

Status Quo, Trends und Zukunft

## Expertenrunde Bahnelektronik

Das erste Roundtable-Gespräch der *elektronik industrie* zum Thema Bahnelektronik befasste sich mit der ständig wachsenden Komplexität der Bahnsysteme und den daraus resultierenden Problemen und Herausforderungen.



Die Teilnehmer der *elektronik industrie* Expertenrunde Bahnelektronik (v. l. n. r.): Christian Schmoldt, Ferchau Engineering, Matthias Böck, A.S.T. Group, Hermann Becker, Rittal GmbH&Co.KG, Manfred Schmitz, MEN Mikro Elektronik GmbH, Jakob Gärtner, Esterel Technologies, Armin Nachtschatt, Veolia Verkehr GmbH, Heino Seeger, Bayerische Oberlandbahn GmbH und Reinhard Kalfhaus, SYKO Gesellschaft für Leistungselektronik GmbH  
(alle Bilder: elektronik industrie)

Der Bahnbereich unterliegt zwar auch Umsatzschwankungen, hat jedoch im vergangenen Jahr nicht die extremen Einbrüche der anderen Bereiche mitgemacht. Bei einigen Herstellern wurden sogar sehr gute Umsätze erzielt, nicht unbedingt in Deutschland, aber in Asien. An einem extrem heißen Sommertag, in einer Woche wo die Klimaanlagen der Bahnen ausfielen, trafen sich also acht Bahnexperten im gut klimatisierten Konferenzraum des Süddeutschen Verlages und stellten sich den aktuellen Problemen und Themen sowie den Fragen der Redaktion *elektronik industrie*.

Mit dabei war Heino Seeger, ein gestandener Praktiker und Chef der zum Veolia-Konzern gehörenden BOB Bayerischen Oberlandbahn: „Die Probleme einer bayerischen Oberlandbahn sind tatsächlich nur ein Bei-

spiel von vielen Eisenbahngesellschaften. Wir wissen ja, dass es heute die Deutsche Bundesbahn nicht mehr gibt. Sie ist vielmehr ein Betreiber unter vielen. Früher hatte sie eigene Entwicklungsabteilungen und eigene Prüfzentren gehabt. Und so kamen dann nach Jahren des Prüfens bestimmter Prototypen bestimmte Lokomotiven heraus. Lokomotiven, aber auch Triebwagen und Züge die funktionierten.

Heute sieht das anders aus. Durch die Bahnreform hat es einen Bruch gegeben. Weil Entwicklung sehr teuer ist, verabschiedeten sich die deutschen Eisenbahnen von eigenen Entwicklungszentren, frei nach dem Motto „wir kaufen jetzt ein“. Und so stellen es sich die deutschen Eisenbahn-Verkehrsunternehmen heute vor: Wir gehen zur europäischen Bahnindustrie, sie muss ja nicht unbedingt deutsch sein, und dann kaufen wir Wagen, Züge und Lokomotiven ein. Und wir nehmen dann an: Sie funktionieren, und zwar auf Anhieb. Hier stellen wir insgesamt fest, dass es so einfach bei der Eisenbahn nicht geht. Mein Grundstatement: Bei der

Konzeption von Schienenfahrzeugen wurde die Tradition verlassen. Bei der Entwicklung von Schienenfahrzeugen haben wir heute Neuland betreten. Es muss unbedingt der Kreis der Praktiker ran und nicht nur der Geist der Ingenieure, erst recht im elektronischen Bereich.

### Klimatechnik

Im Winter blieb der Eurostar im Ärmelkanaltunnel einfach stehen, im Sommer wurde es in einigen ICEs für die Fahrgäste gefährlich heiß. So war es Hermann Becker, Director International Market Development Traffic Systems Rail & Sea der Firma Rittal, als Klimaspezialisten in der Runde überlassen, auf mögliche Ursachen einzugehen: „Rittal ist seit 15 Jahren in der Bahntechnik tätig. Wir beliefern alle führenden Fahrzeughersteller. Und auch im Eurostar finden sich einige unserer Komponenten. Wir kennen den Eurostar daher gut. Zu der genannten Problematik gibt es verschiedenste Meinungen. Sicher ist, dass in Röhren andere klimatische Bedingungen herrschen als draußen auf dem



Festland oder auf einer Insel. Mit dieser Herausforderung sind generell alle Hersteller konfrontiert. Insbesondere die Leitungsführung im Unterflurbereich kann ein Problem darstellen. Denn hier kommen die Komponenten mit Feuchtigkeit in Berührung. Bei niedrigen Temperaturen friert diese unter Umständen ein; im Tunnel jedoch erwärmt sie sich wieder. Nun besteht die Gefahr, dass durch die Kapillarwirkung Feuchtigkeit durch Kabelummantelung und Kabel eintritt. Dies könnte beim Eurostar der Fall gewesen sein. Doch weg vom Eurostar, wie funktioniert Klimatechnik in der fahrenden Bahn? Im Maschinenraum einer Lokomotive sind auf beiden Seiten in Fahrtrichtung Stromrichter und andere Systeme aufgebaut. Diese Gerüste oder Schränke sind gefüllt mit Elektrik, Elektronik, Bremsausrüstung, Pneumatik, Hydraulik usw. Bei den Elektronik- oder Zug-sicherungsschränken wird es richtig kompliziert. Denn sie müssen in der EMV-Ausführung komplett dicht sein. Die geschirmte Elektronik muss im Fahrzeug selbst funktionieren und darf auch nicht nach draußen stören. Darüber hinaus produzieren die Komponenten in den Schränken häufig hohe Verlustleistungen von 600W, 800W bis zu 1 kW pro Schrank. Wenn man sich nun vor Augen hält, dass im Maschinenraum in der Regel 50°C Innentemperatur herrschen, die eingebaute Elektronik sich aber nur auf 70°C erhitzen darf, ergibt sich ein Temperaturdifferenz von 20°C. Und in diesem schmalen Korridor sind physikalisch Vorkehrungen gegen Überhitzung zu treffen. Das heißt, der Schutzart (IP 54/55) und der EMV geschuldet, sind Gehäuse mit Ausschnitten zu versehen, um die Wärme abzuziehen und eine Konvektion zu erzeugen.

