

# Sicher versorgt – Die Entwicklung der Stellwerksenergieversorgung

Der technische Fortschritt führte immer wieder zur Entwicklung neuer Stellwerksgenerationen. Durch technische Weiterentwicklungen veränderten sich auch die Anforderungen, die Struktur und der Aufbau der Energieversorgungsanlagen, denn jede Stellwerksgeneration stellt ihre eigenen Anforderungen an die Elektroenergieversorgung.

## 1. ENERGIEVERSORGUNG IN DER EISENBAHSICHERUNGSTECHNIK

Elektrische Energieversorgungsanlagen (EV-Anlagen) der Bahnsicherungstechnik sind im Eisenbahnverkehr von entscheidender Bedeutung.

In den Anfangsjahren der Eisenbahn um 1830 waren noch keine zentralen Stellwerksanlagen vorhanden, die die Fahrwegsicherung technisch unterstützen konnten.

Später wurden die verteilten Stellelemente in sogenannten Signal- und Weichentürmen zentralisiert und mechanisch ferngestellt, um den Personal- und Kommunikationsaufwand zu verringern. Die ersten zentralen Bedienstellen (Zentralapparate, Stellwerke) ermöglichten nicht nur das Stellen von Signalen und Fahrwegelementen sondern beinhalteten auch die Implementierung von technischen Abhängigkeiten (z.B. Signalabhängigkeit) zwischen den an-

gesteuerten Außenanlagen. Das erste Stellwerk entstand in Deutschland 1867 nach englischem Vorbild [1, 2].

Mit der Zeit wurden die Stellwerke um elektrische Schaltungen zur Überwachung und Steuerung der Sicherungsfunktionen erweitert. Dazu wurden erstmals Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung benötigt. Diese Anlagen haben sich mit den zunehmenden Aufgaben in den verschiedenen Stellwerksgenerationen stark gewandelt und sollen im Folgenden näher beschrieben werden.

## 2. MECHANISCHE STELLWERKE

### 2.1. MECHANISCHE STELLWERKE OHNE ELEKTRISCH GESTEUERTE AUSSENANLAGEN

#### Einsatzbedingungen

Die ersten Stellwerke waren, wie deren Name



**Dipl.-Ing. Michael Kunze**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur für Verkehrssicherungstechnik, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, TU Dresden  
michael.kunze@tu-dresden.de

bereits verrät, zu einem großen Teil auf der Basis von mechanischen Abhängigkeiten entworfen worden. Signale und Weichen werden mechanisch über Gestänge bzw. Drahtzugleitungen gestellt. Die Realisierung der Abhängigkeiten zwischen den Elementen erfolgt mechanisch mittels Sperren und Verschlussstücken sowie über Schlüssel.

Im Laufe der Zeit wurden elektrische Zusatzeinrichtungen entwickelt und eingesetzt. So erfand Carl Ludwig Frischen im Jahr 1870 den Blockzeiger und 1871 den ersten Blockapparat [3]. Weitere elektrische Einrichtungen in diesen Stellwerken sind z. B.:

- Blockfelder (Gleich-/Wechselstrom),
- Signalhalt- und -fahrmelder, Spiegelfelder,
- Kuppelstromkreis der Signalflügel/scheiben,
- Einrichtungen zur Zugmitwirkung (Isolierte Schiene),
- elektrische Tastensperre und
- elektrische Schaltungen der Schlüssel-schalter.

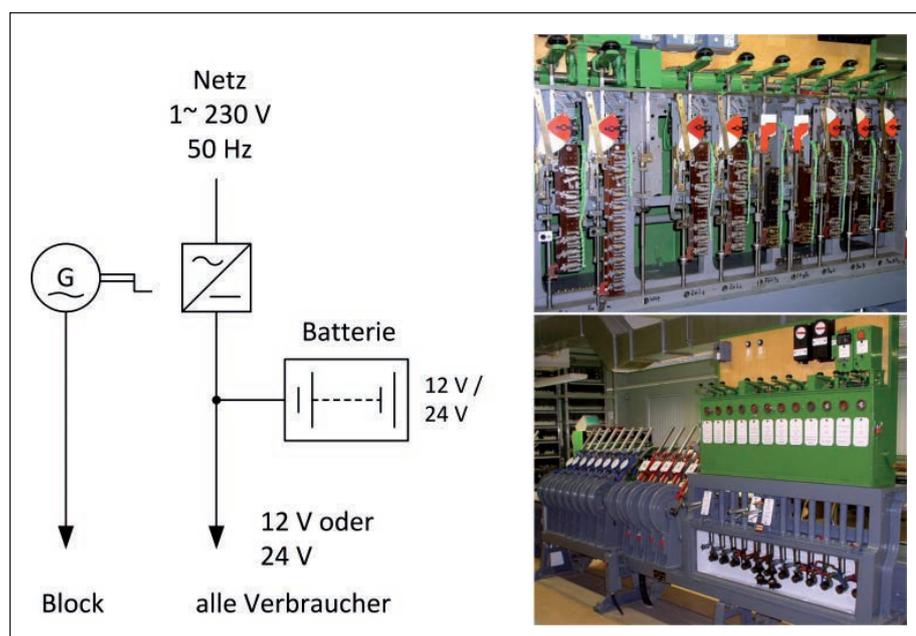
#### Aufbau der EV-Anlage

Die Wechselstromblockfelder werden mit einem in einem Kurbelinduktor selbsterzeugten Blockstrom mit einer Frequenz von ca. 12 Hz und einer Spannung von ca. 60 V betrieben und benötigen daher keine externe Energieversorgung [4].

