

# HEITEC

engineering solutions



## Bewegte Zuverlässigkeit

Das Potenzial der Embedded Systemplattform  
HeiSys zeigt sich besonders im mobilen Einsatz

Genau wie in vielen anderen Lebensbereichen ist der Einsatz elektronischer Systeme in Fahrzeugen auf Straße und Schiene oder in Flugzeugen zum festen Bestandteil geworden. Zudem erobert die fortschreitende Digitalisierung immer mehr Einsatzfelder, die damit sicherer und komfortabler gestaltet werden. Im Verkehrswesen ist es beispielsweise die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur, der Fahrzeuge untereinander, die Steuerung integrierter Logistikketten bei Nutzfahrzeugen, die Ferndiagnose zur Behebung technischer Probleme, Passagierinformationssysteme oder das vielbeschworene autonome Fahren. Um Störfaktoren und Verspätungen zu eliminieren und die Beförderung von Personen und Gütern zukunftsicherer zu machen, ist auch die Modernisierung des öffentlichen Schienennetzes unumgänglich. Vorhandene Systeme können die erforderlichen Aufgaben und wachsende Anzahl von Zügen häufig nicht mehr zufriedenstellend bewältigen. Es gilt also neue, hochleistungsfähige und ausfallsichere Systeme zu implementieren und die komplette Infrastruktur neu zu ordnen. Hierbei unterstützen die Systeme das Strecken- und Routen-Management in den Bereichen Auslastung und Sicherheit.

Während bisherige Block-Signalsysteme an ihren jeweiligen Blockabschnitt gebunden waren und lediglich eine Doppelbelegung des jeweiligen Streckenabschnitts verhinderten, sind moderne Signal-Systeme mit Funktechnologie flexibel und geben eine genaue Zugposition wieder. Herkömmliche Signalsysteme teilten die Strecke in feste Blöcke ein, die dann von je einem Zug besetzt wurden. Heute vertrauen fortschrittliche funkgesteuerte Zugsysteme (CBTC – Communication-Based Train Control) auf das mobile Bewegungsblockprinzip. Sie verwenden eine hochauflösende Zugstandortbestimmung und eine kontinuierliche, hochleistungsfähige, bidirektionale Zug-zu-Wege-Datenkommunikation, wobei die Züge fortwährend ihren Status an entlang der Strecken (Wayside) angebrachte Anlagen mitteilen. Zug- und wegeitig sind automatische Zugschutzfunktionen (ATP – automatic train protection) sowie optionale Funktionen für den automatischen Zugbetrieb (ATO – automatic train operation) und die automatische Zugüberwachung (ATS – automatic train stop) implementiert. Die übermittelten Informationen beinhalten unter anderem Positionsangaben, Richtung, Geschwindigkeit und Bremsweg, woraus sich der Platzbedarf

des Zuges auf dem Gleis ergibt und Punkte definiert werden, die für andere Züge ausgeschlossen sind. Position und Bremskurve werden kontinuierlich berechnet und per Funk an die Infrastruktur übermittelt, die Blocks je nach Bedarf vergrößert oder verkleinert, die Entfernungen und Geschwindigkeiten entsprechend angepasst.

Von der Präzision der Systeme im Zug hängt sehr viel ab. Die Genauigkeit dieser neuen Systeme ermöglichen es, den Sicherheitsabstand zwischen zwei Zügen zu verringern, der im Verhältnis von aktuellem Standort, Geschwindigkeit sowie den Sicherheitsanforderungen errechnet wird - angesichts der steigenden Verkehrsdichte ein wichtiges Kriterium für die Erhöhung der Beförderungskapazität sowie der Reduzierung von Verspätungen. Auf dem Weg zum Autonomen Fahren/fahrerlosen Betrieb wird CBTC als bedeutender Bestandteil betrachtet (siehe auch die Automatisierungsgrade wie sie in der IEC 62290-1 klassifiziert sind). Je höher die Klassifizierung, desto höher auch die Anforderungen an Funktionalität, Leistung und Sicherheit. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass CBTC-Systeme eine optimale Nutzung der Infrastruktur, maximale Auslastung und minimale Abstände zwischen den Zügen unter Einhaltung aller Sicherheitsaspekte ermöglichen.