In vielen Lokomotiven steht jedoch nicht ein einzelner Zugsicherungsschrank. In Fahrzeugen die grenzüberschreitend eingesetzt sind – beispielsweise auf Strecken von Skandinavien nach Sizilien oder von Polen nach Portugal können es sogar bis zu fünf Schränke sein. Je mehr Elektronik im Fahrzeug, desto schwieriger die Klimatisierung. Fällt dann ein System wegen Wärme aus, kann dies Systemausfälle an anderer Stelle (z.B. der Klimaanlage) nach sich ziehen. Bei einem fahrenden Zug erfolgt die Kühlung natürlich auch durch den Fahrtwind. In Südeuropa entstehen Probleme dann, wenn die Züge halten. Kühlt kein Fahrtwind sind bei 45°C



Heino Seeger, Geschäftsführer und Oberster Betriebsleiter der BOB Bayerische Oberlandbahn zum Thema Klimatechnik: „Wir leben ja im Wettbewerb. Und wir gewinnen nur dann, wenn wir preiswerte und einsatzfähige Fahrzeuge haben.“

Außentemperatur in der Lokomotive schnell 65°C bis 70°C erreicht. Eine auf 50°C maximierte Umgebung erwärmt sich dann schnell auf 70°C. Es gibt dann kein Delta T mehr und der Zug bleibt komplett stehen. Um dem vorzubeugen, bietet Rittal zur Kühlung der Schranksysteme Luft/Luft-Wärmetauscher an. Sie entsprechen natürlich den Anforderungen der Bahntechnik hinsichtlich Konstruktion, Oberflächenqualität, Brandschutz sowie Schock- und Vibrationsfestigkeit und sind sogar energieeffizient. Christian Schmoldt, Account Manager IT-Solutions



Armin Nachtschatt, Technik Leiter Bahn Region Süd/Südwest der Veolia Verkehr GmbH zur EBO §32 Hauptuntersuchung: „Die Überprüfung von Elektronik auf Zustand und Verschleiß ist kaum möglich. Was kann man vorbeugend prüfen wenn eine Karte funktioniert?“

beim Entwicklungsdienstleister Ferchau Engineering: Man muss immer berücksichtigen, Bahngeschäft ist auch Projektgeschäft. Jeder Kunde bestellt Züge für einen ganz bestimmten Bereich. In kleineren Stückzahlen. Und wenn man dann bedenkt, wie komplex so ein System ist, wird trotzdem jedes System wieder neu „zusammengestrickt“. Da wir einen neuen Hitzerekord hatten, vermute ich, dass irgendwo im System nicht eine derart hohe Außentemperatur berücksichtigt wurde. Vielleicht haben auch mehrere Bedingungen gleichzeitig dazu geführt, dass insgesamt wohl in mehreren Zügen gleicher Bauart alle Klimaanlage ausgefallen sind.

Armin Nachtschatt, Technik Leiter Bahn der Veolia Verkehr Region Süd/Südwest: Bei den modernen Schienenfahrzeugen, Triebzügen, ich lasse die Lokomotiven in der Betrachtung mal außen vor, stellt der Großraum grundsätzlich die Schwierigkeit dar. Die Klimaanlage muss einen kompletten Großraum abdecken. Im Nahverkehr kommt erschwert hinzu, dass die Züge nach nur kurzer Fahrzeit schon wieder anhalten und die Türen geöffnet werden. Jede Öffnung der Tür wirkt sich dabei negativ auf die Klimatisierung des Raumes aus. Im Fernverkehr sieht es jedoch ein bisschen besser aus. Klimaanlage werden in der Regel pro Wagenteil autark betrieben. Insofern scheint der Ausfall aller Klimaanlage im ICE ein Folgefehler oder ein konzeptionelles Problem zu sein. Es wird allerdings immer schwerer das große Raumvolumen zu kühlen. Man ist auf jedes Watt Leistung, dass man rein stecken kann angewiesen. Auch die Scheiben bzw. die Aufheizfläche wird ja immer größer.