Alle anderen Stromkreise werden mit 12 V oder 24 V Gleichspannung betrieben, der Aufbau der EV-Anlage erfolgt entsprechend der Skizze in Bild 1.

Je nach Stellwerksbauform werden dazu 12 V oder 24 V Gleichspannung benötigt.

**BILD 1:** Prinzip der Energieversorgung im mechanischen Stellwerk  
(beide Fotos: TU Dresden/Ulrich Maschek)



Anfangs wurden diese Anlagen über die bis 1930 verbreiteten Gleichstrom-Ortsnetze versorgt und geladen oder bei fehlendem Netzanschluss ausschließlich mit austauschbaren Primärelementen oder Bleiakkumulatoren versorgt. Für den Lade-/Entladebetrieb wurden mindestens zwei Batteriesätze benötigt, einen für den Betrieb und einen weiteren in Ladung. Der erhöhte Verschleiß führte zu einer geringen Lebensdauer der Batterien [5].

Heute wird die Spannung direkt aus einem Umformer/Gleichrichter erzeugt, der eingangsseitig mit Einphasenwechselspannung (1~ AC) 230 V aus dem öffentlichen Netz versorgt wird (Netzversorgung).

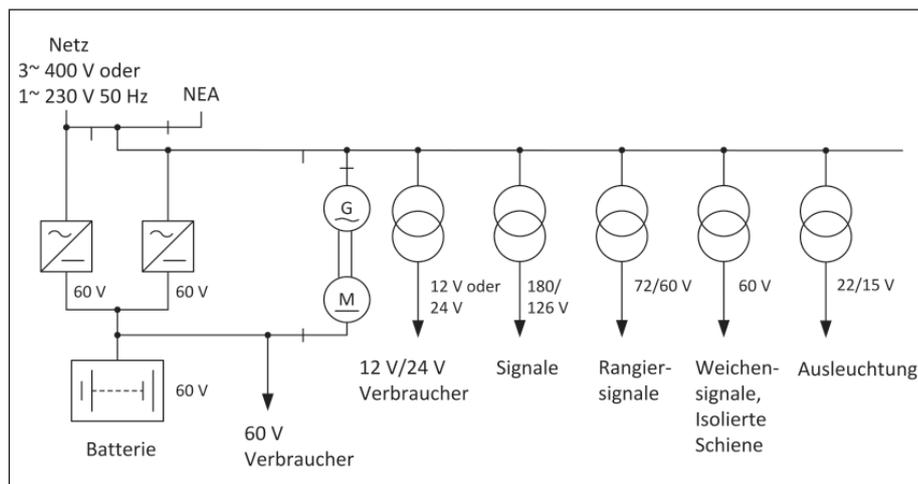
Ausgangsseitig ist eine parallelgeschaltete Stellwerksbatterie vorhanden, die durch den Gleichrichter (GR) geladen wird (Pufferbetrieb). Sie sorgt für eine unterbrechungsfreie Versorgung der Verbraucher und übernimmt die Ersatzversorgung bei Ausfall des Versorgungsnetzes (Kapazität für 24 h–48 h, [6]). Da keine Speiselücke auftritt, kann auf eine gesonderte Notversorgung verzichtet werden [4, 8].

Insgesamt ist der Aufwand für die EV-Anlagen dieser Stellwerke verhältnismäßig gering, da nur wenige Verbraucher und Stromkreise existieren [5]. Die Batterie besitzt eine Kapazität von etwa 15 bis 60 Ah ([7]). Es besteht die Möglichkeit mehrere mechanische Stellwerke an dieselbe Energieversorgung anzuschließen [9]. Bei elektrifizierten Strecken kann das allerdings zu problematischen Beeinflussungsspannungen führen.

## 2.2. MECHANISCHE STELLWERKE MIT ELEKTRISCH GESTEUERTEN AUSSENANLAGEN

### Einsatzbedingungen

Später wurden zu einigen mechanischen Stellwerken nachträglich weitere Elemente hinzugefügt, die eine zusätzliche Energieversorgung benötigen. Als Beispiel seien hier der Einsatz von Lichtsignalen anstelle der mechanisch ferngestellten Formsignale oder elektrische Weichenantriebe genannt. Das Ziel war dabei, die mechanische Übertragung durch eine wartungsarme und zuverlässigere elektrische Ansteuerung zu ersetzen. Im Zuge des Umbaus wurde die gesamte Überwachungsschaltung des Stellwerks auf 60 V Gleichspannung (DC) umgestellt [9]. Wurden elektrische Weichenantriebe eingesetzt, so geschah dies erst nach der Entwicklung der elektromechanischen Stellwerke mit ihren Gleichstromantrieben. Konstruktiv entsprechen diese nachgerüsteten Antriebe eher den Weichenantrieben in Relaisstellwerken.



**BILD 2:** Prinzip der Energieversorgung im mechanischen Stellwerk mit elektrischen Außenanlagen

### Aufbau der EV-Anlage

Die EV-Anlagen dieser Stellwerke sind entsprechend umfangreicher gestaltet, da weitere Verbraucher mit anderen Spannungen versorgt werden müssen (siehe Bild 2). Zudem wird nun meist eine gesonderte Not- und Ersatzversorgung benötigt.