Ein kompaktes System und einfache Architektur sind für CBTC-Technologie Schlüsselkriterien, vor allem wenn es darum geht, bestehende Systeme zu modernisieren, möglichst ohne den Betrieb zu stören. Ändern sich Betriebspläne, die Nachfrage oder Verkehrslage können neue Systeme schneller und flexibler reagieren als ältere Anlagen. Außerdem eröffnen automatisierte Fahrstrategien sowie skalierbare Transportangebote angepasst an den realen Bedarf deutliche Energieeinsparungen und mehr Effizienz.

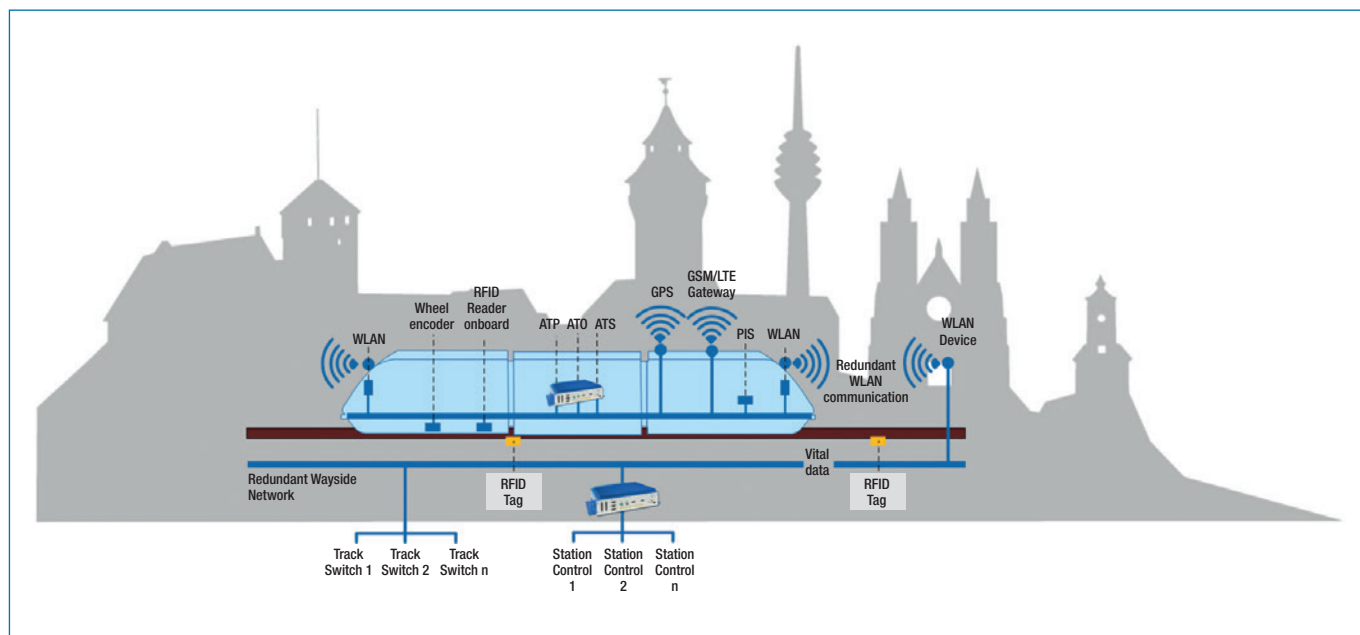


Abbildung 1

Die typische Architektur eines modernen CBTC-Systems ist in Abbildung 1 dargestellt und umfasst die folgenden Elemente:

- Wegeausrüstung, zu der das Stellwerk und die Subsysteme gehören, die jede Zone im Netzwerk steuern (in der Regel mit den Funktionen ATP und ATO am Streckenverlauf), je nach Anbieter zentralisiert oder verteilt. Die Steuerung des Systems erfolgt über einen zentralen Befehl ATS, lokale Steuerungssysteme können jedoch auch als Notfalllösung mit einbezogen werden.
- Funkbasiertes Zug zum Weg-Kommunikationssystem.