Jakob Gärtner, stellv. CTO des Software-Tool-Herstellers Esterel Technologies, gab zu bedenken: „Früher hatten die Züge gar keine Klimaanlage, da konnte man das Fenster aufmachen. Es ist auch eine Frage der Auslegung und der Konzeption. Wenn man die Klimaanlage so dimensioniert, dass sie nur bis zu einer bestimmten Temperatur zuverlässig sind, braucht man eben eine unabhängige Absicherung, wie Fenster, die man aufmachen kann. Und es stellt sich die Frage, ob der Schutz vor Extremtemperaturen nicht sogar eine sicherheitsrelevante Funktion ist.“

Matthias Böck, CEO der A.S.T.-Group ist der Meinung, dass eine Klimaanlage in ►



Hermann Becker, Director International Management Development Traffic Systems Rail&Sea der Rittal GmbH: „IRIS kostet Manpower, kostet Zeit und unter dem Strich auch Geld, aber es ist sinnvoll und wichtig diese Zertifizierung zu haben.“

solchen Perioden am Grenzwert dauerhaft laufen kann. Dann hat man zwar manchmal 5 bis 6 °C mehr, aber immer mindestens 5 bis 6 °C unter der Außentemperatur.

Reinhard Kalfhaus, Geschäftsführender Gesellschafter der Syko GmbH: Vielleicht war es gar nicht die Klimaanlage, sondern die zentrale Stromversorgung. Wenn alle zugleich ausfallen, muss etwas anderes der Grund sein. Das Komfortverlangen der Menschen ist extrem gestiegen, im ICE habe ich jeglichen Komfort. Klimaanlage der Bahn benötigen 30 kW und mehr, das sind Leistungen, wo man heute, auch bei dem Preisdruck, sicherlich nicht das letzte 1% Wirkungsgrad noch herausholen muss. Das kostet Marge, bringt aber mehr thermische Sicherheit. Im Militärmarkt haben wir z. B. den HALT-Test (Highly Accelerated Life Test). Mit einem HALT sollen elektrische und mechanische Schwächen von Geräten innerhalb kürzester Zeit aufgedeckt werden. Dabei wird ein Gerät in einem System über seine Leistungsgrenzen in der Temperatur und Vibration hinaus belastet, und die Frage beantwortet: Wann fällt es wirklich aus? Das wäre vielleicht auch für die Klimaanlage gut gewesen, doch wer bezahlt das? Unsere Geräte wurden dabei z. B. bis –85 °C und bis 135 °C belastet, bis sie dann ausfielen. Sie waren dann aber nicht wirklich kaputt, nach zurückfahren der Temperatur funktionierten sie wieder.

M. Böck: Wir haben heute eine arbeitsteilige Wirtschaft. Früher hat ein Ingenieur eingekauft, heute kauft der Einkäufer ein. Der Einkäufer unterliegt dem Shareholder-Value und wo das hinführt, haben wir ja schon häufiger gesehen. Wenn sie heute die Kosten bis zu einem Punkt runter drücken wo nichts mehr geht, dann betrachten sie nicht die Systemkosten, sondern eben nur die Anschaffungskosten. Wenn man in den entscheidenden Stellen das Systemdenken nicht mehr gelten lassen will, dann tauchen an allen Ecken des Systems Probleme auf. Und die Probleme sind ja in der Eisenbahn allgegenwärtig: Wir haben keine großen Serien, Fehler können schlecht ausgemerzt werden. Es werden nur selten Geräte bestellt, und nicht kontinuierlich, weil die Bundesregierung nicht weiß: sollen wir kaufen? sollen wir nicht kaufen? Und damit hat die deutsche Industrie letzten Endes auch viel an Erfahrung verloren. Die Forschungseinrichtungen wurden abgebaut, wir haben heute keine zielgerichtete Forschung für das Rad-Schiene-System mehr. Die ist aufgegeben worden, und wir sehen ja, dass wir z. B. gegenüber anderen Ländern, insbesondere Korea und in Zukunft auch China, in gewisser Weise ins Hintertreffen kommen, weil größere Einheiten dort bestellt werden. Während deutsche Firmen modernste Technologien für diese Einheiten ins Ausland liefern und modernste Werke im Ausland aufgebaut werden, bleiben die älteren Werke mit ihren zum Teil veralteten Technologien bei uns im Inland.

### IRIS (International Railway Industry Standard)

Rittal ist vor wenigen Monaten IRIS-Zertifiziert worden. Wie wichtig ist IRIS für das Geschäft? Warum reicht ISO nicht aus? H. Becker: Die Norm wird von allen großen Bahnherstellern anerkannt und stellt die derzeit strengsten Qualitätsanforderungen an Zulieferunternehmen. Wir sind stolz, die Zertifizierung erhalten zu haben und sehen insbesondere in Verhandlungen mit großen Herstellern deutliche Vorteile. R. Kalfhaus: Ich halte die IRIS im Grunde für richtig. IRIS kostet viel Geld in der Verwaltung. Da stellt sich für mich die Frage, warum gibt es nicht eine kleine IRIS? IRIS verteuert ganz extrem, bringt aber nur wenig zusätzliche Transparenz.

Manfred Schmitz, CTO der MEN: Wenn sie Elektronik für auf Sicherheit ausgerichtete Systeme bauen, dann reicht die ISO 9001 nicht aus. Denn von ihrem tun hängen Menschenleben ab. Und irgendwo wäre es da leichtfertig auf Qualitätsprozesse zu verzichten.

H. Becker: Rittal ist ein weltweit führender Systemanbieter für Schaltschrank- und Gehäusetechnik, System-Klimatisierung und IT-Infrastruktur. Ohne strukturierte, vereinheitlichte und nachvollziehbare Prozesse – der Grundgedanke von IRIS – ist es nicht möglich, durchgängig höchste Qualitätsstandards zu erfüllen. Allerdings profitieren von IRIS die Fahrzeughersteller und -betreiber besonders: Sie erhalten noch mehr Sicherheit. Den durch IRIS erzeugten Mehraufwand leisten aber allein die Zulieferer.