Frühere Anlagen erhielten zwei 60 V-Batterien zur Versorgung der Lichtsignale mit 120 V DC Tagspannung (Reihenschaltung) und 60 V DC Nachtspannung (Parallelschaltung). Die Umschaltung erfolgt über die Schalttafel im Bedienraum [6].

Später erhielten die Anlagen in der Regel einen dreiphasigen (3~) Netzanschluss 3~ 400 V Wechselspannung (AC) 50 Hz oder 1~ 230 V AC 50 Hz und eine 60 V-Batterie. Diese wird über Gleichrichter geladen und dient als Ersatzspannungsquelle (im Bereitschaftsparallelbetrieb) für die 60 V DC-Verbraucher. Bei Netzausfall steht meist ein Anschluss für ein fahrbares Netzersatzaggregat (NEA) zur Verfügung. Da dieses aber nicht sofort vor Ort vorhanden ist, werden die Verbraucher durch einen Umformer 60 V DC auf 230/400 V AC 50 Hz versorgt. Die Batteriekapazität muss für einen mindestens fünfständigen Umformerbetrieb ausgelegt werden [8].

In Fällen, in denen Stellwerke nachträglich mit elektrisch gestellten Weichen ausgerüstet wurden, benötigt man im Unterschied zu der eben beschriebenen Anlage für die Energieversorgung einen Netzanschluss 3~ 400 V AC 50 Hz und einen Umformer 60 V DC auf 3~ 400 V AC 50 Hz. Über letzteren werden dann bei Netzausfall die Weichen aus der Batterie gespeist. Der Umformer wird bei Bedarf (Weichenumstellung) zu- und dann verzögert wieder abgeschaltet [8].

## 3. ELEKTROMECHANISCHE STELLWERKE

### 3.1. EINSATZBEDINGUNGEN

Im Gegensatz zu den mechanischen Stellwerken wurden elektromechanische Stellwerke mit einer deutlich größeren Zahl elektrischer Verbraucher konzipiert. Der Grund dafür ist, dass in diesen Stellwerken die Außenelemente generell nur noch elektrisch angesteuert und überwacht werden. Diese Tatsache führt zu einer deutlich komplexeren EV-Anlage. Neben einigen wenigen Wechselstromverbrauchern wird der überwiegende Teil der Verbraucher mit Gleichspannung versorgt [8].

Im Wesentlichen werden in elektromechanischen Stellwerken drei Spannungsebenen benötigt [8]:

- Stellspannung zum Stellen von Weichen, Signalen und Gleissperren,
- Überwachungsspannung für Relaisstromkreise sowie zur Überwachung der Außenelemente und
- Wechselspannung für Beleuchtung der Außenanlagen.

Die Höhe der Stell- und Überwachungsspannung unterschied sich je nach Hersteller des Stellwerks (siehe Tabelle 1, nach [10, 11]).

Die größeren Leitungslängen im Vergleich zum mechanischen Stellwerk machten die Erhöhung der Spannungen erforderlich. Mit ca. 30–40 V Überwachungsspannung konnten die Spannungsabfälle bei gleichzeitig wirtschaftlichen Leiterquerschnitten begrenzt werden. Zum Stellen der Außenelemente mittels Gleichstrommotoren war eine Stellspannung von ca. 120–160 V für die üblichen Stellentfernungen ausreichend [5].

Hersteller	Stellspannung	Überwachungsspannung
AEG	150 – 160 V DC	35 – 40 V DC
Jüdel	max. 140 V DC	30 – 36 V DC
Siemens & Halske	120 – 130 V DC	24 – 32 V DC

TABELLE 1: Stell- und Überwachungsspannung nach Stellwerkshersteller

In jedem Fall wurde Gleichspannung verwendet, da sich deren Erzeugung und Speicherung zur damaligen Zeit besser beherrschen ließ. Für die Verbraucher existieren zwei Batterien, je eine für die Stell- und Überwachungsspannung, aus der diese bei Netzausfall versorgt werden können [11].

Die Einführung von Einheitsstellwerken und Regelschaltungen führte schließlich zur Vereinheitlichung der beiden Spannungsebenen. Nach dem zweiten Weltkrieg bildeten sich somit 136 V DC für die Stellspannung und 34 V DC für die Überwachungsspannung als Standard heraus. Die Batteriekapazität wurde für einen Netzausfall von 24 – 48 h bemessen (Kapazität mittleres Stw entspricht nach [7] für 136 V 72 Ah und für 34 V 360 Ah).

Die Verringerung der Batteriekapazität der Stellbatterie und Festsetzung der Spannungen ermöglichte den Betrieb mit drei Batteriesätzen mit jeweils vier Gruppen zu 17 Zellen. Dabei wurde zunächst die Batterie mit parallel geschalteten Gruppen als Überwachungsbatterie verwendet. Nach fortgeschrittener Entladung konnten die Gruppen in Reihe geschaltet werden und als Stellbatterie eingesetzt werden. Nach Entladung wurde die Batterie ausgetauscht, neu geladen und schließlich wieder als Überwachungsbatterie eingesetzt [5].

