

# Sicherungsanlagen der Strecke Grindelwald – Kleine Scheidegg

Hans Schlunegger / Jens Hofmann / Reinhard Stahl / Urs Walser

Die Wengernalpbahn (WAB) als Teilstrecke der Jungfraubahnen ist nur auf zwei kurzen Streckenabschnitten mit Sicherungsanlagen ausgerüstet. Anlässlich der grundlegenden Erneuerung der Strecke Grindelwald – Kleine Scheidegg wurde eine Sicherungsanlage gesucht, welche die besonderen Anforderungen beim Einsatz auf reinen Zahnradbahnen erfüllen kann. Der ausgewählte und realisierte Stellwerkstyp SIGMA® der Firma BBR erlaubt flexible Anpassungen sowohl auf der Sicherungs- als auch auf der Steuerungsebene. Die Gleisfreimeldung der ganzen Strecke basiert auf Achszählern. Die Besonderheiten von Zahnstangenweichen und einer Kreuzung im Zahnstangengleis werden erwähnt. Die gewählte, eindeutige Signalisierung soll Fahrten gegen falsch stehende Weichen möglichst verhindern. Dieser in der Schweiz neue Stellwerkstyp bedingte eine behördliche Genehmigung und Zulassung durch das Bundesamt für Verkehr.

**Dr. Ing. Hans Schlunegger**  
Leiter Technik Jungfraubahnen.  
Anschrift: Harderstraße 14,  
CH-3800 Interlaken  
E-Mail: hans.schlunegger@jungfrau.ch

**Dipl.-Ing. Jens Hofmann**  
Projektleiter Stellwerkstechnik,  
BBR Verkehrstechnik GmbH.  
Anschrift: Pillausstraße 1e,  
D-38126 Braunschweig  
E-Mail: hofmann@bbr-vt.de

**Dipl.-Ing. Reinhard Stahl**  
Systemkoordinator Stellwerkstechnik,  
BBR Verkehrstechnik GmbH.  
Anschrift: Pillausstraße 1e,  
D-38126 Braunschweig  
E-Mail: stahl@bbr-vt.de

**Dipl. Ing. Urs Walser**  
Leiter Technisches Büro Olten,  
Sachverständiger, BÄR Ingenieurbüro  
für Bahnsicherung AG.  
Anschrift: Untere Hardegg 34,  
CH-4600 Olten  
E-Mail: urs.walser@baer-ing.ch

## 1 Sicherungsanlagen und Zugbetrieb auf den Linien der Jungfraubahnen

Die Jungfraubahnen als größtes Transportunternehmen der Schweiz im Sektor Tourismus betreiben in der Jungfrauregion insgesamt 5 Bahnen, dargestellt im *Bild 1* und *Tabelle 1*. Vier Linien sind reine oder gemischte Zahnradbahnen, lediglich die Mürrenbahn (BLM) ist eine Bahn mit ausschließlichem Reibungsbetrieb. Die Wengernalpbahn (WAB) führt von Lauterbrunnen über die Kleine Scheidegg nach Grindelwald. An beiden Endpunkten nutzt sie gemeinsame Bahnhöfe mit der Berner Oberlandbahn (BOB). Auf der Kleinen Scheidegg hat sie Verbindung zur Jungfraubahn (JB).

Die Strecken der BOB sind mit Relaisstellwerken des Typs Domino 55 und 69 ausgerüstet. Auf den Reibungsstrecken wird mit maximal 70 km/h, auf den Zahnstangenstrecken mit bis zu 40 km/h gefahren. Auf den übrigen Strecken fahren die Züge grundsätzlich auf Sicht. Die maximalen Geschwindigkeiten betragen knapp 30 km/h. Wegen dieser bescheidenen Geschwindigkeiten und der extrem kurzen Bremswege von Zahnradbahnen wurde lange Zeit auf jegliche Sicherungsanlagen verzichtet.

Nebst einem kurzen Abschnitt auf der Strecke Grindelwald–Kleine Scheidegg ist auch die Strecke Lauterbrunnen–Wengen mit Streckenblock und Sicherungsanlagen ausgerüstet. Diese Strecke weist ein erhebliches Verkehrsaufkommen auf, da der Sommer- und Winterkurort Wengen über keinen Straßenanschluss verfügt und ausschließlich durch die WAB versorgt wird. Der umfassend erneuerte Bahnhof Wengen wurde 1994 mit einem Stellwerk des Typs Domino C von Siemens ausgerüstet. Zur Gleisfreimeldung werden Achszähler der Firma Frauscher verwendet. Als Besonderheit sind die Fahrstraßenspeicher für Ein- und Ausfahrten von maximal 7 Teilzügen zu erwähnen. Die Strecke Lauterbrunnen–Wengen mit einer Kreuzungsstation wird mittels des Stellwerkstyps SIG L90 von Alcatel gesichert.

Auf Strecken ohne Block werden die Lokomotivführer durch die Fahrdienstleiter auf den Zugausgangsbahnhöfen oder über Zugfunk über die auf den vorgegebenen Kreuzungsstellen abzuwartenden Gegenzüge informiert. Zusätzlich trägt jeder Zug, mit Ausnahme des letzten eines Paketes,

am Schluss eine grün-weiße Tafel mit der Bedeutung „Zug folgt“. Diese Art des Zugbetriebs stützt sich ausschließlich auf die Zuverlässigkeit der beteiligten Mitarbeiter ab.

