

5G ermöglicht Bahn 4.0

Während „Industrie 4.0“ Fahrt aufnimmt, wird zeitgleich an dem neuen Mobilfunkstandard 5G gearbeitet. Milliarden vernetzter Sensoren sowie autonom fahrende Autos und Züge sollen durch 5G sicher miteinander kommunizieren können. Für die Deutsche Bahn (DB) zeichnen sich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten im Energiemanagement, bei der Train2X-Kommunikation und anderen Echtzeitanwendungen ab. An ihrer Entwicklung arbeitet die DB zusammen mit dem 5GLab Germany an der TU Dresden.

► Die vierte industrielle Revolution ist bereits auf dem Weg – die Industrie 4.0. Der Technology Push, der die aktuelle digitale Entwicklung beschleunigt, wird durch die rapide Entwicklung von immer kleineren und leistungsfähigeren Mikrochips angetrieben. Diese eröffnen in der Produktentwicklung beziehungsweise -optimierung stets neue Optionen. Wichtige Produkte der technischen Entwicklung sind Smartphones, Tablets und in neuester Zeit auch Wearables wie Smartwatches, Datenbrillen und weitere Gadgets. Beim Endkunden weckt diese schnelle Entwicklung entsprechende Erwartungen, nicht zuletzt die, dass er diese digitalen Elemente immer und überall in gleichbleibend hoher beziehungsweise höchster Qualität für seine Zwecke nutzen kann. Diese Erwartungen des Kunden müssen in den Unternehmen sowohl nach innen als auch nach außen mit einer gleich hohen Priorität behandelt werden. „Wir nehmen diese weltweite Herausforderung an und wir treiben sie in unserem

Unternehmen aktiv voran. Wir stellen uns dem Wettbewerb, denn wir wollen Treiber sein und nicht Getriebener“, umschreibt Dr. Rüdiger Grube, Vorstandsvorsitzender der Deutsche Bahn AG, das Ziel der DB. Für komplexe und diversifizierte Unternehmen wie die DB, als weltweit agierendem Mobilitäts- und Logistikkonzern, erzeugen diese sich immer schneller weiterentwickelnden Kundenbedürfnisse im B-2-B-, B-2-C- sowie im C-2-C-Verhältnis bereits heute enorme Herausforderungen. Die meist sehr langlebigen Produktionsmittel, insbesondere die Züge, die im Kerngeschäft einer der wesentlichen Kundenkontaktpunkte sind, können zumeist nur mit großem finanziellen, technischen und administrativen Aufwand auf den – aus Kundensicht – jeweils relevanten Stand der Technik, nachgerüstet werden. Denn während sich in der Consumer-Datentechnik die Rechnerleistung etwa alle 18 Monate verdoppelt (Moore'sches Gesetz), findet ein Modellwechsel bei einem Zug augenblicklich nur alle 30 Jahre statt, ggf.



Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Frank H.P. Fitzek
Deutsche Telekom Professur für Kommunikationsnetze
frank.fitzek@tu-dresden.de



Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Fettweis
Vodafone Stiftungslehrstuhl Mobile Kommunikationsnetze
gerhard.fettweis@tu-dresden.de



Dipl.-Ing. Josef Stoll
Chief Technology Officer (CTO/IK), Deutsche Bahn AG
josef.stoll@deutschebahn.com