Obwohl eine CBTC-Architektur immer vom jeweiligen technischen Ansatz abhängt, können die folgenden logischen Komponenten im Allgemeinen in einer typischen CBTC-Architektur gefunden werden:

- Onboard ETCS-System. Dieses Teilsystem ist für die kontinuierliche Steuerung der Zugeschwindigkeit entsprechend dem Sicherheitsprofil und, wenn nötig, das Auslösen der Bremse verantwortlich. Es ist auch für die Kommunikation mit dem am Weg installierten ATP-Subsystem zuständig, um die für einen sicheren Betrieb erforderlichen Informationen auszutauschen (Signalgeschwindigkeit, Bremsweg und Empfang
- der Verkehrsbeschränkungen für einen sicheren Betrieb).
- Das Onboard ATO-System ist für die automatische Steuerung des Traktions- und Bremsaufwands verantwortlich, um den Zug unter der vom ATP-Teilsystem festgelegten Schwelle zu halten. Seine Hauptaufgabe besteht entweder darin, dem Fahrer zu assistieren oder den Zug sogar vollautomatisch zu betreiben, während die Verkehrsregulierungsziele und der Fahrgastkomfort beibehalten werden.
- ETCS-System an der Strecke. Dieses Teilsystem übernimmt die Verwaltung aller Verbindungen mit den anderen Zügen im jeweiligen Gebiet. Darüber hinaus berechnet es die Einhaltung der Kriterien, die jeder Zug beachten muss, während er in einem bestimmten Gebiet unterwegs ist.
- Das Wayside-ATO-System ist für die Kontrolle der Ziele und Regulierungsziele jedes Zuges zuständig. Die an der Strecke angebundene ATO-Funktionalität versorgt alle Züge im System mit Informationen zum Ziel sowie mit anderen Daten wie der Verweilzeit in den Bahnhöfen.
- Kommunikationssystem. Die CBTC-Systeme integrieren ein digitales, vernetztes Funksystem mittels Antennen oder Zubringerkabel für die bidirektionale Kommunikation zwischen Gleisanlagen und Zügen. Häufig wird ein 2,4 GHz-Frequenzband in diesen Systemen verwendet (wie WiFi), obwohl auch alternative Frequenzen wie 900 MHz (US), 5,8 GHz oder andere lizenzierte Frequenzbänder verwendet werden können.

- Ein ATS-System ist in die meisten CBTC-Lösungen integriert. Seine Hauptaufgabe besteht darin, als Schnittstelle zwischen dem Bediener und dem System zu fungieren und den Verkehr nach den spezifischen Regulierungskriterien zu verwalten. Weitere Aufgaben können das Ereignis und Alarmmanagement sowie die Schnittstelle zu externen Systemen sein.
- Ein Verriegelungssystem ist bei Bedarf als unabhängiges Subsystem (z.B. als Fallbacksystem) einzusetzen und für die Steuerung der strecken-seitigen Objekte wie Schalter oder Signale sowie anderer damit verbundener Funktionen verantwortlich. Bei einfacheren Netzwerken oder Leitungen kann die Funktionalität des Stellwerks in das AM-seitige ATP-System integriert werden.

Aufgrund der strikten Sicherheitsbestimmungen und zu beachtenden Normen muss es im System für jedes erdenkliche Krisenszenario eine Lösung geben. Fällt z.B. die Kommunikation zu einem der Züge aus, muss ein ausfallsicherer Zustand (Fail-Safe-State) garantiert sein, bis das Problem behoben ist, etwa Verringerung der Geschwindigkeit, Abstoppen des Zuges oder reduzierter Modus. Ist der Ausfall von Dauer, muss ein Notfallplan vorhanden sein, der eine Ersatzlösung bereitstellt. Kommunikationsausfälle sind oft durch elektromagnetische Störungen, Signalschwäche oder Bandbreitenprobleme begründet. Hochverfügbarkeit von CBTC-Systemen ist für einen störungsfreien Betrieb vital, daher sind Robustheit und einfache Wartung maßgebliche Ziele bei der Systemkonzeption. Der Einsatz mobiler Systeme erfordert ineinandergreifende Sicherheitsmaßnahmen. Dafür gibt es eine Reihe von Normen, die zu beachten sind. Im Folgenden seien die wichtigsten genannt:

DIN EN 50155 beschreibt die Vorgaben, die bei der Konstruktion, Fertigung und Prüfung von auf Schienenfahrzeugen eingebauten elektronischen Betriebsmitteln erfüllt werden müssen. Sie spezifiziert die elektrischen sowie die Umweltbedingungen für den Betrieb. Die Norm gilt für alle elektronischen Betriebsmittel für die Steuerung, die Regelung, den Schutz, die Diagnose, die Versorgung usw., die auf Schienenfahrzeugen installiert sind.