Mit der durch Weiterentwicklungen in der Gleichrichtertechnik ermöglichten Einführung des Pufferbetriebs in der Mitte der 1920er Jahre konnte die Kapazität der Stell-

batterie weiter gesenkt werden. Die Batterie wurde fortan nur noch auf 70% der Nennkapazität entladen und anschließend über den Gleichrichter geladen. Damit waren nur noch zwei Batterien notwendig ([5, 6]).

Ab 1950 wurde dann der Bereitschaftsparallelbetrieb mit Ladeerhaltung eingeführt, wodurch die Batterie im Netzbetrieb nicht belastet sondern mit Erhaltungsladung (über den Hauptgleichrichter) betrieben wird und die volle Batteriekapazität bei Netzausfall zur Verfügung steht. Lade- und Zusatzgleichrichter laden die Batterie nach Beanspruchung auf [5].

Auch bei elektromechanischen Stellwerken kam es teilweise zu Nachrüstungen von Lichtsignalen. In älteren Stellwerken gab es zunächst Ausführungen mit Tagspannung 136 V DC der Lichtsignale aus der Stellstrombatterie und Erzeugung der Nachtspannung 68 V DC über einer Mittelanzapfung der Stellstrombatterie ([6]). In späteren Umbauten wurde die Überwachungsschaltung von 34 V auf 60 V DC umgestellt und die 34 V-Batterie ausgebaut. Die 136 V-Batterie wurde zum Stellen der Weichen beibehalten oder es wurden Drehstromweichenantriebe verbaut (z. B. Bauform E12/78) [9].

### 3.2. AUFBAU DER EV-ANLAGE

Die Speisung der Stellwerke erfolgt aus dem öffentlichen Netz mit 3~ 400/230 V 50 Hz AC (siehe Bild 3). Über Gleichrichter werden da-

raus Stell- und Überwachungsspannung erzeugt. Alle Gleichstromverbraucher (Relais, Antriebe) werden bei Netzausfall lückenlos über die Batterien versorgt, so dass keine gesonderte Notversorgung erforderlich ist. Die meisten elektromechanischen Stellwerke besitzen ein NEA, das über zwei Generatoren für 136 V und 34 V DC verfügt ([4, 8]).

Die Signale werden über Transformatoren direkt aus dem Netz mit 230 V/180 V/60 V AC 50 Hz versorgt. Bei Netzausfall erfolgt eine Speisung wichtiger Signale durch die niedrigere Gleichspannung aus der 136 V DC-Batterie [7].

### 3.3. KONSTRUKTIVE GESTALTUNG

Die erhöhte Batteriekapazität führte zur Anforderung separate Batterieräume einzurichten. Die Schaltanlagen wurden in einem gesonderten Schaltraum untergebracht, in dem sich die Hauptschalttafel befindet (Bild 4). Zunächst war das NEA im Schaltraum installiert, in späteren Anlagen erhielt es einen separaten Betriebsraum.

Der Zustand der EV-Anlage wird im Bedienraum über eine kleine Wandschalttafel angezeigt, die Sicherungen, Hauptschalter, Messinstrumente, Überwachungseinrichtungen, die Tag-Nacht-Umschaltung und den Störungswecker enthält. Einrichtungen für die Stellschaltung befinden sich links, gemeinsam genutzte Komponenten in der Mitte und Einrichtungen für die Überwachungsschaltung auf der rechten Seite [6].

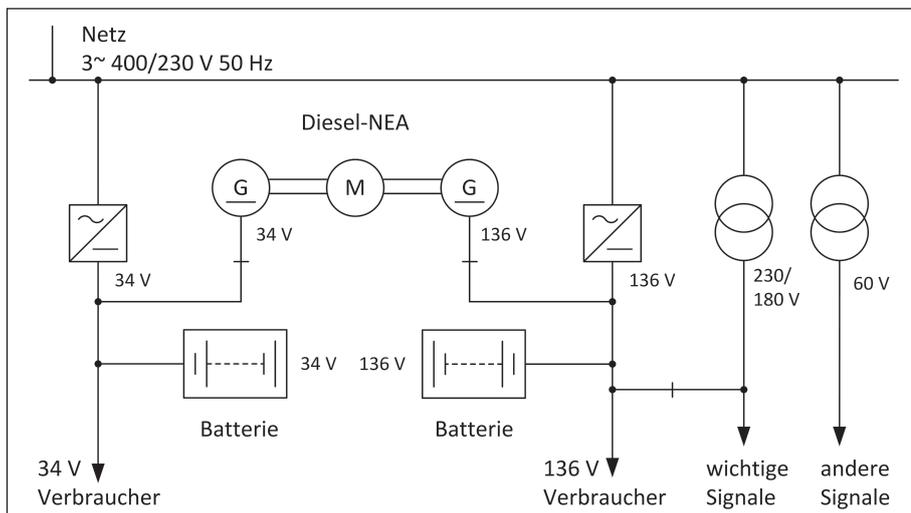
Entsprechend dem Stand der Technik zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden die EV-Anlagen in Schalttafelbauweise ausgeführt. Als Isolator in Schalttafel und Grundplatten dienten Marmor und Schiefer, als Sicherungen wurden Schmelzsicherungen eingesetzt. In den 1930er Jahren wurden die Anlagen zum Teil mit gussgekapselten, elektrisch angetriebenen mehrpoligen Hebelumschaltern ausgerüstet [5].