## 2 Sicherungsanlagen für reine Zahnradbahnen

Reine Zahnradbahnen dienen fast ausschließlich dem touristischen Verkehr. Diese Bahnen müssen ihre Investitionen selber finanzieren, weil in der Schweiz grundsätzlich keine Fördermittel vom Bund und den Kantonen für touristische Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden. Da Zahnradbahnen, gegenüber den ebenfalls im touristischen Bereich aktiven Seilbahnen höhere Investitions- und Betriebskosten aufweisen, muss der Wirtschaftlichkeit jeder Investition größte Beachtung geschenkt werden. Dies gilt uneingeschränkt auch für die Einrichtungen zur Sicherung des Zugbetriebs. Insbesondere sind spezielle Entwicklungen im Hinblick auf den sehr beschränkten Markt gar nicht denkbar, aber auch nicht sinnvoll. So kann beispielsweise FunkFahrBetrieb gar nicht in Frage kommen. Diese Betriebsart wird in der Schweiz nicht angewendet und hätte einerseits entsprechend hohe Zulassungshürden zur Folge. Andererseits können Zahnstangenweichen nicht als Rückfallweichen ausgebildet werden. Weichensteuerungen sind deshalb auch auf den nur zwei Weichen aufweisenden Zwischenstationen notwendig. Die Ergänzung zu einem vollwertigen Stellwerk mit Hauptsignalen und Block ist relativ klein. Eine Leitstellenebene ist bei jedem denkbaren System notwendig. Die Sicherung des Zugbetriebs bei reinen Zahnradbahnen durch Signalbeobachtung des Triebfahrzeugführers entspricht dem heutigen Stand der Technik und bedeutet gegenüber den noch zahlreichen Strecken ohne jegliche Sicherungsanlagen einen Schritt in Richtung höherer Sicherheit. Auf eine Zugbeeinflussung kann wegen der kurzen Bremswege und der Fahrt auf Sicht verzichtet werden.

Grundsätzlich unterscheiden sich die Sicherungsanlagen reiner Zahnradbahnen nicht von denjenigen „normaler“ Eisenbahnen. Insbesondere sind die Grundsätze der Eisenbahnsicherungstechnik, nämlich die schützende Zurückweisung und die





Bild 1: Streckenplan der von den Jungfrauabahn betriebenen Strecken; die ausgezogenen Linien bedeuten Strecken mit Block

	Streckenlänge km	Spurweite mm	Maximale Neigung ‰	Anzahl Trieb- fahrzeuge	Streckenblock	Stellwerke	Zahnstange
Berner Oberlandbahn (BOB)	23	1 000	120	14	ja	ja	teilweise
Wengernalpbahn (WAB)	19	800	250	39	teilweise	teilweise	durchgehend
Schynige Plattebahn (SPB)	7	800	250	12	nein	nein	durchgehend
Jungfrauabahn (JB)	9	1 000	250	23	nein	teilweise	durchgehend
Mürrenbahn (BLM)	5	1 000	50	4	nein	nein	keine

Tabelle 1: Die wichtigsten Daten der von den Jungfrauabahn betriebenen Linien

Fehleroffenbarung in gleichem Maße zu befolgen. Dennoch müssen einige Besonderheiten beachtet werden.

Fahrzeuge von reinen Zahnradbahnen können bei starkem Verkehrsaufkommen nicht einfach zu beliebigen Zügen formiert werden, da die zu erwartenden Längskräfte im Zug die Entgleisungssicherheit gefährden würden und zudem ein erheblicher Teil des Rollmaterials gar nicht für Mehrfachtraktion ausgerüstet ist. Aus diesem Grunde verkehren mehrere Teilzüge hintereinander. Der Streckenblock muss deshalb Folgefahrten gestatten. Hingegen sind die übrigen Schutzfunktionen des Stellwerks wie Schutz vor Gegenfahrt und unzeitige Weichenumstellung sowie Flankenschutz zu erfüllen.

Die Anwendung klassischer Gleisfreimeldung, welche auf Achsnebenschluss beruht, stößt bei reinen Zahnradbahnen auf erhebliche Schwierigkeiten. Der Grund liegt in der fehlenden Zugkraftübertragung über die Schienen. Diese neigen deshalb zur Verschmutzung durch Schmiermittelrückstände und durch die in der Natur vorkommenden „Abfälle“ wie Laub oder Blütenstaub. Zusammen mit den sehr

kleinen Achsfahrmassen der leicht gebauten Fahrzeuge ist die Bedingung eines genügend kleinen Achsnebenschluss-Widerstands bei weitem nicht gegeben. Deshalb müssen andere Gleisfreimelde-Einrichtungen zur Anwendung kommen. Weichensperrkreise - wie sie bei Straßenbahnen üblich sind - können in Zahnstangenweichen wegen der erheblichen Eisenmassen der Zahnstange nicht verwendet werden. Die in der Schweiz bis vor einigen Jahren festzustellende Skepsis gegenüber Gleisfreimelde-Einrichtungen, welche auf Achszählern basieren, mag den lange ausgeübten Verzicht auf Sicherungsanlagen bei einigen Zahnradbahnen unterstützt haben. Achszählabschnitte mit modernen, richtungsabhängigen Radsensoren und sicherer Auswertung der Gleisbelegung ermöglichen die Anwendung beliebiger Stellwerkstypen.

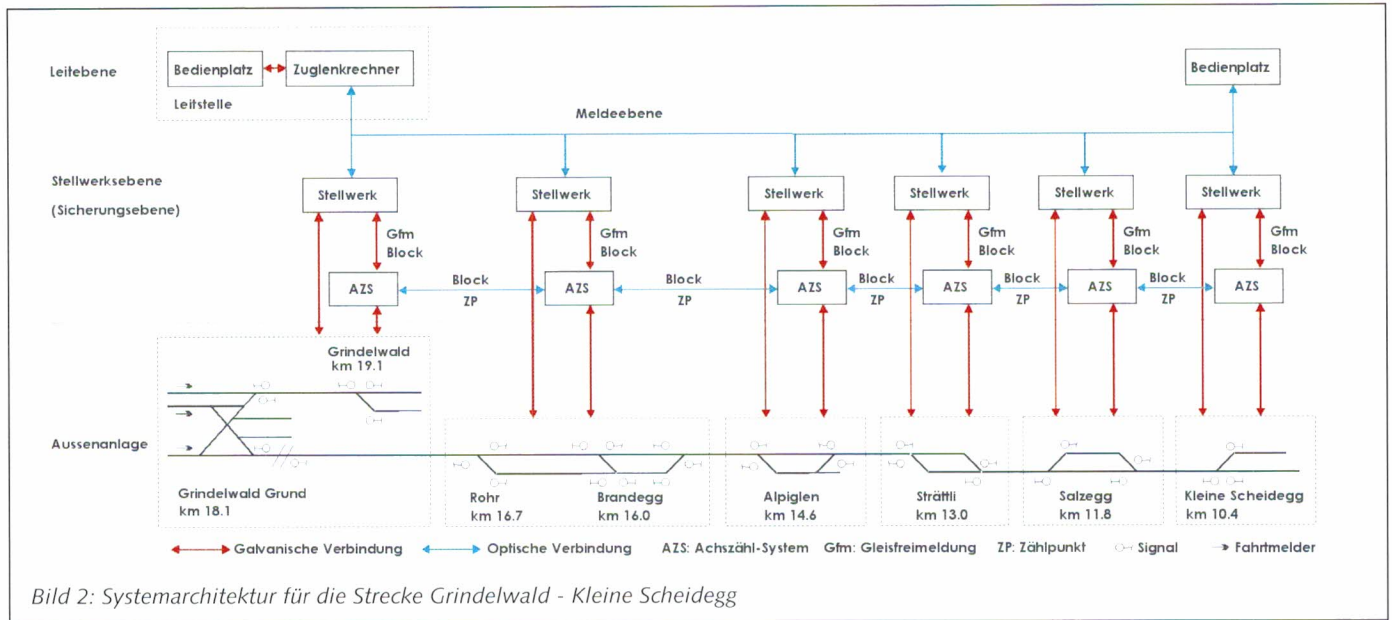
### 3 Die neuen Sicherungsanlagen der WAB