EN45545 ist eine Materialprüfnorm, die seit 2016 europaweit die brandschutztechnischen Anforderungen an

verwendete Werkstoffe und Komponenten in Schienenfahrzeugen definiert, um im Falle eines Brandes Fahrgäste und Personal zu schützen.

Die Europäische Norm DIN EN 50153 dient dem Schutz gegen elektrischen Schlag und stellt Forderungen an die Hersteller, die sie während der Konzipierung und Herstellung von elektrischen Einrichtungen und Betriebsmitteln in Fahrzeugen berücksichtigen müssen.

DIN EN 50124-1 beschreibt die Isolationskoordination bei Bahnen. Sie ist anwendbar für elektrische Betriebsmittel für den Einsatz in Bahnsignalanlagen, Bahnfahrzeugen und ortsfesten Bahnanlagen. Die Isolationskoordination betrifft dabei die Auswahl, Dimensionierung und Zuordnung der Isolierungen elektrischer Betriebsmittel sowohl innerhalb als auch zwischen Betriebsmittelelementen.

Die Norm DIN EN50121-3-2 legt Grenzwerte und Messverfahren für die Störaussendung und Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Einrichtungen fest, die für die Verwendung in Schienenfahrzeugen vorgesehen sind. Die Spezifikationen gelten in Verbindung mit DIN EN 50121-1 (VDE 0115-121-1) und für den Frequenzbereich von 0 Hz bis 400 GHz. Die Störfestigkeitsprüfungen umfassen die Entladung statischer Elektrizität, einstrahlende hochfrequente elektromagnetische Felder einschließlich derjenigen von digitalen Funktelefonen beziehungsweise Handys, schnelle transiente elektrische Störgrößen (Impulsgruppen, Burst), Stoßspannungen sowie leitungsgeführte Störgrößen, die durch hochfrequente Felder induziert werden.

Als weitere zu beachtende Norm ist IEC 61373 zu nennen, welche die Anforderungen für Prüfungen mit rauschförmigem Schwingen und für Schockprüfungen von pneumatischen, elektrischen und elektronischen Betriebsmitteln und Bauteilen, die in Bahnfahrzeugen eingebaut sind, enthält.

HEITEC hat kürzlich seine HeiSys Systemplattform vorgestellt, die u. a. für robuste Anwendungen wie das Schienen-/Transportwesen ausgelegt und für Rolling Stock/Wayside zertifiziert ist und ebenfalls die genannten Normen abdeckt. Das Konzept basiert auf einer lüfterlosen, passiv gekühlten Systemlösung und besteht aus bewährten mechanischen sowie

elektronischen Komponenten. Alle externen Schnittstellen sind für robuste Anwendungen wie Schienen-/Transport designt und EN50155 konform. Anschlüsse, die als Serviceschnittstelle dienen, sind mit einer Deckplatte abgedeckt. Drahtlose Module und Speichermedien können optional vom Kunden installiert werden. Darüber hinaus bietet das System einen Voll-weitbereichs-Spannungseingang, der nominal von 24V-110V reicht und die Anforderungen der EN50155 erfüllt. Durch den Verzicht auf bewegliche Teile ist die Plattform besonders robust und ausfallsicher. Das Kühlkonzept basiert auf einer Konvektionskühlung und benötigt somit keine aktiven Lüfter.

