









	Vakuum	Wasser 40 °C	Wasser 0 °C	Papier	Luft	Petroleum	Barium titanat	PE	PTFE	PVC 50 Hz
Dielektrizitätskonstante	1	73,4	88	3,7	1	2,1	$10^2 \cdot 10^3$	2,4	2,1	3,5

Tab. 4: Relative Dielektrizitätskonstante für unterschiedliche Materialien

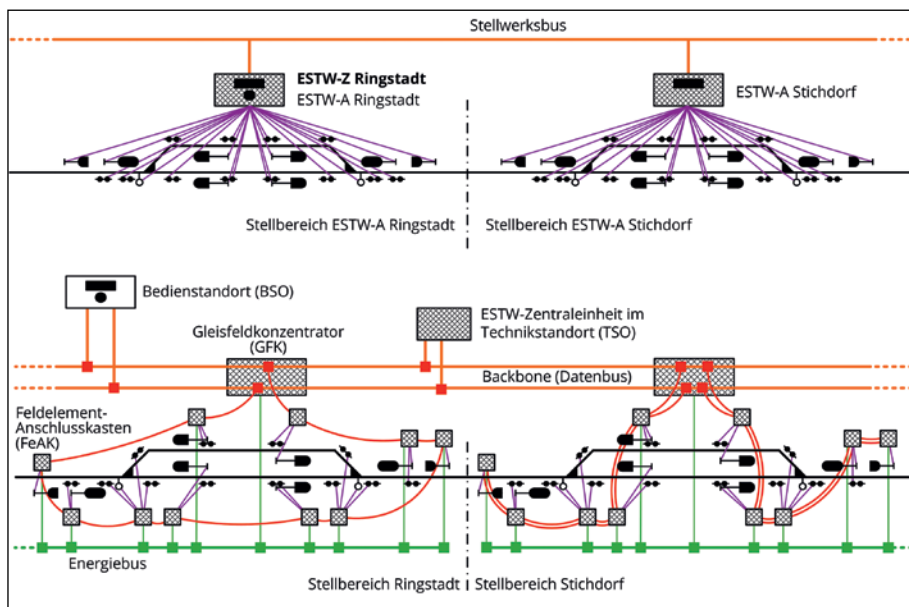


Abb. 7: Herkömmliche Anlagenstruktur (oben) versus zukünftige Anlagenstruktur (unten) eines ESTW

Quelle: [9]

Feuchtigkeit verdrängen die Luft zwischen den Aderisolationen und erhöhen in Folge die Kapazität erheblich. Lange Zeit galten Signalkabel mit einem PE- oder PVC-Mantel in der Fachwelt als querwasserdicht, solange Wasser und Feuchtigkeit von außen nicht durch den Kabelmantel zur Kabelseele vordringen kann [3]. Doch das beobachtete Phänomen, dass Feuchtigkeit in verlegte Kabelstrecken kriechen konnte, bedurfte einer Erklärung und vor allem einer konstruktiven Antwort.

Sind Kabel für längere Zeit Feuchtigkeit und Wasser ausgesetzt, können die Wassermoleküle durch den Mantel diffundieren. Wie alle Kunststoffe besitzen auch die klassischen Mantelwerkstoffe PE, PVC etc. eine Dampfdiffusionszahl. Zwischen den Jahren 2010 und 2014 entwickelten führende Kabelhersteller daher im Auftrag der Bahn alternative Lösungen für strapazierfähige, längs- und querwasserfeste Signalkabel. Die Entscheidung fiel auf eine Kombination aus der kapazitätsarmen fettartigen Füllmasse Füllnidz, um das Ausbreiten von Wasser in Längsrichtung zu verhindern, sowie einem Schichtenmantel für die Querwasserfestigkeit. Der Schichtenmantel besteht aus einem längseinlaufenden Aluminiumband um die Kabelseele, das mit dem PE-Kabelmantel sowie im Überlappungsbereich mit sich selbst verklebt wird. Die Prüfungen für die Querwasserfestigkeit sind in den Lastenheften der Bahn [5, 6] beschrieben.