Die Strecke Grindelwald–Kleine Scheidegg dient im Winter als Zubringerbahn zum

Skigebiet Kleine Scheidegg-Männlichen. Verglichen mit der kontinuierlichen Beförderung und garantiertem Sitzplatz moderner Gondelbahnen verlor die Zahnradbahn zunehmend an Attraktivität. Hauptgründe waren die bei Skifahrern unbeliebte Rücksichtnahme auf den Fahrplan, die unbequemen Einstiegsverhältnisse des vorhandenen Rollmaterials und die ungenügende Fahrplanstabilität. Aus diesen Gründen wurde die Umstellung dieser Strecke auf eine Seilbahn ernsthaft geprüft. Die Kundenbefragungen zeigten aber eine eindeutige, in ihrer Klarheit nicht erwartete Präferenz zu Gunsten der Beibehaltung der Zahnradbahn, allerdings unter der Bedingung einer umfassenden Modernisierung. Dieses unter dem Titel „WAB 2005“ gestartete Projekt umfasst einen zweigleisigen Abschnitt, die Modernisierung der Bahnhöfe, neue Sicherungsanlagen und neues Rollmaterial [1].

Die Anforderungen an die neuen Sicherungsanlagen wurden in einem Pflichtenheft festgehalten. Eine wichtiger Punkt betrifft die eindeutige Signalisierung gegen unberechtigtes Abfahren und gegen Fahrt in falsch stehende Weichen. Der Strecken-





block muss Gegenfahrten logischerweise verhindern, Folgefahrten jedoch ermöglichen. Die zentrale Leitstelle soll in Grindelwald Grund eingerichtet werden.

Auf die auf dem Abschnitt Grindelwald Grund-Brandegg vorhandene Sicherungsanlage SIG L90 von Alcatel musste keine Rücksicht genommen werden, da dieser Stellwerkstyp nicht mehr lieferbar ist und deshalb für die gesamte Strecke nicht in Frage kommen konnte.

Drei Firmen wurden zur Angebotsabgabe eingeladen, nämlich Siemens, Alcatel und BBR (Baudis, Bergmann, Rösch). Die Eigenheiten des Zahnradbahnbetriebs (Folgefahrten, gleichzeitige Einfahrten in die Bahnhöfe, Fahrt auf Sicht) verlangten von den projektierenden Signalingenieuren ein Umdenken und manchen Schattensprung durch Infragestellen anerkannter und üblicher Stellwerksregeln. Nach Streckenbesichtigungen und Beratungen mit dem Betreiber konnte eine einheitliche Linie über die anzustrebende Sicherheitsphilosophie gefunden werden. Die drei erwähnten Firmen haben alle ein Angebot unterbreitet. Ausgewählt wurde die Firma BBR aufgrund des günstigsten Angebots und der überzeugenden, einfachen Technik.

#### 4 Die Innenanlagen

Der Betrieb auf der zum größten Teil eingleisigen Strecke zwischen den Bahnhöfen Grindelwald und Kleine Scheidegg wird durch eine Stellwerksanlage vom Typ SIGMA® von BBR gesteuert und überwacht. SIGMA wurde gemäß DIN VDE 19250 nach Anforderungsklasse 6 (AK 6) entwickelt und realisiert [2].

In jedem Bahnhof entlang der Strecke befindet sich je ein modular aufgebautes Stellwerk. Alle Anlagen sind von ihrem Grundkonzept hinsichtlich des Anschaltens und Einlesens der zu steuernden Elemente (Signale, Weichen, Bahnübergangssicherungen usw.) her identisch aufge-

baut; Unterschiede gibt es lediglich bei der Anzahl der Elemente (Bilder 2 und 3).

Folgende Anforderungen mussten die Stellwerke erfüllen:

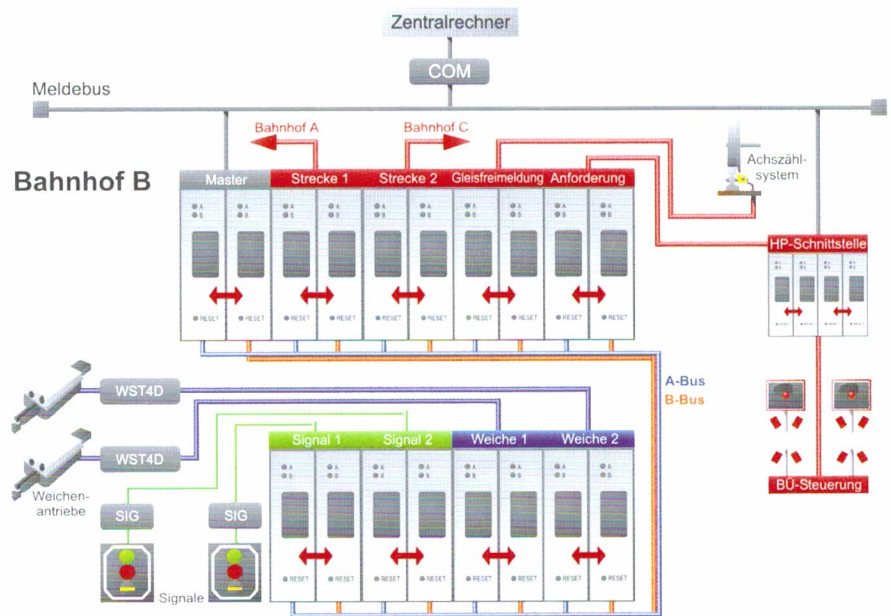
- Alle Bahnhöfe sind durch Einfahrtsignale, die Strecken durch Ausfahrtsignale zu sichern.
- Weichen, die durch Zugfahrten befahren oder Bestandteil des Flankenschutzes von Fahrstraßen sind, sind elektrisch zu verschließen und signalabhängig zu sichern.
- Ein Bahnübergang in km 18,036 ist signalabhängig einzubinden.
- Ein lückenloses Achszählsystem ist sicher zu integrieren.
- Die einzelnen Stellwerke sind über eine Streckensicherung auf Grundlage des Achszählsystems untereinander zu verbinden.

Der auf die Bahnhöfe bezogenen Siche-

rungsebene ist eine zentrale Leitebene übergeordnet, die mit dieser über eine Meldeebene vernetzt ist. Aufgabe der Leitebene ist neben der Überwachung des Fahrbetriebs die Zuglenkung.

In der Leitstelle für die gesamte Strecke, die in Grund installiert wurde, befindet sich der redundant ausgeführte Zentralrechner, auf dem das Zuglenkprogramm sowie die Bedienplatzprogramme installiert sind. Der Bedienplatz des Fahrdienstleiters verfügt über drei Monitore, auf denen das Gleisbild der gesamten Strecke dargestellt wird. Der Fahrdienstleiter wird bei seinen Tätigkeiten vom Zuglenkner unterstützt. Nach Eingabe festgelegter Zuglenkziffern fordert das Programm die entsprechende Fahrstraße an, die bei Verfügbarkeit der erforderlichen Elemente eingestellt wird.

Ein abgesetzter Bedienplatz befindet sich



**Bild 3: Schematischer Aufbau eines SIGMA®-Stellwerks in einem Bahnhof (Sicherungsebene) mit den Verbindungen zu den Elementen an der Strecke sowie zu den übergeordneten Ebenen**



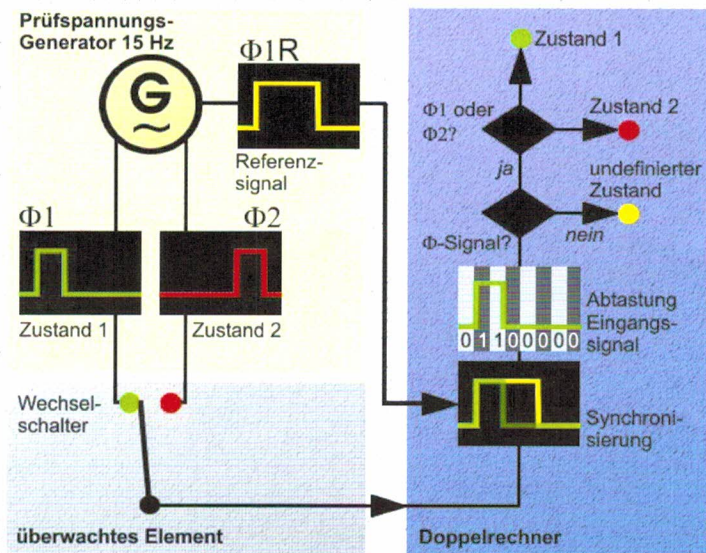


Bild 4: Grundprinzip der Erkennung von Schaltzuständen durch Einsatz der dynamischen Wechselstrom-Signale  $\Phi_{i1}$  und  $\Phi_{i2}$ .

heitsrelevanten Schaltvorgänge einer Anlage aus. Sie besteht als A201-, A202- und E101-Doppelrechnerpaaren, die in der bereits beschriebenen Weise arbeiten.

Der Mastercontroller ist allen anderen Baugruppen übergeordnet und hat die Aufgabe, über den Systembus alle Ebenen zu steuern und zu überwachen. Zudem stellt er über die Meldeebene die Verbindung mit dem Leitreechner der Leitebene her, meldet sämtliche Anlagenzustände dorthin und empfängt von dort Stellbefehle, die er gemäß projektiertem Verschlussplan umsetzt oder abweist. Hierbei wird er vom Streckenrechner sowie den Ausgangs- und Eingangsrechnern unterstützt. Der Streckenrechner ermöglicht die Sicherung des Zugverkehrs ohne aufwändige Abhängigkeitsschaltungen. Hierbei arbeiten die Streckenrechner benachbarter Stellwerke mittels eines festgelegten dynamischen Verfahrens zusammen. Über sichere Ein- und Ausgänge sind sie über die digitalen Ein- und Ausgabebaugruppen DIOB des Achszählsystems ACS 2000 der Firma Frauscher miteinander verbunden. Zu diesem Zweck steht auf den DIOB-Baugruppen eine V24-Schnittstelle zur Verfügung, die eine Umsetzung auf eine LWL-Schnittstelle und somit die Anbindung an die Stellwerke ermöglicht. Den Mastercontrollern ermöglichen die Streckenrechner das sichere Prüfen, Einstellen, Verschließen und Auflösen von Fahrstraßen über eine Strecke. Software und Schaltung der Streckenrechner sind in allen Stellwerken identisch.

Der Achszählgrundstellungsrechner bewirkt auf Anforderung des Mastercontrollers über seine Ausgänge und zwangsgeführten Relais die Achszählgrundstellung. Eine solche sichere Bedienhandlung ist von der Leitstelle aus vorgesehen; demgegenüber ist die Möglichkeit der erschwerten Grundstellung durch Servicepersonal nur vor Ort im Stellwerk mittels Betätigung der Achszähl-Grundstellungshilfstaste am Achszählsystem möglich.