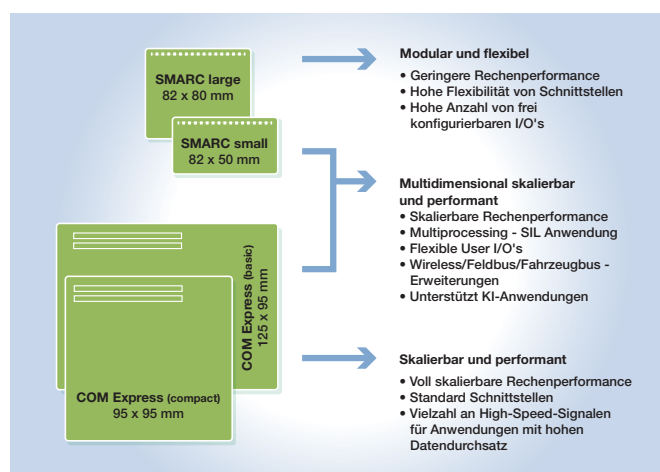
Wie bereits erwähnt, ist bedingt durch die stetig steigenden Anforderungen hinsichtlich Vernetzbarkeit, Ausfallsicherheit und Verfügbarkeit eine ebenfalls stetig durchzuführende Modernisierung des Transportwesens notwendig. Die Erweiterung oder der Ersatz bestehender Systeme mit neuen Wireless-Technologien eröffnet den Betreibern und Passagieren weitreichende neue Möglichkeiten – bringt jedoch auch Herausforderungen mit sich.

Funkkommunikationssysteme erbringen unter anderem das notwendige Echtzeitverhalten, stoßen aber bei Bandbreitenbeschränkungen oder etwa im Tunnel an ihre Grenzen. Mit Diensten über offene ISM-Bänder (d. h. 2,4 GHz und 5,8 GHz) und daraus resultierenden möglichen Störungen wächst der Druck zur Zuweisung spezieller Frequenzbänder. Wegen der erforderlichen Verfügbarkeit und dem Managen von Störfällen wird deshalb nicht nur auf eine Funk-Übertragungsmethode gesetzt.

HeiSys bietet die Möglichkeit mehrere Wireless Module gleichzeitig für WLAN, LTE, UMTS, GSM, LPWA, GPS/GLONASS bereitzustellen und bietet den Betreibern z.B. durch Verwendung von max. acht Sim-Karten unterschiedlicher LTE-Provider eine bestmögliche Funkanbindung – durch automatische Umschaltung in das geeignetste Netz. Durch die Auswahl geeigneter Elektronikkomponenten und Leiterplattenmaterialkombinationen erfüllt HeiSys die höchsten brand-schutztechnischen Anforderungen nach EN45545 HL3 (Hazard Level 3). Hierbei sind unter anderem Basis-material, Lötstopplack und Lackierung (finish coating) aufeinander abgestimmt. Das durchdachte Ground/Shield Konzept, Einhaltung der Sicherheitsabstände

von Luft- und Kriechstrecken oder die Auswahl von Bauteilen, welche die geforderten Isolationsspannungen übertreffen, festigen einen zuverlässigen Betrieb, ebenso wie ein spezieller Kühlkörper für die Wireless-Module, der eine Operabilität über 85 Grad sicherstellt.

Je nach Bedarf lässt sich die Plattform mit den gewünschten Schnittstellen und On-Board-Modulen ausstatten und mechanisch erweitern. Sie kann sowohl mit einer AC-Stromversorgung als auch einer Voll-weitbereichs-DC-Stromversorgung von 24 bis 110 V betrieben werden. Investitionssicherheit ist obendrein garantiert, da sie Upgrade-Fähigkeit, Leistungserweiterung und Schnittstellenerweiterung gewährleistet. Dabei wird eine nahezu komplette Wiederverwendbarkeit des Gehäuses und der Elektronikkomponenten sichergestellt – dies spart wichtige Zeit und Kosten. Durch geeignete Steckverbindungen, die skalierbare Auslegung und das „puristische“ Design beschränkt sich die Verkabelung auf ein Minimum und ist auch dadurch weniger störanfällig. Die kompakte Bauweise und ihr geringes Gewicht unter 4 kg sind ideal für die Anforderungen moderner, kommunikationsbasierter Steuerungssysteme. Die Plattform kann eine erhebliche Performance-Bandbreite abdecken. So ist es möglich, für weniger performante Anwendungen lediglich SMARC-Module zu verwenden. Der Ausbau mit lediglich einem COMe Modul schließt dort an, wo SMARC endet und erweitert die Performance-Range bis in den Server-Chip-Bereich. Der Maximalausbau mit SMARC und COMe bieten den Kunden unter Anderem Multi-Processing Anwendungen, nahezu unbegrenzt frei wählbare I/O Schnittstellen und die Möglichkeit, das immer wichtiger werdende Thema KI (Künstliche Intelligenz) abzudecken.