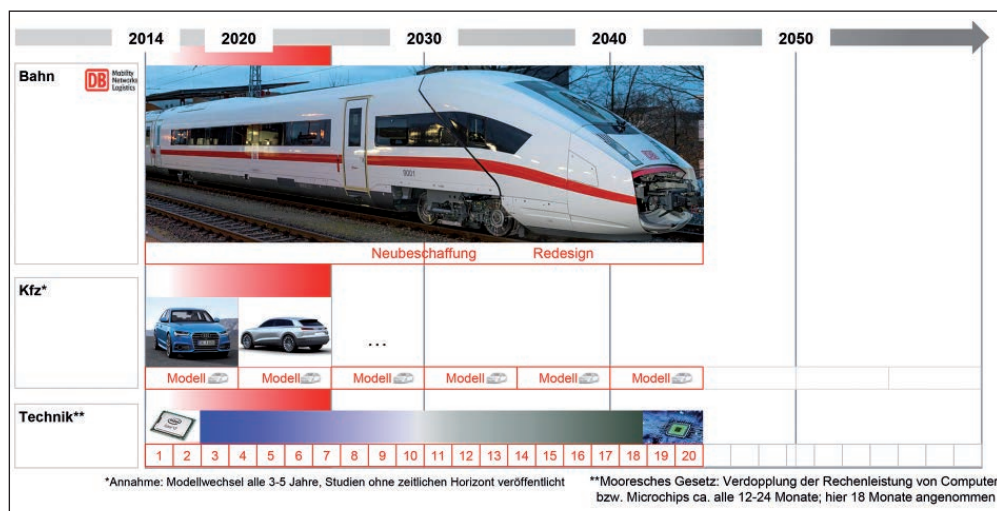


Dipl.-Geogr. David Schulz
Senior-Referent Grundsätze Technik (IKG), Deutsche Bahn AG
david.d.schulz@deutschebahn.com



Sarah Finkeisen
Studentische Mitarbeiterin Grundsätze Technik (IKG), Deutsche Bahn AG
sarah.finkeisen@deutschebahn.com

BILD 1: Unterschiedliche Modellzyklen bei Zügen, Autos und Telekommunikation und Rechnerleistungen (Grafik: DB);
Quellen: Auto 1: <http://www.speedheads.de/auto/news/bilder/bild-19186-1024x0.jpg>;
Auto 2: <http://www.autozeitung.de/auto-neuheiten/audi-q6-2015-iaa-erste-bilder>;
Chip1: <http://i.computer-bild.de/imgs/2/5/7/3/6/6/6/Intel-Core-i7-745x559-54ede398d5e24b58.jpg>;
Chip2: <http://images.wisageek.com/integrated-circuit-on-motherboard.jpg>



mit einem Redesign nach etwa 15 Jahren (Bild 1).

Umso wichtiger ist es, die Trends beziehungsweise die Treibertechnologien frühzeitig zu identifizieren, die mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit das Themenfeld „Telekommunikation“ für die kommenden 10 bis 20 Jahre weltweit maßgeblich prägen werden. Hierzu zählt die derzeit laufende internationale Abstimmung und Standardisierung des nächsten Mobilfunkstandards: 5G.

WAS IST 5G UND WAS KANN ES WERDEN?

Die meisten Menschen gehen davon aus, dass 5G eine Erweiterung der existierenden Mobilfunkstandards 2G, 3G, und 4G ist. Doch 5G ist etwas grundsätzlich Neues. Während sich die neuen Mobilfunkgenerationen bisher von ihren Vorgängern lediglich durch neue Luftfunkschnittstellen mit neuen Dienstmerkmalen für den Endnutzer unterscheiden, wird 5G einen komplett neuen Markt bedienen.

Die bisherigen Mobilfunkstandards haben sich ausschließlich auf die mobile Kommunikation für und mit Mobilfunknutzern konzentriert. Dabei ging es primär um Sprachdienste, Videodienste und das mobile Internet. Heute gibt es über 7 Milliarden Endgeräte, bei einer Erdbevölkerung von 7 Milliarden Menschen. Zwar bedeuten diese Zahlen nicht, dass heute schon jeder Erdbewohner ein Mobilfunkgerät benutzt, doch wird die Kapazitätsgrenze für mobile Endgeräte bald erreicht sein. Die 5G Technologie zielt daher nicht nur auf die „alte Welt“ mit ihrer Content-basierten Sicht, sondern auch auf die 500 Milliarden Endgeräte, die im „Internet der Dinge“ ab dem Jahr 2020 erwartet werden.

Das Hauptziel von 5G ist daher das sichere Steuern und Regeln der Kommunikation im Internet der Dinge, in Echtzeit. Während 2G, 3G, und 4G rein zellulare Kommunikationssysteme waren, bei denen die Endgeräte immer nur mit der Basisstation kommunizieren, wird 5G stark durch vermaschte Architekturen geprägt sein, bei denen jeder Netzwerkknoten mit mehreren (bis allen) anderen Netzwerkknoten verknüpft ist. Diese vermaschten Architekturen werden durch zellulare Konzepte ergänzt. Eine rein zellulare Lösung wird energietechnisch nicht zu realisieren sein, da die Energie für die Kommunikation mit einer Basisstation immer über größere Entfernungen stattfinden muss und dies entsprechend mehr Energie bedarf als mit nahen benachbarten Kommunikationsknoten zu kommunizieren.