## 4. RELAISSTELLWERKE

### 4.1. EINSATZBEDINGUNGEN

Da in Relaisstellwerken alle Abhängigkeiten elektrisch über Relaischaltungen realisiert werden, ist die Energieversorgung nochmals deutlich aufwendiger und komplexer als bei elektromechanischen Stellwerken. Durch die Nutzung von Gleisfreimeldeanlagen sind weitere Verbraucher hinzugekommen. Außerdem sind für gewöhnlich an ein RSTW wegen des größeren Stellbereichs eine größere Anzahl von Außenelementen angeschlossen. Das führt zu höherem Energie-

BILD 3: Prinzip der Energieversorgung im elektromechanischen Stellwerk



bedarf, einer größeren Anschlussleistung, erhöhtem Raumbedarf für die Schaltanlagen und vielfältigen Anforderungen der Verbraucher an die Energieversorgung in Bezug auf die benötigte Spannung und Frequenz. Die Spannung für Überwachungs- und Steuerstromkreise wurde wegen der größeren Stellentfernungen auf 60 V angehoben.

Die Stellelemente der Außenanlage werden mit leistungsfähigen und bewährten Drehstromantrieben betrieben, wodurch bei gleichem Leitungsquerschnitt die Stellentfernung im Vergleich zum Gleichstromantrieb erhöht werden konnte.

Für den dezentralen selbsttätigen Streckenblock (Selbst-/Automatikblock) werden besondere Streckenspeisekabel (Spannung 750 V/1000 V AC) und besonders angepasste EV-Anlagen eingesetzt. LZB-Streckenblock werden mit 750 V AC 50 Hz gespeist.

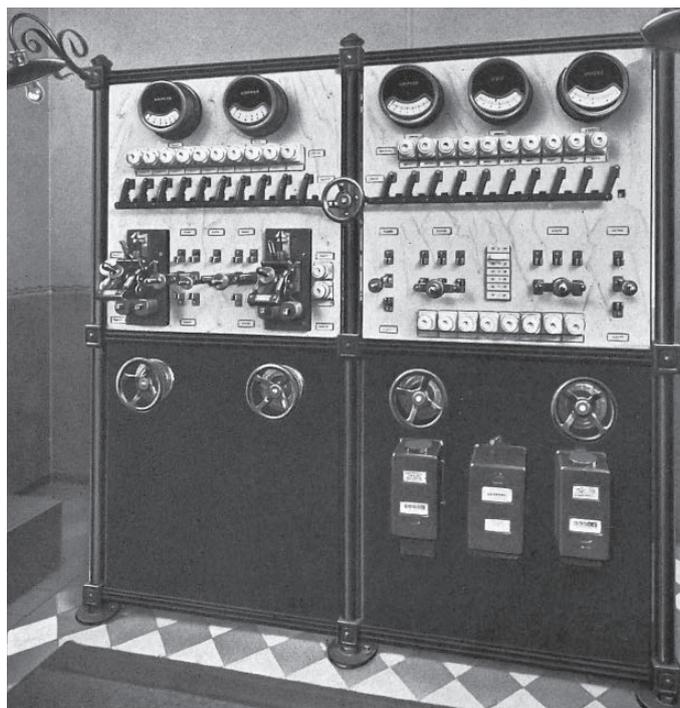
Eine weitere Randbedingung war die Notwendigkeit, die benötigte Kapazität der Batterie weiter zu verringern (in der Regel für 3 h Notversorgung) und die Ersatzversorgung über ein NEA zu realisieren.

#### 4.2. AUFBAU DER EV-ANLAGE

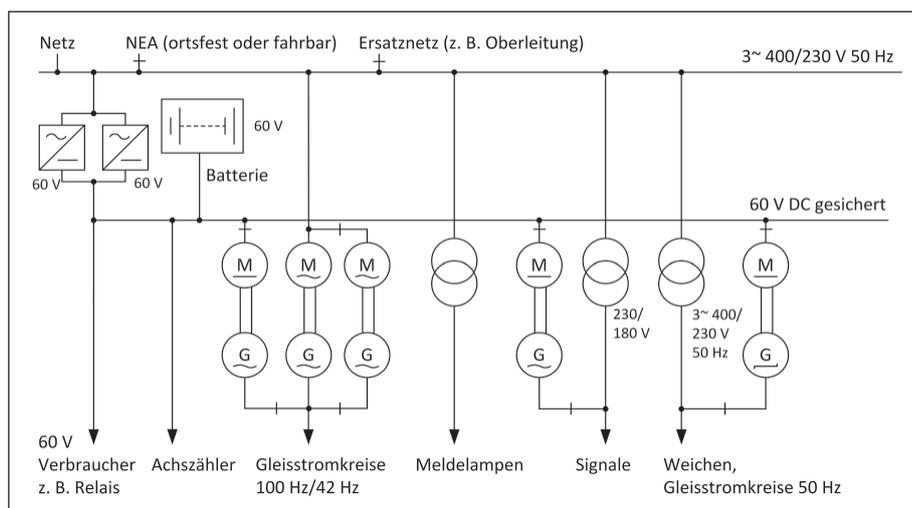
In der Regel werden in RSTW die Verbraucher zu Gruppen mit gleicher Anforderung an Spannung und Frequenz zusammengefasst. Über einen Netzanschluss 3~ 400/230 V 50 Hz wird die Stellwerkssammelschiene versorgt. Über Wandler sind die Verbraucher an die Stellwerkssammelschiene angeschlossen und werden bei Netzbetrieb aus dieser versorgt. Die Stellwerkssammelschiene ist im Bereitschaftsparallelbetrieb an die Batteriesammelschiene angeschlossen, aus der die Verbraucher bei Netzausfall versorgt werden. Eine Skizze zum schematischen Aufbau der EV-Anlage zeigt Bild 5.