J. Gärtner weist darauf hin, dass Qualität und Sicherheit zwei Paar Schuhe sind. Auch wenn die Qualitätsanforderungen erfüllt sind, ist ein System noch nicht sicher. Umgekehrt hat ein sicheres System nach der Zulassung bereits eine hohe Qualität nachgewiesen. Gerade bei der funktionalen Sicherheit im Bahnbereich gibt es den fortwährenden Versuch, auf europäischer Ebene über die EN 50128, 50129 usw. Sicherheitsanalysen für das entsprechende Gesamtsystem zu machen, die dann weiter auf einzelne Hard- und Software-Systeme heruntergebrochen werden. Parallel ist bis ins Kleinsten nachzuweisen, welcher Ausfall zu einem



Matthias Böck, CEO der A.S.T. Group: „Die Bahnbetreiber sollten für die Elektronik und zugehörige Software mehr Systemverantwortung zeigen und Systemdefinitionen festlegen, dann tut sich die mittelständische Industrie leichter, vernünftige und sichere Einheiten zu bauen.“

unakzeptablen Risiko führen kann. Die Zertifizierungen nehmen dann die ISO9001 als Grundvoraussetzung mit wobei der Nachweis aber auch durch andere geeignete Maßnahmen erfolgen kann. Der Nachweis gegenüber dem Endkunden wird aber natürlich durch den Nachweis der Konformanz mit einer bekannten Norm erleichtert.

M. Schmitz unterstützt das mit seinem Kommentar, „es geht hier einfach auch ums Geld für die Zertifizierungsbehörden“ und das ist auch eines unserer Probleme. Es gibt halt IRIS für die Eisenbahn, und viele andere Vorschriften für z. B. Avionik usw. Im Prinzip wollen die alle das gleiche. Nämlich auf die normale ISO 9001 auflegen, damit man dann genau gewährleisten kann, dass im Entwicklungsprozess alle Dinge berücksichtigt wurden, die zu berücksichtigen sind.

H. Becker: Wir haben anderthalb Jahre gebraucht, um dorthin zu kommen und sind stolz darauf, das Audit mit sehr guten Resultaten absolviert zu haben. Fünfzig Mitarbeiter sind permanent in den Prozess eingebunden. Das hört sich wenig an, insbesondere, wenn man bedenkt, dass Rittal weltweit 9000 Mitarbeiter beschäftigt. Die Bahntechnik ist jedoch nur eine der zahlreichen Branchen, die wir beliefern. Da hier u. a. länder- oder streckenspezifischen Anforderungen Rechnung zu tragen ist, ist der Aufwand höher als in anderen Bereichen.

M. Schmitz: Ist es da nicht sinnvoll eine Standardisierung durchzusetzen? Es darf beispielsweise einfach nicht sein, dass eine Türsteuerung in Augsburg völlig anders ist als die in Hamburg oder Nürnberg.

J. Gärtner: Wenn Kunden EN 50128 benutzen wollen, müssen sie das System sowohl lokal als auch nach der europäischen Norm zulassen. Und wenn sie dann in Deutschland zum Eisenbahnbundesamt gehen, wird sich dies aufgrund eigener Traditionen anders darstellen als in Frankreich oder Spanien. Und viele beim Eisenbahnbundesamt kennen immer noch den sicheren Zustand, nämlich dass der Zug steht, was man ja nicht unbedingt haben möchte, wenn man an den im Tunnel stehenden Eurostar denkt.

R. Kalfhaus: Die Anforderung steigen, die Menge an eingesetzter Elektronik steigt und die MTBF in einem Zug wird zwangsläufig sinken. Das ist eine Sache der Mathematik. Wir brauchen gute Ingenieure.

M. Schmitz: Wir haben in Deutschland gute Ingenieure, ein klarer Standortvorteil.

H. Seeger: Was mir fehlt ist der Ingenieur, der auch etwas Praxis vom Eisenbahnbetrieb mitbringt. Weiß er denn z. B. wann und wo Vibrationen auftreten, wann extreme Temperaturen und kennt er die Auswirkungen auf die Elektronik? Ein anderes Beispiel: Bei der Eisenbahn haben wir es oft mit Metallstaub zu tun, der fein verteilt auf dem Gleisbett liegt. Erzeugt wird der Staub von den klotzgebremsten Zügen. Wir saugen Luft von unten an, um die Elektronik-Schaltschränke zu kühlen. Dann wundern wir uns, dass trotz Filter dieser Metallstaub zu Störungen in den Schaltschränken führt. Wir müssen schon den Ingenieur haben, der das Zielprodukt und das Einsatzgebiet bzw. die eisenbahnbetrieblichen Bedingungen im Kopf hat.