Da über 5G Systeme in Echtzeit gesteuert und geregelt werden sollen, müssen verschiedene technische Parameter auf dieses Ziel hin optimiert werden:

→ Datendurchsatz

Durch die große Anzahl von Geräten im Internet der Dinge und der weiterhin erforderlichen Unterstützung von Videoinhalten in der mobilen Kommunikation muss der Datendurchsatz sowohl im Netz als auch für einzelne Teilnehmer extrem vergrößert werden. Ziel von 5G ist es, einzelne Nutzer mit einer Datenrate

von 10 Gbit/s zu unterstützen. Darüber hinaus muss das Netz die Gesamtlast von prognostizierten 500 Milliarden Endgeräten tragen, wobei nicht jeder Kommunikationsknoten durch den maximalen Datendurchsatz unterstützt werden muss.

→ Latenz

Durch die Kombination von Steuersystem und Kommunikationssystemen ist die Kommunikationslatenz (Zeitverzögerung bei der Übertragung) von großer Bedeutung. Im Abgleich verschiedener Anwendungsfälle (Industrie 4.0, Automatisierungstechnik, Smart Grids) wurde am 5G Lab Germany die Latenzanforderung von 1 Millisekunde (ms) zum Ziel erklärt. Da die derzeitigen 4G-Netze (LTE) Latenzzeiten von 30-50 ms aufweisen, ist eine Latenz von 1 ms eine extreme Herausforderung.

Deshalb wurde am 5G Lab Germany eine eigene Forschungsgruppe zum Thema Taktiles Internet gegründet, die sich ausschließlich mit der Realisierung von extrem geringen Latenzzeiten beschäftigt.

→ **Netzverfügbarkeit und Netzsicherheit**
Will man einen Zug oder ein Auto fahrerlos steuern, muss man sicherstellen, dass das Kommunikationsnetz immer verfügbar ist und kein unbefugter Dritter die Steuerung übernimmt.

Um die technische Realisierung der genannten Parameter zu gewährleisten, bedarf es eines holistischen Ansatzes, der nicht nur die Funktechnologie, sondern auch die dahinterliegenden Kommunikationsnetze mitbetrachtet.

Datendurchsatz, Netzverfügbarkeit und Datensicherheit können durch Mehrwegekommunikation im Festnetz und im Funknetz erhöht werden. Derzeit werden im Internet, abgesehen von einigen Ausnahmen (Multipath-Transmission Control Protocol MP-TCP), ausschließlich singuläre Wege zwischen Sender und Empfänger aufgebaut. Könnte man effizient mehrere Kommunikationswege ausnutzen, so würde sich der Datendurchsatz linear erhöhen. Auch würde die Netzverfügbarkeit mit jedem zusätzlichen Pfad steigen, da der einzelne Ausfall eines Pfades nicht mehr so schwer ins Gewicht fällt. Ähnlich verhält es sich bei der Datensicherheit. Wenn Daten verteilt über mehrere Kommunikationspfade übertragen werden, dann wird es für einen Angreifer fast unmöglich alle Kommunikationspfade gleichzeitig abzuhören. Letzteres bedarf aber einer

Datenkodierung, um die Daten nicht einmal im Ansatz angreifbar zu machen. Zur Unterstützung der effizienten Mehrwegekommunikation wird deshalb am 5G Lab Germany intensiv von mehreren Professoren auf dem Gebiet der Netzwirkodierung geforscht. Insbesondere die Kopplung von Netzwirkodierung mit neuen Sicherheitskonzepten steht im Fokus der Forschung.