COM Express sowie SMARC sind Standards, welche im Host Betrieb operieren. Eine Kommunikation über PCIe ist im Normalfall so nicht möglich, da die Clock-Signale gegeneinander treiben und die PLL (phase-locked loop) nicht locked. Um dieses Problem zu umgehen, hat HEITEC eine zum Patent angemeldete Methode entwickelt, die eine Kommunikation über PCIe sicherstellt. In diesem Fall fungiert das COM Express Modul als Host und das SMARC Modul als Client.

Durch die Verwendbarkeit unter anderem als Gateway und Steuerung zugleich benötigt die Plattform weniger Bauteile und ist auch dadurch weniger stör anfällig. Wie in DIN EN 50155 gefordert, wird HeiSys umfassend getestet und neben dem Handbuch mit allen nötigen Dokumenten ausgeliefert.

## Zusammenfassung

Geräte und andere Betriebsmittel im mobilen Einsatz sind kontinuierlich rauen Umgebungsbedingungen wie Feuchtigkeit, Schmutz, Staub, Hitze, Kälte, Schock und Vibration oder elektromagnetischen Störungen ausgesetzt. HeiSys ist aufgrund ihres Designs für den Betrieb unter erschwerten Bedingungen konzipiert. Bereits während der Entwicklung wurde darauf geachtet, dass die erforderlichen Normen eingehalten werden. So sind eine hohe Schutzart und eine spezielle Auswahl der Materialien notwendig. Zudem sind auch die elektrischen Störungen, die auf das gesamte System oder auf einzelne Komponenten einwirken können, zu berücksichtigen. Alle gängigen Normen hinsichtlich EMV, Temperatur und elektrischer Sicherheit - auch EN50155-Konformität und erhöhte Vibrationsfestigkeit - werden von der HeiSys erreicht. Starke Stöße auf die Elektronik werden durch das Montagekonzept und das robuste Gehäuse abgemildert.

Ein weiter Eingangsspannungsbereich gewährleistet den Einsatz bei unterschiedlichen Bordspannungen, einen sicheren Betrieb auch bei stark schwankender Spannung sowie bei leitungsgebundenen Störungen. Die kompakte Bauform ermöglicht den Einbau z.B. hinter Innenraum-Verkleidungen oder anderen Umgebungen mit begrenztem Raumangebot. Aufgrund ihrer Skalierbarkeit bietet die HeiSys vielseitige Ein- und Ausgänge für unterschiedliche Bereiche und kann u. a. als Passagierinformationssystem, zur Diagnose und Steuerung, als Gateway, zur Navigation oder als

Bordcomputer eingesetzt werden. Die modulbasierte Architektur erleichtert den Einsatz für unterschiedlichsten Aufgaben.

Tendenziell erhöht sich einerseits durch immer strengere gesetzliche Anforderungen die Systemkomplexität, andererseits aber - um eine hohe Verfügbarkeit zu erreichen - ist eine umfassende, einfache und sichere Fehlerdiagnose erforderlich. Zusätzlich müssen die Komponenten bei Upgrades und im Servicefall leicht zu handhaben sein, möglichst ohne unübersichtliche Verdrahtung. Auch diese Aspekte wurden durch den mechanischen Aufbau, die Skalierbarkeit und einfache Software-Implementierung der HeiSys berücksichtigt.

Autor: Alexander Jäger  
Portfolio-Solution Manager  
Geschäftsgebiet Elektronik, HEITEC AG

Stand 03/2021

## HEITEC AG

Geschäftsbereich Elektronik

Dr.-Otto-Leich-Str. 16  
90542 Eckental

Telefon: +49 9126 2934-0  
Fax: +49 9126 2934-140

E-Mail: [elektronik@heitec.de](mailto:elektronik@heitec.de)  
Internet: [www.heitec-elektronik.de](http://www.heitec-elektronik.de)