### §32 EBO Hauptuntersuchung

A. Nachtschatt: Alle sechs Jahre muss ein Fahrzeug zur Hauptuntersuchung. Wenn es der technische Zustand zulässt, hat man die Möglichkeit den Zeitraum um ein Jahr zu verlängern, in Ausnahmefällen sogar um zwei Jahre. Aber nach acht Jahren ist absolut Schluss. Bei der Untersuchung wird das Fahrzeug komplett in seine Komponenten zerlegt, relevante Systeme kontrolliert, gearbeitet oder ersetzt. Aufteilen kann man den Vorgang in drei Kategorien:

1.) die Überprüfung und Aufarbeitung der sicherheitsrelevanten Systeme nach § 32 EBO., 2.) Kontrolle des Zustandes und Verschleißes nicht sicherheitsrelevanter Systeme um eine hohe Verfügbarkeit der Fahrzeugsysteme für weitere 6 bis 8 Jahre zu gewährleisten, und als drittes wird geprüft, was kann ich in dem Zusammenhang gleich an Modifikationen und Weiterentwicklung umsetzen. In der Mechanik kann ich vorbeugend sehr viel machen. Die Überprüfung von Elektronikbauteilen auf Zustand und Verschleiß hingegen ist kaum möglich. Was kann man vorbeugend prüfen wenn die Elektronik funktioniert? Man kann die Platinen reinigen, man kann die Schaltschränke reinigen, mehr Möglichkeiten hat man aber eigentlich gar nicht.

J. Gärtner: Die Frage der Zuverlässigkeit von Elektronik über das Lebensalter hinweg betrachtet, ist aber eine andere. Es gibt Verfahren – die auch Bestandteil der ent-

sprechenden Standards sind – die Auskunft geben über die Zuverlässigkeit eines bestimmten Bausteins über die Jahre hinweg und es gibt riesige Datenbanken, in denen Statistiken über die Zuverlässigkeit eines bestimmten Bauteils niedergelegt sind. Mit deren Hilfe man dann auch die Zuverlässigkeit der gesamten Platine berechnen kann. Das Problem ist, dass die meisten dieser Datenbanken aus dem Militärbereich kommen, und dass die Zuverlässigkeitsdaten für zivile Prozessoren nicht mehr sehr gepflegt werden. Das heißt, die Datenbasis ist nicht mehr im notwendigen



Manfred Schmitz, CTO der MEN Mikro Elektronik GmbH: „Das Bussystem der Zukunft in der Bahnelektronik ist ohne Zweifel Ethernet. Große deutsche Hersteller setzen es teilweise ein, in Frankreich fährt es schon.“

Rahmen vorhanden. Über die errechnete Ausfallwahrscheinlichkeit könnte man bestimmen, wann eine Platine ausgewechselt werden muss. Das Problem ist, die Hardware ist dann möglicherweise gar nicht mehr verfügbar. Es gibt hier ein ganz starkes Obsoleszenz-Problem.

C. Schmoldt: Da gibt es dann aber auch Anforderungen der Kunden an den Hersteller, die Verfügbarkeit von 30 Jahren oder länger zu gewährleisten.

J. Gärtner: Im Militärbereich ist das auf jeden Fall ein ganz großes Problem.

R. Kalfhaus: Der Einkäufer kann kein Gerät besser machen. Wir als kleine Firma bekommen schon mal Verträge mit mehr als 70 Seiten zugeschickt, die lege ich dann erst einmal zur Seite. Wenn aber die Chancen steigen, dass man doch dort reinkommt, ►

muss man sich es eben dann doch antun. Der alte Techniker, zu dem auch ich gehöre, ist eigentlich überfordert. Es ist eher ein psychologisches Problem. Auf der einen Seite ist die Chance eines Fehlers durch die steigende Komplexität höher, auf der anderen Seite ist die Strafe die mich trifft wenn etwas ausfällt immer größer.

Schmitz: Die Tendenz Verantwortung auf den Lieferanten zu übertragen, ist aber nichts Bahn-spezifisches.

C. Schmoltdt bestätigt diesen Trend: Die Verträge werden immer größer, immer länger, immer vielschichtiger. Der Anforderungskatalog sowie die Spezifikation werden immer komplexer, was auch durch die Konkurrenz provoziert wird. Man generiert sich das Problem immer wieder selbst, weil der Wettbewerb bestimmte Qualitätsstandards jetzt auch im Vertrag festgelegt hat und da muss man einfach nachziehen. Ich habe aber die Erfahrung gemacht, dass man trotzdem immer noch vertrauensvoll die ersten Fehler beheben kann, dass man also auch z. B. Zeiten vereinbart. Die Kunden können dann zwar strafen, aber wir müssen nachbessern können. Natürlich dürfen davon keine sicherheitsrelevanten Systeme betroffen sein.

### Software und CPUs

Die heute im Bahnbereich gültige europäische Norm EN 50128 stellt dar, mit welchen Verfahren, Prinzipien und Maßnahmen man für Sicherheitsanforderungen geeignete Software für Strecke und fahrende Bahn erhält. Die EN 50128 ist eine Prozessnorm und definiert einen Software-Entwicklungsprozess. Die Norm fordert u. a. ein Top-Down-Entwurfsverfahren, Modularisierung, Verifikation nach jedem Entwicklungsschritt, klare und nachprüfbar Dokumentation, sowie Validierung, d. h. Test der Software auf der Zielhardware. J. Gärtner liefert die Tools für die automatisierte Herstellung der Software, dabei kommen Modell-basierte Verfahren zum Einsatz und – wichtig – die Übersetzung von den Modellen auf die Software ist zertifiziert. Im Bahnbereich gibt es zwei Strömungen. Große Hersteller versuchen es mit eigenen Entwicklungsprozessen und auf der anderen Seite gibt es den Trend, alles zuzukaufen. Da kann es vorkommen, dass ein von der Stange gekauftes Betriebssystem

nicht ganz den Bahnanforderungen entspricht und angepasst werden muss. Das Bahnwissen liegt aber nicht im Betriebssystem, sondern in der Anwendung und da kommt man in das Spannungsfeld zwischen den einzelnen Herstellern, die verschiedene Märkte oder Betriebsbedingungen bedienen. Da gibt es komplexe Anforderungen, z. B. bei Bahnen für den grenzüberschreitenden Verkehr, da sich manche Länder auf europäische Standards stützen und andere national bleiben. D. h. Software ist kein Serienprodukt – jede Lokomotive ist eine Einzelanfertigung. Durch