Da Mehrwegeausbreitung in Bezug auf die Latenz jedoch nur wenig Auswirkung hat, kommen hier drei weitere Forschungsgebiete des 5G Lab Germany zum Tragen:

→ Die mobile Cloud

Da wir beim Steuern und Regeln von 500 Milliarden Endgeräten sicher nicht auf menschliche Eingriffe, sondern auf das Cloudcomputing setzen, wird alleine die Distanz zwischen Cloud-Instanz (eine Anwendung die in der Cloud läuft

und das Steuern und Regeln eines oder mehrerer Kommunikationsknoten übernimmt) und Empfänger wichtig. Wenn die Cloud-Instanz beispielsweise in San Francisco steht und der Empfänger der Steuerinformationen in Berlin sitzt, dann braucht die Information allein wegen der geografischen Distanz zwischen den Städten von 9104 km auch bei einer Übertragung mit Lichtgeschwindigkeit insgesamt 30 ms – damit ist die geforderte Latenz von 1 ms nicht mehr zu erreichen. Daher müssen Cloud-Instanzen so nah wie möglich am Empfänger installiert werden. Derzeit sind Cloud-Instanzen noch außerhalb des Transportnetzes angesiedelt. Mit der 5G-Technologie werden sich die Cloud-Instanzen innerhalb des Kommunikationsnetzes bewegen lassen (mobile Clouds) und z.B. auf der Basisstation in der Nähe von zu steuernden Elementen laufen. Solche Lösungen existieren derzeit noch nicht, werden aber in der Forschung unter dem Label „Mobile Edge Cloud“ untersucht und implementiert. Kurz gesagt: Wenn sich die Empfänger bewegen, z.B. der Zug oder das Automobil, dann muss sich die Cloud-Instanz auch mitbewegen. Dies erfordert neue Konzepte zur Unterstützung der Cloud-Instanz und des Kommunikationsnetzes. Grundsätzlich werden Cloud-Instanz und Kommunikationsnetze immer mehr miteinander verschmelzen.

Dr. Rüdiger Grube

→ Neue Luftfunkschnittstellen

Derzeitige 3G oder 4G Technologien sind nicht auf die hohen Latenzanforderungen vorbereitet. Die Latenz auf den be- »

stehenden Luftfunkschnittstellen kann niemals besser als 10ms werden, da bei den heutigen Mobilfunkstandards die Zeitschlitzte auf Datendurchsatz und nicht auf Latenz optimiert wurden. Daher werden am 5G Lab Germany neue Technologien für die Luftfunkschnittstelle entwickelt, die auch schon im Jahr 2015 erfolgreich auf der CeBIT vorgestellt wurden. Diese basieren auf der Generalized Frequency Division Multiplexing (GFDM) Technologie, die sehr kleine Zeitschlitzte realisieren kann, was die Grundvoraussetzung für geringe Latenzen ist.

→ **Fast Computing**

Um durch die neuen Sicherheitskonzepte und Kodierungsansätze die Latenz nicht weiter ansteigen zu lassen, werden neue, schnellere Recheneinheiten benötigt. Am 5G Lab werden neuartige Konzepte wie der Tomahawk4 oder die HAEC Box, entwickelt. Beim Tomahawk4 handelt es sich um einen einzelnen schnellen Chip und bei der HAEC Box um eine Recheneinheit mit 108 Cores. Beide Konzepte sorgen durch die schnelleren Rechenleistungen dafür, dass die Latenz nicht ansteigt, sobald benötigte Verschlüsselungs- oder Kodierungsstrategien implementiert werden.

DIE BEDEUTUNG VON 5G FÜR DAS SYSTEM BAHN

Letztlich kann jeder physische Gegenstand über einen Mikrochip und 5G in die virtuelle Welt des „Internet of Things“ eingebettet