Bei den Wandlern handelt es sich um Gleichrichter, Transformatoren und Umformer. Sie wandeln die Elektroenergie aus der Stellwerkssammelschiene in die für die jeweiligen Verbraucher benötigte Form um (Stromart, Spannung, Frequenz). Nach Fortschritten in der Entwicklung moderner Leistungselektronik werden heute auch zunehmend statische Wandler (Wechselrichter, Frequenzumrichter) anstelle von Umformern eingebaut. Die rotierenden Maschinen sind aber noch in großer Stückzahl in den Bestandsstellwerken vorhanden.

Aus Verfügbarkeitsgründen speisen zwei Gleichrichter die Batteriesammelschiene 60 V DC und laden die Batterie. Die DC-Verbraucher, insbesondere die Relaisanlage, werden daraus direkt und unterbrechungsfrei versorgt. Neue Verbraucher, wie die Zugnummernmeldeanlage, Achszählrechner oder Fernsteuerungen führten zu höheren



**BILD 4:** Hauptschalttafel im elektromechanischen Stellwerk (Quelle: [12])



**BILD 5:** Prinzip der Energieversorgung im Relaisstellwerk

Anforderungen an die Qualität der DC-Spannung im Vergleich zu früheren Stellwerksgenerationen. Hier sind daher zum Teil zusätzliche DC-DC-Wandler in Verwendung.

Relaisstellwerke verfügen in der Regel über ein Ersatznetz oder ein ortsfestes oder fahrbares NEA. Fällt das Netz aus, werden während der Anlaufzeit des NEA die Verbraucher im Notbetrieb über die Batteriesammelschiene weiter versorgt, bei Weichen wird teilweise darauf verzichtet. Dafür kommen schnelllaufende (< 2 s) oder ständig laufende Umformer zum Einsatz. Die Speisung der GSK erfolgt mittels redundanten Drehstrom-Frequenzumformern; dadurch ist eine einfache Phasenwahl möglich. Durch die vorhandene Phasenverschiebung wird das Drehmoment im Motorrelais erzeugt.

Allerdings kommt es beim Umformeranlauf nach Netzausfall zu einer Versorgungslücke von ca. 1 s Dauer. Diese Lücke kann einschließlich ihrer betrieblichen Auswirkungen akzeptiert werden (z.B. alle Signale fallen auf Halt). Die Verträglichkeit einer Unterbrechung kann aber auch durch eine Abfallverzögerung in den jeweiligen Relaisschaltungen gewährleistet werden. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz eines Schwungradaggregates oder Dreimaschinensatzes [4].

#### 4.3. KONSTRUKTIVE GESTALTUNG

Für die konstruktive Ausführung der EV-Anlagen in RSTW sind freistehende Schalt-



BILD 6: RSTW EV-Anlagen in Schalttafel (links) und Gestellbauweise (rechts)

tafeln aus Stahlblech charakteristisch, die ab 1950 die Wandschaltkästen ersetzten. Anstelle von Schmelzsicherungen wurden zunehmend Leitungsschutzschalter (LSS) eingesetzt. Ab Ende 1960 erhielten die Schalttafeln nach vorn öffnende Türen, um die Zugänglichkeit der Schaltanlage zu erleichtern. Des Weiteren wurden zahlreiche Meldelampen zur Störungssignalisierung eingeführt (Zustand der LSS und Überstromrelais). Die Vorderseite der Schalttafel wurde mit einem Blindschaltbild versehen, an dessen Ausleuchtung der Betriebszustand der Anlage zu erkennen ist [5].

Im Zuge der angestrebten Vereinheitlichung von EV-Anlagen ging man ab 1960 zur Gestellbauweise über (Bild 6). Dabei wurden Schaltgestelle entwickelt, die definierte Funktionseinheiten darstellen (z. B. Netz,

Weichen, Signale). Mehrere Schaltgestelle bilden dann die Schaltanlage. Die Gestelle sind in verschiedenen Leistungsstufen verfügbar. Im oberen Teil der Schaltgestelle befinden sich Messinstrumente und Meldeeinrichtungen für die entsprechende Funktionseinheit. Der Vorteil dieser Bauweise besteht in der einfacheren Montage und der Vereinheitlichung der Schaltanlagen [5].

Neuere RSTW besitzen moderne EV-Anlagen, welche ähnliche Komponenten enthalten, wie sie auch im ESTW eingesetzt werden. Ein zentraler Grund dafür ist die Gewährleistung der Verfügbarkeit durch Anlagen nach dem heutigen Stand der Technik. Bei Überarbeitung alter EV-Anlagen werden dazu die rotierenden Maschinen zunehmend durch statische Wandler ersetzt. Das macht sich in einer Erhöhung der Verfügbarkeit bemerkbar

und dient auch der Vereinheitlichung und dem modularen Aufbau der EV-Anlagen.