Jakob Gärtner, VP Business Development Estrel Technologies: „Ich sehe einen Trend, wie er auch in der Luftfahrt zu beobachten ist, d. h. weg von einzelnen Rechnern im Netzwerk hin zu einigen wenigen leistungsfähigen Zentraleinheiten, auf denen dann virtualisiert unterschiedliche Aufgaben laufen“.

den hohen Kostendruck besteht ein Zwang zur automatischen Softwaregenerierung. M. Schmitz gibt ein Beispiel für die Softwaremächtigkeit: Eine Zeile C Code nach SIL Level 4 kostet 500€, ein typisches Betriebssystem hat 10 000 Zeilen, da kann man sich ausrechnen was es kostet. Deshalb sind die genannten Ansätze richtig.

R. Kalfhaus glaubt, dass der hohe Softwareaufwand im funktionalen Komponentenbereich nicht erforderlich ist. Ein Drehrichter, der nichts drehen lässt ist defekt, wobei es für die erwünschte Funktion egal ist, ob der Leistungsblock, die Steuerung oder die Software selber ist. Lieber ist ihm ein Gerät, das über einen Relaiskontakt signalisiert, dass es nicht funktioniert. J. Gärtner sieht dagegen in

der Software den Vorteil, dass man sie auch auf nicht mehr verfügbarer Hardware weiterverwenden kann. M. Böck gibt zu bedenken, dass z. B. eine Lok während ihrer Lebensdauer von bis zu 30 Jahren vielen Änderungen unterliegt – man hat eine alte Lok mit vielen neuen Systemen, und er stellt die Frage, ob es eine kleine Softwareschmiede für alle diese Änderungen dann überhaupt noch gibt? Leider, so M. Böck, gibt es kein modernes europaweites Sicherheits- und Fahrnetz, auch wenn schon viele Jahre darüber geredet wird und sich die EZB (Elektronische Zugbeeinflussung) nicht durchgesetzt hat. Das ETCS (European Train Control System) ist auch keine Lösung, so hat sich H. Seeger von der BOB vom dem Gedanken verabschiedet, das ETCS zu verwenden. M. Schmitz von MEN hat als Lieferant von Rechnern das Problem, sichere Hardware zu liefern, sieht aber die Lebensdauer der Elektronik nicht bei 30 Jahre, sondern eher bei 15 Jahren, nach denen Neugeräte zum Einsatz kommen. J. Gärtner sieht einen Trend, wie er auch in der Luftfahrt zu beobachten ist, d. h. weg von einzelnen verteilten Rechnern im Netzwerk hin zu einigen wenigen leistungsfähigen Zentraleinheiten auf denen dann unterschiedliche Aufgaben sprich unterschiedliche Software läuft. Da ergibt sich aber das Problem, so M. Schmitz, dass diese mehr Leistung aufnehmen und somit im Konflikt mit dem Umweltschutz steht. Die CPU-Lösungen von MEN für den Sicherheitsbereich sind alle redundant aufgebaut, außerdem versucht man die Software von der Hardware zu entkoppeln. An dieser Stelle ein Lob von H. Seeger für die generelle Zuverlässigkeit der Elektronik Tag für Tag. „Diese Ausfälle sind im Verhältnis der Dauer der Funktion relativ gering. Nur wenn die Elektronik einmal ausfällt, steht man sofort in der Öffentlichkeit. Früher zu Zeiten der Elektromechanik war vieles so ausgelegt, dass man durch bestimmte Eingriffe in die Relais-technik einfache Notschaltungen aktivieren konnte, um weiter zu fahren. Nach dem der erste Versuch der Inbetriebnahme unserer elektronisch gesteuerten Triebzüge ohne Notschaltungen misslungen war, haben wir gemäß der „alten Eisenbahndenke“ nachträglich diese Möglichkeit eingebaut und übernommen, die den



Christian Schmoltd, Account Manager, Ferchau Engineering: „Der mit AUTOSAR vergleichbare Standard ARINC653 und Modell-basierte Entwicklungstools helfen, die Komplexität der Bahnelektronik in den Griff zu bekommen“.

praktischen Anforderungen des Lokführers entspricht.“

M. Böck hierzu: ein „vernünftiges“ Gerät hat heute einen BIST (Build In System Test) und steigt nicht schlagartig aus. Die Bahnbetreiber sollten für die Elektronik und zugehörige Software mehr Systemverantwortung zeigen und mehr Systemdefinitionen festlegen, dann tut sich die mittelständische Industrie leichter vernünftige und sichere Einheiten zu bauen. Leider hat diese Industrie gegenüber den großen Firmen und auch gegenüber den Bahnbetreibern die Sprache verloren.