## 5.2 Signalebene

In der Signalebene werden die Signalstellbefehle des Mastercontrollers durch A201-Doppelrechner als Signalrechner umgesetzt. Jeder dieser Baugruppen sind maximal zwei Signalstellteile zugeordnet, von denen die Signale angeschaltet und stromüberwacht zurückgelesen werden. Eine Spannungswandler-Baugruppe stellt die Signalspannungen zur Verfügung und ermöglicht auch eine Tag-/Nachtumschaltung durch den Fahrdienstleiter.

Das zur Stromüberwachung dienende Phi-Signal wird durch das Signalstellteil an die Signalrechner übertragen, sofern der Signalstrom nicht von den zulässigen Toleranzwerten abweicht. Erfolgt diese Meldung zu unerwarteter Zeit oder bleibt sie aus, obwohl der Signalrechner den Ausgang zur Signalanschaltung gesetzt hat, geht der Rechner in Störung und sämtliche

im Bahnhof Kleine Scheidegg. Von dort aus können über die Ansichtsoption „Gesamtansicht der Anlage“ ebenfalls alle im Netz befindlichen Züge anhand der Zugnummer verfolgt werden. Unter der Voraussetzung einer entsprechenden Freigabe durch den Fahrdienstleiter in Grund sind auch von hier Bedienhandlungen für den Bahnhof Kleine Scheidegg möglich.

## 5 Stellwerke

Herzstück der Stellwerke ist die in den jeweiligen Bahnhöfen vorhandene Sicherungsebene.

Jede dieser grundsätzlich nach dem gleichen modularen Prinzip aufgebauten Anlagen umfasst ihrerseits mehrere, auf die zu steuernden und zu überwachenden Elemente bezogene Ebenen:

- Signalebene,
- Weichenebene,
- Bahnübergangsebene und
- Achszählebene.

Überwachungs- und Koordinationsfunktionen kommen der übergeordneten Controllerebene zu.

Auf allen diesen Ebenen werden sicherheitsrelevante Schalt- und Steuerungsaufgaben über paarweise aufgebaute Mikrorechner ausgeführt, die aus zwei jeweils identischen A201-, A202- oder E101-Baugruppen bestehen. Die als „A“- und „B“-Rechner bezeichneten Baugruppen überwachen sich ständig gegenseitig. Abweichungen zwischen beiden Einzelrechnern führen dazu, dass angeforderte Schaltaktionen nicht ausgeführt werden.

Die Rechnersysteme aller Ebenen eines Stellwerks sind zwecks gemeinsamer Verarbeitung sicherheitsrelevanter Aufgaben über einen zweikanaligen RS.485-Systembus verbunden. Dabei kommunizieren sämtliche A-Rechner über den Systembus A und die B-Rechner über den Systembus B. Da als Koppellemente zwischen den Doppelrechnern und der Außenanlage in der Regel Optokoppler verwendet werden, wird an deren Prozessoren ein sich

ständig ändernder Digitalpegel detektiert. Das Setzen jedes Optokopplerausgangs durch ein Rechnerpaar wird gegenseitig durch Überwachungseingänge geprüft und zurückgelesen.

Der Zustand der jeweiligen Elemente wird von den Rechnerpaaren der zuständigen Ebene kontinuierlich überwacht. So werden alle Signale und Weichenlagesignale grundsätzlich stromüberwacht angeschaltet und zurückgelesen, während die Zustände der Weichenantriebe sowie die Überschaltungen der Bahnübergangsinformationen über die HP-Schnittstelle stets 2-kanalig antivalent eingelezen werden.

Bei herkömmlichen Anlagen wird die Erkennung der Schaltzustände von Relaiskontakten, Schlüsselschaltern und Weichenlagekontakten durch antivalente Detektion von Gleichspannungen bewerkstelligt. Dieses Verfahren erfordert zur Funktionsüberwachung der beteiligten Komponenten eine zyklische Überprüfung der Schaltfähigkeit dieser Komponenten bis hin zum Prozessor.

Eine einfachere Lösung bietet SIGMA®. Hier werden in jedem Stellwerk durch einen Phi-Generator auf einer GEN15-Baugruppe dynamische Wechselstromsignale  $\Phi_{i1}$  und  $\Phi_{i2}$  erzeugt und an die zu überwachenden Elemente der Anlage geschickt (Bild 4). Dem Prozessor eines Rechners wird zudem ein Referenzsignal  $\Phi_{i1,Ref}$  geliefert, das mit dem vom Element zurückkommenden Eingangssignal synchronisiert wird. Ein Vergleich mittels Abtastung ermöglicht die Überprüfung, um welches der beiden Phi-Signale es sich handelt. Daraus kann ein sicherer Rückschluss gezogen werden, in welchem definierten Zustand sich das jeweilige Element befindet. Das patentierte Verfahren, über dynamische Phi-Signale die Elementzustände zu überwachen, erspart häufig erforderlichen hohen Schaltungsaufwand.

## 5.1 Controllerebene

Von der Controllerebene gehen alle sicher-



Ausgänge werden abgeschaltet. Ein möglicherweise zu diesem Zeitpunkt den Fahrtbegriff anzeigendes Signal zeigt sofort den Haltbegriff.

### 5.3 Weichenebene

Die Weichenebene vereint im Fall einer einfachen Weiche einen A201-Doppelrechner als Weichenrechner mit einer Signalbaugruppe und einer Spannungswandlerbaugruppe für das Weichenlagesignal und eine Weichensteuerbaugruppe. Gemeinsam setzen sie von der Controllerebene empfangene Stellbefehle und Fahrwegverschlüsse um, während im Gegenzug eigene Statusmeldungen nach dort übermittelt werden.

Bei angefordertem Weichenumlauf wird durch Anschalten von Relais auf der Weichensteuerbaugruppe die Überwachungsspannung ( $\Phi 1$ ,  $\Phi 2$ ) abgeschaltet und die Stellspannung (400V) angeschaltet. Nun beginnt der Weichenumlauf, der entweder bei Erreichen der Endlage über die Antriebskontakte abgeschlossen oder nach einer projektierbaren Zeit (zum Beispiel 6s) durch Abfallen der Relais ohne Erreichen einer Endlage abgebrochen wird. Mit Einschalten der Überwachungsspannung erfolgt eine Kontrolle der Weichenlage und eine entsprechende Meldung an den Weichenrechner. Abhängig von der Weichenlage wird zweikanalig über das Signalstellteil der zugehörige Signalbegriff angezeigt. Dabei wird der über das Signalstellteil an die LED-Signalgeber fließende Strom ständig überwacht, wodurch gewährleistet wird, dass ein Ausfall der Weichenlagesignale durch den Weichenrechner jederzeit festgestellt wird.

