2.4
SEL	Standard Elektrik Lorenz

Anhang V: Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit/ den Teil der Gruppenarbeit eigenständig verfasst, keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt und die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe. Das Gleiche gilt auch für beigegebene Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen. Anfang und Ende von wörtlichen Textübernahmen habe ich durch An- und Abführungszeichen, sinngemäße Übernahmen durch direkten Verweis auf die Verfasserin oder den Verfasser gekennzeichnet.

Ort zensiert, 20.03.2022

Joshua Zobel