Auch bei der Bahnelektronik gibt es einen Trend, Software einheitlich zu verwenden, ähnlich AUTOSAR in der Automobilelektronik. Nur stützt man sich hier auf die Standards aus der Luftfahrt (ARINC653). Die Software kann auf jede Hardware importiert werden, die mit dieser genormten Zwischenebene kompatibel ist. Laut C. Schmoltd sollten sich besonders die jüngeren Leser der Elektronikindustrie dieses Ansatzes annehmen. Die Abstraktionsebenen und modellbasierte Entwicklungstools helfen, die Komplexität der Bahnelektronik in den Griff zu bekommen.

A. Nachtschatt zu den Fehlerquellen: „Es kann sich immer um die Software, die Hardware und die Verkabelung handeln“. Die Software sei dabei unkritisch. Wenn die Software mal abgenommen ist, funktioniert sie in der Regel. Probleme gibt es mit der kom-

plexen Hardware, d. h. mit den Boards oder mit der Verkabelung. Da macht sich der Kostendruck bemerkbar. M. Schmitz bemerkt, dass durch die lange Lebensdauer der Züge, IC 1 wird z. B. 25 Jahre alt, und die laufende Nachrüstung die Komplexität steigt. Man steht vor dem Problem, diese Subsysteme über Busse zu verbinden und gleichzeitig die Historie mitzunehmen. Da kommt auch der Anspruch der Bahn störend zum Tragen, dass industriemäßig Vorhandenes nicht gut genug ist und man was Eigenes braucht. So sind die Busse MVB, WTB usw. entstanden, die teuer sind, schwierig in der Pflege, die aber auch entstanden sind, um Märkte zu schützen. Die Lösung der Zukunft ist Ethernet, wobei hier bei den einzelnen Bahnherstellern leider wieder uneinheitliche Protokolle gefahren werden. Für den Betreiber ist zurzeit zumindest Hardware-mäßig was gewonnen, da er die gleiche Verkabelung nutzen kann, die Geräte können aber nicht untereinander kommunizieren. Damit dies erfolgen kann, ist, so M. Schmitz, der Betreiber gefragt, auch hier einen Standard zu fordern. Es stellt sich aber die Frage, ob der Betreiber überhaupt Einfluss nehmen kann – in der Luftfahrt haben es die Betreiber ja auch realisiert – oder ob sogar die Politik gefragt ist. Der Vorteil von Ethernet liegt in der einfachen Infrastruktur, sprich Verkabelung. Auch kann man mit Ethernet und Powerline gut von Zug zu Zug über das Stromkabel kommunizieren. Generell kommt der Trend zur Standardisierung mittels Ethernet auch den mittelständischen Herstellern und den Betreibern entgegen. Die bislang verwendeten Busse werden, so M. Böck, verschwinden, sie sind einfach zu teuer.

### Kommunikation

Die Plattform für den Funk bietet, so A. Nachtschatt, heute GSM-R, das den Analogfunk abgelöst hat. Es dient derzeit hauptsächlich nur der Kommunikation zwischen Lokführer und der Leitzentrale. Außerdem werden Telegramme ausgesendet, um Warnungen auszugeben, Nothalt z. B. und der so genannte Elektronische Buchfahrplan und La (Verzeichnis der vorübergehenden Langsamfahrstellen), auch EBULA genannt, wird dem Lokführer übermittelt, allerdings noch nicht flächendeckend. GSM-R könnte aber mehr, z. B. zugsicherungsrelevante Informationen in Telegrammform zum ►

ETCS Level 3 übertragen (European Train Control System).

Beim ETCS, so C. Schmoldt, existiert der Buchfahrplan in dieser Form nicht mehr, da pro Fahrstrecke dynamisch über GSM-R die jeweiligen Geschwindigkeitsprofile, z. B. für die Neigungstechnik, übertragen werden. Allerdings gibt es in Deutschland nur eine ETCS-Strecke bei Leipzig, sonst kommt bei Hochgeschwindigkeitsstrecken die gute alte LZB (Linienzugbeeinflussung) aus den 60er Jahren zum Einsatz.

H. Seeger vermisst im Störfall eine Informationsdatenübertragung vom Zug an die Leitstelle, den Lokführern sowie an den Passagier: „der Kunde steht am Bahnsteig oder sitzt im Zug und bekommt keine ausreichende Information, warum der Zug nicht kommt oder warum es nicht weitergeht. Er hat das Gefühl von der Eisenbahn für dumm verkauft zu werden“. M. Böck schlägt als Lösung GSM-R/GPRS vor, da diese Module sehr preiswert sind. Das wird aber, so A. Nachtschatt, daran scheitern, dass die Fahrzeugdaten zum Leitrechner kommen müssen, und die Schnittstelle dorthin muss programmiert werden. Auch müssen die Daten in die Ela-Anlage gelangen mit weiterem Programmieraufwand – und auch das ist zu teuer. Die Runde war sich aber einig, dass mit Ethernet eine preisgünstige Lösung für dieses Informationsproblem zur Verfügung steht und in Zukunft auch die Passagiere vernünftig über Verspätungen, Störungen usw. informiert werden.