### 5.4 Bahnübergangsebene

Im Unterschied zu den anderen Ebenen ist die Bahnübergangsebene ein innerhalb einer Eisenbahnsignalanlage autonom arbeitendes Teilsystem, das zur Herstellung der Signalabhängigkeit von Bahnübergangsteuerungen dient. Die Umsetzung dieser sicherheitsrelevanten Schaltaufgaben gemäß AK 6 wird nach den Grundsätzen der HP-Schnittstelle realisiert.

Zur separaten BÜ-Steuerung gehören der BÜ-Controller (A201-Doppelrechner) als steuernde und überwachende Instanz, ein aus zwei E101-Baugruppe bestehender Doppelrechner als Eingangsmodul sowie weitere, für den sicheren Betrieb eines Bahnübergangs notwendige Relaisbaugruppen. Die Einbindung eines oder mehrerer Hilfseinschalttaster (HET) ist optional möglich.

Wie der Mastercontroller eines Stellwerks besitzt auch der BÜ-Controller über den LWL-Bus der Meldeebene eine direkte Anbindung an die Leitstellenebene. Dadurch ist es dem Fahrdienstleiter möglich, dem Bahnübergang zu überwachen und zu bedienen.

Zwei weitere Ausgänge des BÜ-Controllers dienen der sicheren Übertragung von Zuständen der Bahnübergangssicherungsanlage an die Controllerebene im Stellwerk desjenigen Bahnhofs, in dessen Überwachungsbereich sich der Bahnübergang befindet. Als zusätzliche Absicherung dieser Verbindung dient der Grundstellungsausgang. Während der Sicherung des Bahnübergangs innerhalb einer Fahrstraße wird dieser Ausgang abgeschaltet. Diese Kontaktüberschaltungen sowie deren sicheres Einlesen durch die Controllerebene stellen die Abhängigkeiten des Bahnübergangs mit den deckenden Hauptsignalen her.

### 5.5 Achszählebene

Die Achszählebene bildet das ACS 2000-System der Firma Frauscher. Aufgrund der LWL-Verbindung aller benachbarten Stellwerke ist es damit möglich, sämtliche Streckenabschnitte in deren Bereich lückenlos zu überwachen. Die Frei- und Belegtmeldungen aller Achszählkreise werden von den Zählbaugruppen (ACB) antivalent an die Controllerebene potenzialfrei gemeldet.

### 6 Diagnose

SIGMA® bietet mit seinen Rechnersystemen neben den beim Fahrdienstleiter angezeigten Meldungen dem Wartungspersonal die Möglichkeit, an den Displays der

einzelnen Baugruppen den jeweiligen Elementzustand ablesen zu können. Eventuell vorhandene Störmeldungen werden per Laufschrift angezeigt. Diese ausführliche Anzeige reduziert den Zeitaufwand bei der Behebung von Störungen und Unregelmäßigkeiten erheblich. Zudem können mit Historienspeicherbaugruppen Betriebsabläufe eines Stellwerks aufgezeichnet und über Abspielprogramme nachträglich analysiert werden.

## 7 Die Außenanlagen

Die ganze Anlage umfasst 32 Hauptsignale, 4 Fahrtmelder, 69 Radsensoren, 28 Weichen und 37 Weichenlagesignale.

Die Signalisierung gibt grundsätzlich nur die Fahrerlaubnis, nicht aber die zulässige Geschwindigkeit vor. Diese hat der Lokomotivführer aus der Streckenneigung, der Weichenstellung und weiteren Kriterien zu ermitteln. Deshalb werden alle Fahrstraßen mit dem Fahrtbegriff 1 (Hp 1) angezeigt. Die Folgefahrt wird in Anlehnung an das in der Schweiz verwendete Signal für besetzte Einfahrt (waagerechter, orangefarbener Balken) signalisiert. Dieser ist im Hauptsignal integriert und ist nichts anderes als der Fahrtbegriff 2 (Hp 2) mit einer zu einem Balken geformten Signaloptik.

Die Hauptsignale wurden - soweit möglich - mittels Konsolen an Fahrleitungsmasten oder Tragwerken der Lawinengalerien aufgehängt. Freistehende Signalständer wie auch die Konsolen bestehen aus einem

**SIGMA**  
Signalanlagen modular aufgebaut

*bringt Sie sicher ans Ziel!*

Stellwerke      Fahrsignalanlagen      EOW-Technik  
Zugsicherungssysteme      Informationstechnik      Industrieelektronik

Verkehrstechnik aus Braunschweig

**BBR**  
Baudis Bergmann Rösch  
Verkehrstechnik GmbH

www.bbr-vt.de Tel: 0531 / 27300-0





Bild 5: Ausfahrtsignal, montiert an einem Fahrleitungsmast (Das Signal zeigt Fahrt für einen Folgezug. Der durch den Lokführer einzuhaltende Mindestabstand zweier Züge beträgt 100m. Im Hintergrund das Einfahrtsignal mit eigenem Mast.)