## 5. ELEKTRONISCHE STELLWERKE

### 5.1. Einsatzbedingungen

Wie bei den RSTW sind auch bei ESTW – bedingt durch konsequente Zentralisierung der Sicherungslogik und Ansteuerung vieler und z.T. weit entfernter Elemente – die Anforderungen an die Energieversorgung sehr hoch.

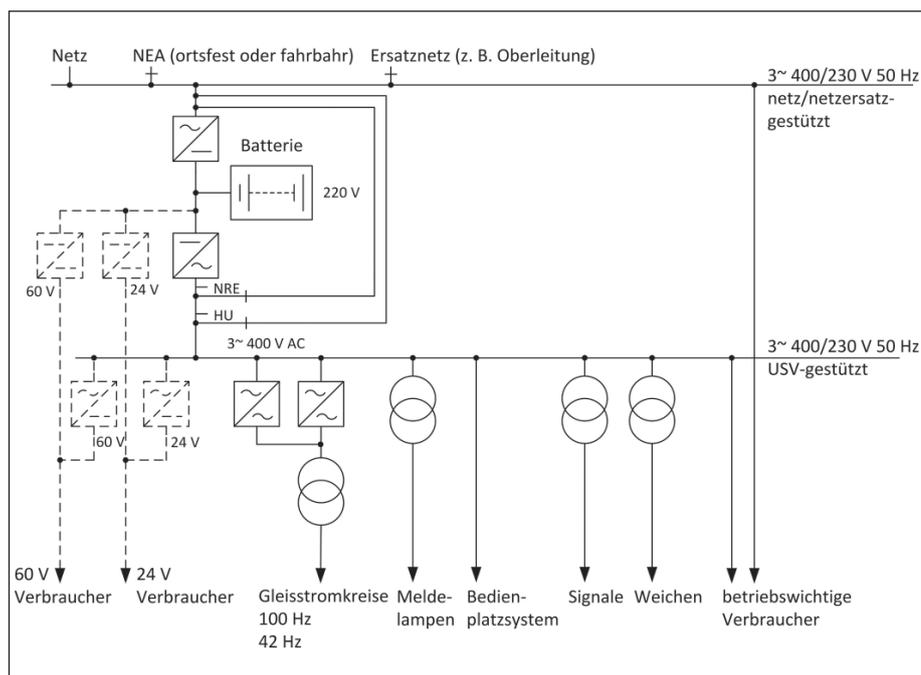
Der Einsatz von elektronischer Rechen-technik erfordert eine hohe Qualität der Energieversorgung hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften. Insbesondere darf zu keinem Zeitpunkt die Energieversorgung der Rechnerbaugruppen unterbrochen werden, d. h. Speiselücken sind hier nicht akzeptabel. Da dies nicht durch das Netz und die bisherigen EV-Anlagen garantiert ist, werden in ESTW Anlagen zur „unterbrechungsfreien Stromversorgung“ (USV-Anlagen) eingesetzt.

### 5.2. AUFBAU DER EV-ANLAGE

Eine USV-Anlage besteht eingangsseitig aus einem Gleichrichter oder mehreren Gleichrichtermodulen. Dieser wandelt die eingangsseitige dreiphasige Wechselspannung aus dem Versorgungsnetz/NEA in Gleichspannung um. Danach folgt ein Wechselrichter (WR oder mehrere Wechselrichtermodule), der die Gleichspannung in 3~ 400/230 V 50 Hz AC umwandelt. Im Zwischenkreis zwischen GR und WR befindet sich die parallel geschaltete Stellwerksbatterie. Die Höhe der Zwischenkreisspannung beträgt meist 110 oder 220 V DC.

Durch elektronische Regelung kann eine

BILD 7: Prinzip der Energieversorgung im ESTW



gleichbleibend hohe Qualität der Ausgangsspannung sichergestellt werden. Spannungsspitzen und Unregelmäßigkeiten des Versorgungsnetzes können abgefangen werden. Bei einem Netzausfall bildet die Batterie einen Leistungspuffer zur Speisung der WR – so lange bis das NEA oder Ersatznetz zur Verfügung steht.

Zusätzlich besitzt die USV einen elektronisch gesteuerten Bypass (Netzrückschalt-einrichtung, NRE), so dass bei Bedarf die Energie direkt aus dem Netz unter Umgehung der USV entnommen werden kann (Standby-Betrieb). Die NRE dient außerdem dem Schutz der USV vor Überlast. Eine Handumschalteinrichtung (HU) ermöglicht außerdem eine direkte Versorgung der Verbraucher durch das Netz bei Wartungs-/ Instandsetzungsarbeiten an der USV. Der typische Aufbau einer ESTW EV-Anlage ist in Bild 7 dargestellt.

Im Vergleich zum RSTW werden alle wichtigen Verbraucher im ESTW direkt durch die USV-Sammelschiene versorgt. DC-Verbraucher entnehmen ihre Energie entweder über Wandler aus dem Gleichspannungszwischenkreis der USV oder über Wandler aus der USV-Sammelschiene (Alternativen in Bild 7 gestrichelt dargestellt). Als Wandler sind in ESTW statische Wandler im Einsatz (Wechselrichter, DC-DC-Wandler, Frequenzumrichter).