A. Nachtschatt zu diesem Thema: „Es gibt schon etliche Systemhersteller, die solche Informationslösungen anbieten.“ Infotainment sei mittlerweile Bestandteil einer jeden Ausschreibung. D. h. wie bringe ich Informationen in den Zug, um die Fahrgäste zu informieren und umgekehrt, wie bringe ich Daten aus dem Zug, d. h. wann kommt der Zug tatsächlich an, wie ist die Verspätung usw. Die Anschlusssicherung wird immer aktueller, mancher scheut das Bahnfahren, weil nicht sicher ist, ob man den Anschlusszug erreicht. Die Lösung wäre ein GPS-Modul mit GSM-R Kommunikation, das könnte autonom ohne Eingriffe in das Bordnetz betrieben werden.

Was die Fahrzeugdaten wie z. B. Dieselvorrat, Motortemperatur usw. angeht, wird es schon komplizierter. Zwar sieht M. Böck kein Problem darin, diese abzufragen, da diese

vorhanden sind. Einspruch aber von A. Nachtschatt, der diese Datenabfrage technisch für machbar hält, aber auf das Kostenproblem hinweist: „wie komme ich auf preiswerte Weise zu den benötigten Schnittstellen zur jeweiligen Leittechnik“.

Heute befinden sich 20 bis 30 Rechner in einem Bahnfahrzeug für die unterschiedlichsten Aufgaben wie Motorsteuerung,



Reinhard Kalfhaus, Geschäftsführender Gesellschafter, SYKO Gesellschaft für Leistungselektronik GmbH findet: „dass der Wirkungsgrad bei Leistungskomponenten wesentlich ist, da 1% verbesserte Effizienz 15 bis 25% Verlustleistungsreduzierung bedeutet.“

Getriebe, Türen usw. Alle haben auch eine komfortable Servicesoftware, aber meistens nur lokal. Will man da ein System draufsetzen, z. B. Infotainment, muss man eine neue Schnittstelle schaffen, und da liegt das Problem, nicht technisch, da gibt es Anbieter – aber von den Kosten her.

### Stromversorgung

Heute verwendet die Bahn das historisch bedingte aber veraltete 16-kV-Netz mit 16 2/3 Hz, das man, so M. Böck, abschaffen sollte. Modern und leistungsfähig wäre das z. B. in Frankreich verwendete Spannungssystem von 25 kV (50 Hz). Wir mit unserem 16-kV-Netz hinken in der Geschwindigkeit immer hinterher. Außerdem gibt es Subsysteme mit 700 V DC von der Straßenbahn, dann die Zugammelschienen mit den UIC-Gleichspannungen 1000 V, 3000 V und 1500 V. Außerdem noch 400 V und 600 V AC Dreiphasen. Diese Vielfalt ist kein Problem mehr, da man heute mit Umrichtern arbeitet, die die erforderlichen Spannungen für Antrieb, Elektronik

usw. herstellen. R. Kalfhaus sieht das Problem, dass Mehrspannungsloks, die international unterwegs sein können, wohl öfter ausfallen, als eine Einspannungslok.

Die in der Vergangenheit und zum Teil heute noch unterschiedlichen Spannungen in Europa stellen heute kein Problem mehr dar, da mit geregelten Drehstromantrieben gefahren wird. Trotzdem sollte das 25 kV (50 Hz) Netz einheitlich eingeführt werden.

Was die Bordspannung angeht war, so M. Böck, die Umstellung von 110 V DC auf 24 V DC ein Fehler. Das war zwar eine billige Lösung, aber heute hat man viele Verbraucher bis 1 kW, z. B. Kaffeemaschinen, die über Wandler angetrieben werden müssen und das macht die Stromversorgung anfällig. Noch heute werden Loks angeboten, die 24 V DC Bordspannung und Ströme bis 600 A liefern, bei denen treten dann nach Jahren die größten Probleme auf.

R. Kalfhaus findet, dass bei dem Vorhandensein heutiger fast idealer Bauelemente, kein Engineering-Unterschied zwischen dem 24 V oder 110 V Bordnetz für DC/DC-Wandler oder Batterie-, Wechsel- und Drehrichter gemacht werden muss.

M. Böck sieht das Problem bei den hohen Strömen, die in 24-V-Systemen auftreten: 10 A sind zu beherrschen, 25 A sind nicht billig, 50 A sei ein Wahnsinn und Ströme über 100 A sollte man vermeiden, da man da einen starken Steckverbinder benötigt.

Zum Schluss des Roundtable ging es noch um die Stromversorgung der Zukunft, dies auch im Hinblick auf die E-Mobilität. Wird die Stromversorgung z. B. nach wie vor der Diesel mit dem Generator sein oder der Heißdampfmotor oder der thermoelektrische Generator?

Sinnvoller wäre auch der Einsatz von Brennstoffzellen mit 70 bis 150 V DC oder 400 V. Syko hat z. B. einen Entwicklungsauftrag für eine Stromversorgung über 8 kW aus einer Brennstoffzelle.

	<b>infoDIRECT</b>	<b>500ei0810</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <a href="#">Link zu A.S.T.</a></li> <li>▶ <a href="#">Link zu BOB Bayerische Oberlandbahn</a></li> <li>▶ <a href="#">Link zu Esterel Technologies</a></li> <li>▶ <a href="#">Link zu FERCHAU Engineering</a></li> <li>▶ <a href="#">Link zu MEN Mikro Elektronik</a></li> <li>▶ <a href="#">Link zu Rittal</a></li> <li>▶ <a href="#">Link zu SYKO</a></li> </ul>		
<a href="http://www.elektronik-industrie.de">www.elektronik-industrie.de</a>		