Rohr mit 108 mm Durchmesser und ermöglichen identische Befestigungen für alle Signale. Jedes Signal trägt einen Klemmenkasten, der zur Feinverteilung der Kabel auf die einzelnen Elemente dient. Auf der Frontseite jedes Kastens sind die Bedienelemente für die örtliche Einstellung der Fahrstraßen und der Weichenortsbedienung über eine abschließbare Klappe zugänglich. Die Signale der windexponierten Bahnhöfe Salzegg und Kleine Scheidegg werden mit einer über alle Signallinsen reichenden, beheizten Scheibe vor Schneeverwehungen geschützt (Bild 5). Als Signalgeber werden nicht wie in bisher üblicher Bauweise Glühlampen mit Signallinsen verwendet, sondern farbige Leuchtdioden (LED). Die Serien-Parallelschaltung gewährt auch beim Ausfall einer oder mehrerer Leuchtdioden eine genügende Leuchtstärke. Da die Leuchtdioden gegenüber Glühlampen eine wesentlich größere

Lebenserwartung haben, kann auf eine Nebenfadenschaltung verzichtet werden. Bei den Übergängen von zwei- auf eingleisige Strecken und auf den Endbahnhöfen wurden Gleis-Ausfahrtsignale (für ein einzelnes Gleis geltende Ausfahrtsignale) aufgestellt. Im Bahnhof Grund hat jedes Gleis einen zugeordneten Fahrmelder. Auf den übrigen Bahnhöfen gilt das Ausfahrtsignal für beide Gleise (Gruppen-Ausfahrtsignal). Im Bahnhof Grund mit 10 Weichen sind die Weichenlagesignale neben den einzelnen Weichen aufgestellt. Auf den übrigen Bahnhöfen mit einer bis drei Weichen wird die Weichenlage am Hauptsignal angezeigt. Bei Gleis-Ausfahrtsignalen wird die „feindliche“ Weichenlage mit dem Sperrsignalbegriff (absoluter Halt) angezeigt. Die meisten Weichen waren bisher Handweichen. Der Anbau der Antriebe geschah durch die bahneigene Werkstätte. Verwendet wurden elektrohydraulische An-



Bild 6: Kreuzung in Grindelwald Grund (Der drehbare Teil der Zahnstange ist an der speziellen Zahnstangenkonstruktion erkennbar. Da in den schweizerischen Fahrdienstvorschriften kein Signal zur Kennzeichnung des fahrtberechtigten Stranges einer Kreuzung mit Zahnstange existiert, wurde ein spezielles Signal kreiert.)

triebe von Alcatel. Da Zahnstangenweichen nicht auffahrbar sind, wurden nicht auffahrbare Antriebe mit innerem Verschluss verwendet. Bei Weichen in größeren Neigungen werden die Zahnstangenwechsel zusätzlich mit Endlagemeldern überwacht. Bei neu einzubauenden Weichen wird der Zahnstangenwechsel nicht über ein Gestänge angetrieben. Sowohl die Zungen als auch der Zahnstangenwechsel haben je einen Hohlschwellenantrieb S 700K von Siemens. Sie werden vom Stellwerk über die klassische Vierdrahtschaltung angesteuert. Die Umsetzung auf zwei Antriebe geschieht über die Zwischenschaltung „Siwes S5“ von Siemens. Im Bahnhof Grund musste aufgrund der engen Platzverhältnisse eine Kreuzung eingebaut werden. Im Gegensatz zur üblichen Kreuzung ohne bewegliche Teile muss die Zahnstange in das zu befahrende Gleis umgelegt werden. Dies geschieht ebenfalls über einen Hohlschwellenantrieb (Bild 6). Im Stellwerk wird die Kreuzung als Weiche behandelt [3].

## 8 Die behördliche Zulassung und Genehmigung der Anlage

Seit Jahrzehnten werden Stellwerke aus Deutschland in der Schweiz verwendet. Als Beispiele seien die mechanischen Stellwerke von Jüdel und Bruchsal, die elektromechanischen Ausführungen von VES oder die Relais-Spurplanstellwerke von Siemens erwähnt. Die in der Schweiz entwickelten und angewendeten Stellwerkstypen unterscheiden sich deshalb nicht grundsätzlich von der in Deutschland eingesetzten Technik. Daraus haben sich, trotz unterschiedlicher Fahrdienstvorschriften, viele Gemeinsamkeiten herausgebildet, welche die Anwendung von Stellwerken deutscher Herkunft in der Schweiz erleichtern.

Trotzdem stellte die Typzulassung dieses Stellwerkstyps die Lieferfirma BBR und die schweizerische Aufsichtsbehörde, das Bundesamt für Verkehr BAV, vor einige Probleme, die aber nach Überwindung einiger Anfangsschwierigkeiten gelöst werden konnten. Die Aufforderung des schweizerischen Verkehrsministers, wonach Zulassungen vergleichbarer Objekte gegenseitig anzuerkennen seien (Cross-Acceptance), konnte dank der Anstrengungen und dem guten Willen der Aufsichtsbehörde BAV umgesetzt werden. Da für alle Stellwerkskomponenten Zulassungen des Eisenbahnbundesamtes EBA oder des entsprechenden Landesbevollmächtigten vorliegen, beauftragte das BAV den TÜV Süddeutschland mit einer sicherheitstechnischen Begutachtung der Typzulassung und deren Anwendbarkeit auf den vorliegenden Fall.

Um eine Betriebsbewilligung zu erhalten, ist neben der Zulassung des Stellwerkstyps ein Plangenehmigungsverfahren notwendig. Dieses wurde ebenfalls vom Bundesamt für Verkehr BAV geleitet. Die dazu



notwendigen sicherheitsorientierten Prüfungen wurden durch einen unabhängigen Sachverständigen durchgeführt. Diese Aufgabe wurde der Firma BÄR Ingenieurbüro für Bahnsicherung übertragen und gliederte sich in die folgenden drei Phasen.

- Phase Auflageprojekt: Ein generelles Verfahren mit Überprüfung der Zweckmäßigkeit und Gesetzeskonformität der beantragten Lösung sowie der Behandlung der Rechte Dritter. Dieses Verfahren war die Voraussetzung für die Montage der Außenanlagen.
- Phase Ausführungsprojekt: Ein detailliertes Planprüfungsverfahren mit Überprüfung aller sicherheitsrelevanten Aspekte (Lageplan, Verschlussplan, Signale, Sicherheitsnachweise).
- Phase Ausführung: Ein sicherheitstechnisches Abnahmeprüfungsverfahren mit einer Prüfung der betriebsbereiten Innenanlage im Werk und einer Prüfung der Gesamtanlage vor Ort.

Die Verfahren konnten ohne wesentliche Einsparungen abgewickelt werden und ermöglichten damit eine termingerechte Inbetriebnahme.