### Ausblick in die Zukunft

#### Quo vadis? Die Zukunft der Signalkabel

Die Frage zielt in der Regel darauf ab, zu klären, wie lange kupferbasierte Signalkabel noch verbaut werden. Der Zeithorizont hat einerseits einen technologischen und andererseits einen zeitlichen Aspekt: Wann wird die Digitalisierung mit den zwei Hauptprojekten DSTW (digitales Stellwerk) und ETCS Level 2 (standardisiertes europäisches Zugbeeinflussungssystem) umgesetzt sein, und werden damit Signale an der Strecke komplett obsolet?

Nach den Vorstellungen der DB ist mit der Umstellung auf DSTW die Verkabelung mit Glasfaser bis ans Feldelement geplant. Die Stellbefehle sollen zukünftig IP-basiert auf einer Leitung für mehrere Feldelemente übermittelt werden, statt diese einzeln zu verkabeln. Im Zuge dieser Umstellung auf digitale Systeme werden Daten- und Energieübertragung für die primäre Stellentfernung zwischen Stellwerkslogik und Element Controller getrennt. Nur für die sekundäre Stellentfernung zwischen Element Controller und Element (violette Linien in Abb. 7) werden Daten und Energie weiterhin gemeinsam über Kupferkabel übertragen [7, 8]. Da verbindliche Rolloutpläne fehlen, ist auch eine Abkündigung des Kupfer-Signalkabels noch in weiter Ferne. Wie bei jedem Übergang in ein neues, technologisches System existieren die Systeme der vorherigen Generation weiter [1].

Eines kann man aber mit Sicherheit sagen: Keine der kommenden technologischen Entwicklungen in der LST wird an der Kabeltechnologie scheitern. Bereits heute lassen sich über die Kupferleiter analoge und digitale Daten übertragen, und andererseits werden vielerorts bereits Lichtwellenleiter (LWL) für die Signalübertragung genutzt. LWL besitzen nicht nur eine hohe Datenkapazität, sie sind darüber hinaus unempfindlich gegen elektromagnetische Beeinflussung (EMB). Sie sind darüber hinaus sehr weit ausgereift. Aus heutiger Sicht lässt sich daher prognostizieren, dass zusätzliche Anforderungen an Eigenschaften und Funktionalität der Glasfaser, die sich aus der fortschreitenden Digitalisierung ergeben könnten, technisch gelöst werden können. ■

### QUELLEN

- [1] Bachurina, D.; Maschek, U.: Die Leit- und Sicherungstechnik im Spiegel der industriellen Revolutionen, DER EISENBÄHNINGENIEUR, 1/2018, S. 10-13
- [2] Baumann, R.; Boldt, A.: Kabelanlagen, in Handbuch Eisenbahninfrastruktur, L. Fendrich; W. Fengler (Hrsg.), Wiesbaden, Springer-Verlag Deutschland, 2019, S. 831-864
- [3] Hoffmann, A.: Physikalische und elektrische Eigenschaften gefüllter Bahnsignalkabel, EIK – EISENBÄHNINGENIEURKALENDER 2014, S. 167-180, 2014
- [4] DB TK 416.0116 V2.0
- [5] DB TL 416.0114
- [6] DB TL 416.0113
- [7] Trinckauf, J.: Digitalisierung in der Bahnsicherungstechnik, Technik in Bayern, 4/2019, S. 14-15
- [8] Maschek, U.: Sicherung des Schienenverkehrs; Grundlagen und Planung der Leit- und Sicherungstechnik, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2018
- [9] Maschek, U.: Vorlesungsunterlage "Das NeuPro-ESTW", Dresden, 2021



#### Thomas Sorge

Leiter  
Marketing und Produktmanagement  
Bayerische Kabelwerke AG, Roth  
sorge.t@bayka.de



#### Dipl.-Betriebsw. (FH) Ina Falkner

Freie Fachjournalistin  
Marketing on Demand,  
Rednitzhembach  
falkner@mond-online.com