### 5.3. KONSTRUKTIVE GESTALTUNG

Die EV-Anlagen von ESTW sind von Schaltschränken geprägt, die ähnlich zum RSTW Funktionseinheiten repräsentieren (Bild 8). Den Kern bildet der USV-Block mit Gleich- und Wechselrichterschaltschränken. Weitere Geräteschränke, Schränke für AC- und DC-Verteilung sowie für Wandler oder weitere Geräte komplettieren die Anlage.

Es besteht durch eine modulare Bauweise die Möglichkeit durch Redundanz die Gesamtverfügbarkeit der EV-Anlage zu erhöhen, indem z.B. mehrere elektronische Wandler parallel bereitgehalten werden. Für Gleisstromkreise ist diese n+1 Redundanz vorgeschrieben.

### 6. ZUSAMMENFASSUNG

Energieversorgungsanlagen wurden auf dem Weg vom mechanischen zum elektronischen Stellwerk ständig weiterentwickelt und den neuen Erfordernissen angepasst. Durch die zunehmende Anzahl elektrischer Verbraucher und die Ausdehnung des Stellbereichs wurden die EV-Anlagen komplexer und leistungsfähiger. Technische Innovatio-



BILD 8: USV-Anlage eines ESTW

nen im Bereich der Elektro-, Regelungs- und der Halbleitertechnik führten zu konstruktiven Verbesserungen und leistungsfähigeren Geräten. Auch in Zukunft werden technische Neuerungen und veränderte Anforderungen eine bedarfsgerechte Ausgestaltung der EV-Anlagen erfordern. ◀

#### Literatur

- [1] Claus, W.: Ueber Weichenthürme und verwandte Sicherheits-Vorrichtungen für Eisenbahnen: Unter spezieller Beschreibung der auf den Braunschweigischen u. a. Linien getroffenen Einrichtungen. Braunschweig: Friedrich Wagner's Hof-Buchhandlung, 1878, S. 2 – 3
- [2] Schubert, Ernst: Die Sicherungswerke im Eisenbahnbetriebe: Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Eisenbahn-Betriebsbeamte und Studierende des Eisenbahnwesens: enthaltend Electriche Telegraphen, Lätewerke, Contact-Apparate, Block-Einrichtungen, Signal- und Weichenstellwerke und sonstige Sicherungseinrichtungen. 3. Auflage, Wiesbaden: C. W. Kreidel, 1900, S. 180
- [3] Siemens AG: Rail Automation. Siemens und die Eisenbahnsignaltechnik. Braunschweig, 2003, S. 41 u. 46

- [4] Fenner, Wolfgang; Naumann, Peter; Trinckauf, Jochen: Bahnsicherungstechnik: Steuern, Sichern und Überwachen von Fahrwegen und Fahrgeschwindigkeiten im Schienenverkehr. 2. Auflage, Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2003, S. 132 – 137
- [5] Siebers, Helmuth: Die Entwicklung der Stromversorgungsanlagen für Stellwerke. In: Signal und Draht 53 (1961), Heft 7, S. 97 – 101
- [6] Ingenieurschule für Eisenbahnwesen Dresden (Hrsg.): Lehrbriefe für das Fachschul-Fernstudium: Eisenbahnsicherungstechnik: Stromversorgungsanlagen: Lehrbrief 4. Dresden, 1960
- [7] Ingenieurschule für Eisenbahnwesen Dresden (Hrsg.): Lehrbriefe für das Fachschul-Fernstudium: Stromversorgungsanlagen für das Eisenbahnsicherungs- und Fernmeldewesen: Lehrbrief 3. Dresden, 1958
- [8] Arnold, Hans-Jürgen (Hrsg.): Eisenbahnsicherungstechnik. 4., bearbeitete Auflage, Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1987, ISBN 3-344-00152-3, S. 342 – 354
- [9] Hahn, Heinz: Stromversorgungsanlagen im Eisenbahnsicherungswesen. In: Signal und Schiene 8 (1965), S. 330 – 337
- [10] Preuß, Erich (Hrsg.): Stellwerke deutscher Eisenbahnen: Technik und Bauwerk. Stuttgart: Transpress, 1996
- [11] Röll, Victor Freiherr von (Hrsg.): Enzyklopädie des Eisenbahnwesens: Band 6. 2., vollständig neu bearbeitete Auflage 1912 – 1923, Berlin, Wien, 1914, S. 415 – 433
- [12] Siemens & Halske AG: Elektrische Stellwerke für Weichen und Signale. Druckschrift Bl. 125, Berlin, 1915

### ► SUMMARY

#### Development of power supplies for railway signalling and interlocking

On the way from mechanical interlocking towards modern electronic interlocking railway signalling and interlocking power supplies were enhanced and adopted continuously according to the new requirements. The rising number of ultimate consumers and the extension of the controlled area resulted in larger, more complex and more efficient power supplies. Today, these equipments are able to safely supply different ultimate consumers with electric energy. Technical innovations in the field of electrical engineering, automatic control engineering and especially in semiconductor technology resulted in structural advancements and more powerful devices. By the means of modular system design, manufacturing, installation and maintenance were optimised. In future technical innovations and changed requirements and application conditions still will demand suitable power supplies for railway signalling and interlocking.