Die Anpassung an die schweizerischen Fahrdienstvorschriften beschränkte sich auf die Besonderheiten der Zahnradbahnen wie zum Beispiel Folgefahrten und gleichzeitige Einfahrten. Weitergehende „Helvetisierungen“ wurden weitgehend vermieden. Insbesondere wurden die in Deutschland verwendeten Begriffe beibehalten.

## 9 Die Montage und Inbetriebnahme

Die Strecke liegt auf 900 bis 2.100 m über NN. In diesen Höhenlagen ist eine Montage der Außenanlagen nur während der Sommermonate möglich. Die Montagearbeiten begannen im Juni 2003 und wurden Mitte November 2003 abgeschlossen.

- Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen (ESBO) vom 25.02.1972
- Eisenbahn-Signalordnung (ESO 1959) Ausgabe 1987
- Anordnung 13/74 nach ESBO
- Vorschrift über die Sicherung von Bahnübergängen bei Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (BÜV NE)
- Fahrdienstvorschrift für Bayerische Zugspitzbahn (FV-BZB), Ausgabe 1996
- Vorschrift für die Bedienung von Signalanlagen für Nichtbundeseigene Eisenbahnen (SIG VB-NE)
- Richtlinien für die Montage und Instandhaltung von Signalanlagen bei Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (SIG MI-NE) – Entwurf
- DIN V VDE 0831: Elektrische Eisenbahnsignalanlagen
- Fallweise Mü 8004: Grundsätze zur technischen Zulassung in der Signal und Nachrichtentechnik
- DIN V VDE 19250: Grundlegende Sicherheitsbetrachtungen für MSR-Schutzeinrichtungen
- DIN V VDE 0801: Grundsätze für Rechner in Systemen mit Sicherheitsaufgaben
- Die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften der Straßen-, U-Bahnen und Eisenbahnen (UVV)

zusätzlich für die Schweiz:

- Eisenbahngesetz (EBG, SR 742.101) vom 20. Dezember 1957 (Stand 1. Oktober 1992)
- Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV, SR 742.141.1) vom 23. November 1983 (Stand 12. April 2000)
- Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV inkl. Kommentare) vom 1. Januar 1994 (Stand 1. Oktober 2001)
- Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen (VPVE, SR 742.142.1) vom 2. 2. 2000 (Stand 1. 5. 2001)
- Richtlinie des BAV zu Art. 3 VPVE: Anforderungen an Planvorlagen vom 1. März 2000
- Richtlinie des BAV zu Art. 7 EBV: Typenzulassungen für Bauelemente und Sicherungsanlagen vom 1. April 2002
- Verordnung über die Signalisierung von Bahnübergängen (SR 742.148.31) vom 15. Dezember 1975 (Stand 4. August 1998)
- Verordnung über den Bau von automatischen Anlagen zur Sicherung von Niveauübergängen (SR 742.148.311) vom 15. Juli 1970 (Stand 1. Januar 1977, entspricht den Ausführungsbestimmungen zu Verordnung über die Signalisierung von Bahnübergängen)
- Sammlung der bundesrechtlichen Vorschriften über Elektrische Anlagen: Bundesgesetz und Verordnungen betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (SR 734.0-2, 25-27, 31, 41)
- Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen (VEAB, SR 734.42) vom 5. Dezember 1994 (Stand 1. Juli 1995)
- Ausführungsbestimmungen zur Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen (AB-VEAB, SR 734.42) vom 31. Mai 1995
- Verordnung über den Schutz gegen elektromagnetische Störungen (SR 734.35)
- Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV, SR 734.5) vom 9. April 1997
- Schweizerische Fahrdienstvorschriften FDV, WAB/JB/SPB vom 14. 12. 2003
- Schematischer Signalplan WAB Gr – Ks IBB 43618 100/01 d vom 26. 11. 2002

Tabelle 2: Bei der Planung und Realisierung einbezogene Normen

Die Montage-Equipe der von BBR beauftragten Firma Maschinsky & Krause aus Görlitz wurde durch Mitarbeiter der WAB unterstützt. Die Zusammenarbeit unter den beteiligten Mitarbeitern war ausgezeichnet und vom gemeinsamen Ziel der termingerechten Inbetriebnahme der Stellwerksanlage geprägt. Die Anlage läuft seit Mitte Dezember sehr zuverlässig. Kinderkrankheiten beschränkten sich auf einige wenige Softwarefehler.

Die Wahl des SIGMA®-Stellwerks von BBR mit seiner konsequent modularen und nach einheitlichen Grundsätzen aufgebauten flexiblen Systemarchitektur erwies sich auch bei der Wengernalpbahn als praktikabler Weg, die oben geschilderten besonderen Betriebsbedingungen mit den hohen Sicherheitsanforderungen der Anforderungskategorie 6 in Einklang zu bringen.

Die Anlage kostet inklusive Tiefbauarbeiten und bahneigener Leistungen vier Millionen Euro.

## Literatur

- [1] Schlunegger, H.: Die Modernisierung der Strecke Grindelwald - Kleine Scheidegg der Wengernalpbahn. Schweizer Eisenbahn-Revue, 2001, Heft 1.
- [2] Linhardt, A.: BBR-Sicherungstechnik für die Pilotstrecke Altchemnitz - Stollberg. Stadtverkehr, 2003, Heft 3.
- [3] Schlunegger, H.: Neue Stellwerksanlagen der Strecke Grindelwald – Kleine Scheidegg der Wengernalpbahn (WAB). Schweizer Eisenbahn-Revue, 2004, Heft 2.

## SUMMARY

### Interlocking system for the Grindelwald – Kleine Scheidegg line

The Wengernalp Railway (WAB) is part of the Jungfrau Railway Group. There are only two short sections equipped with an interlocking system. The Grindelwald – Kleine Scheidegg line has been completely renewed and includes a new interlocking system that conforms to the specifications for pure rack railways. The selected and installed SIGMA® interlocking system from BBR allows flexible adjustments at both safety and remote control levels. The track-clear signalling system is based on axle counters and covers the whole line. Attention is drawn to the special features of rack points and a rack crossing. Unambiguous signalling avoids the possibility of running against a wrongly seated point. This interlocking system is the first of its kind in Switzerland and required authorization and certification by the Swiss Federal Office of Transport.