















Weitergehend wurde auch eine Idee zur Integration der neuen Konzepte in eine Systemarchitektur vorgestellt. Als Bindeglied zwischen alten und neuen Sicherungssystemen dient dabei ein Aggregator. Dieser fusioniert alle verfügbaren Ortungsdaten und gibt sie in geeigneter Form an die angeschlossenen Sicherungssysteme weiter.

Die beschriebenen Ansätze erfordern tiefgreifende Änderungen an mehreren sicherheitsrelevanten Teilsystemen zur Sicherung von Zugfahrten. Dafür ist am Ende ein sicheres und dennoch effizientes Bahnsystem der Zukunft zu erwarten. Die hier beschriebenen Ansätze fließen teilweise bereits in laufende Spezifikationsarbeiten ein und sollen darüber hinaus vor allem als Ausgangspunkt für weitere Diskussionen und notwendige sowie fokussierte Entwicklungsarbeiten gesehen werden. ■

may be used, as dynamic uncertainties are not handled appropriately in conventional interlockings. In contrast to that, the aggregator transmits the positioning data for new safety systems, e.g. as PDF.

## 6 Summary

Generally applicable requirements for localisation systems have been derived from the generalised observation of the train movement safety system. Accordingly, it is not necessary to require specific localisation accuracy to ensure safe train operations, provided the positioning uncertainties are known with a sufficient degree of accuracy. This requirement is easier to prove than a global demand for specific localisation accuracy. This would, therefore, speed up the introduction of new continuous localisation systems (kontinOus). However, if the new requirements are to be applicable, new safety concepts need to be implemented which are able to deal with dynamic uncertainties in positioning data.

Two potential approaches to handling positioning data affected by uncertainties in new safety systems have been presented. One is based on concrete track occupancies and the other one is based on the determination of collision probabilities.

Furthermore, an idea to integrate these new concepts into a system architecture has also been presented. An aggregator serves as a link between old and new safety systems. It fuses all the available positioning data and transmits it to the connected safety systems in a suitable form.

The described approaches require deep changes to several safety-relevant subsystems, but in the end a safe and yet efficient railway system of the future can be expected. The approaches described here are already being partly incorporated into ongoing specification work. Furthermore, they should be seen as the starting point for necessary and more focused discussions on this topic. ■

## LITERATUR | LITERATURE

- [1] Doppelbauer, J.: Command and Control 4.0, IRSE News Juli/August 2018
- [2] Marais, J.; Beugin, J.; Berbineau, M.: A Survey of GNSS-Based Research and Developments for the European Railway Signaling, IEEE Transactions on Intelligent Transportations Systems, Band 18, Nr. 10, S. 2602–2618, Okt. 2017
- [3] Otegui, J.; Bahillo, A.; Lopetegi, I.; Díez, L. E.: A Survey of Train Positioning Solutions, IEEE Sensors Journal, Band 17, Nr. 20, S. 6788–6797, Aug. 2017
- [4] Grimm, M.; Hartwig, K.; Hörste, M. M. zu: Anforderungen an eine sicherheitsrelevante Ortung im Schienenverkehr, 20. Verkehrswissenschaftliche Tage, TU Dresden, Sep. 2005
- [5] Schmidt, S.; Grabowski, D.: Das „ETCS-Stellwerk“, SIGNAL+DRAHT, S. 29–39, Okt. 2018

## AUTOREN | AUTHORS

### Hanno Winter, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / *Scientific staff*  
 TU Darmstadt  
 Anschrift/Address: Landgraf-Georg-Straße 4, D-64283 Darmstadt  
 E-Mail: hanno@winter-zw.de

### Lukas Priebe, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / *Scientific staff*  
 TU Darmstadt  
 Anschrift/Address: Franziska-Braun-Str. 7, D-64287 Darmstadt  
 E-Mail: lukas.priebe@web.de

### Dipl.-Ing. (FH) Max Schubert

Geschäftsführer / *Managing Director*  
 INCYDE GmbH  
 Anschrift/Address: Schaumainkai 91, D-60596 Frankfurt am Main  
 E-Mail: max-schubert@gmx.de