werden, insbesondere dann, wenn dies ökonomisch betrachtet, im Sinne der „Industrie 4.0“, einen Nutzen bringt. Für die DB bedeutet „Bahn 4.0“ in Konsequenz die sukzessive digitale Inventur aller Teilelemente der Produktion, die zur stabilen Zielerreichung in Bezug auf die gegebenen Produkt- und Leistungsversprechen gegenüber dem Kunden (B-2-C und/oder B-2-B) notwendig sind. Im Kerngeschäft Personen- und Güterverkehr auf der Schiene sind diese Teilelemente beispielsweise Züge, Weichen, Stellwerke, Oberleitungen beziehungsweise Stromversorgungseinrichtungen, aber auch Rolltreppen, Fahrstühle, Beleuchtungseinrichtungen, Fahrgastanzeigen, Lautsprecher und - darüber hinausgehend mit Blick auf die zusätzlichen Produktangebote im Straßenverkehr – Busse, Carsharing-Autos, Leihfahräder etc.. Außerdem wird die digitale Echtzeitwelt, die in sehr schneller Geschwindigkeit in der Gesellschaft entsteht, die Erwartung der Kunden an die Reibungslosigkeit von Abläufen und damit an die Zuverlässigkeit des Systems Bahn erhöhen. Denn wenn das Ausfallen von Komponenten vorhersagbar ist und Störgrößen beeinflussbar sind, bedeutet Professionalität, sie vorausschauend übergreifend zu managen beziehungsweise auszutarieren, so dass diese für den Kunden gar nicht spürbar werden.

„Wir sitzen auf einem riesigen Berg von Daten“, stellte Dr. Volker Kefer, Konzernvorstand Deutsche Bahn AG für das Ressort Infrastruktur, Dienstleistungen und Technik und stellvertretender Vorstandsvorsitzender, im Sommer 2015 fest. Diese heute schon vorhandene und zukünftig vollum-

fänglich auszubauende Datenbasis, ist einer der wesentlichen Schlüssel zur Realisierung einer Produktion 4.0 im Systemverbund Bahn. Denn um Produktions-Großsysteme, wie die DB, optimieren und stabilisieren zu können, müssen die Teilkomponenten in Bezug auf ihre Rolle im Produktionssystem, ihrer technischen Eigenschaften sowie ihren augenblicklichen Zustand erfasst sein. Der augenblickliche Zustand wird dabei idealerweise in angemessener Frequenz erfasst und in Echtzeit via 5G vernetzt bzw. durch Funktionen und Systeme (Algorithmen) teil- bzw. hochautomatisiert gesteuert und geregelt. Technische Anlagen werden, durch diese „Big Data“-Clouds und die darin mittels automatisierter Algorithmen vernetzten Produktionsmittel, immer mehr zu cyberphysischen Systemen (CPS), die ihre Umwelt beziehungsweise die zuständigen Mitarbeiter in den agglomerierten Überwachungsstellen stets über Zustand und Leistung in Echtzeit informieren sowie gegebenenfalls alarmieren und Steuerung von außen zulassen. Daher sind natürlich auch die Themen Künstliche Intelligenz (KI) und Machine Learning wichtige Stichworte, denn die neuen vernetzten Systeme sollen sowohl voneinander als auch vom und durchaus auch mit dem Menschen lernen und sich so fortlaufend selbst optimieren.

PRODUKTION 4.0: HANDLUNGSOPTIONEN IM SYSTEMVERBUND BAHN

Beim Transfer von Themen aus den Feldern Industrie 4.0, Smart Factory sowie 5G in die Unternehmenspraxis und -planung der DB stehen vor allem die Felder Störungserkennung und -minimierung und die Optimierung der Produktionsabläufe im Vordergrund. Weitere Themen, die vor allem mit Ausblick auf den automatisierten Fahrbetrieb naheliegen, sind die Train2X-Kommunikation, die Minimierung der Auswirkung von externen Einflüssen wie beispielsweise die Witterung sowie eine mögliche Echtzeitüberwachung und -steuerung von Systemen (Bild 2). Hier müssen die Potentiale der neuen Technologien erkannt werden und sinnvoll, wirtschaftlich und vor allem auch sicher migriert werden. Mögliche Handlungsfelder im Einzelnen sind:

→ **Echtzeitsteuerung zur Optimierung des Energiemanagements über längere Distanz**

Mit nicht genutztem Strom einfach Geld verdienen – so sieht ein Traum vieler, vor allem sehr großer, Energieverbraucher aus, der durch 5G bald Wirklichkeit werden könnte.

BILD 2: Ideenskizze „Integration neuer Technologien: 5G und x-2-x-Kommunikation“
(Quelle: Idee: Schulz, Pautz, Finkeisen (Grundsätze Technik, TSG); Grafik: Niemeyer (InnoZ))



Bereits heute dienen Windräder in Colorado als Wetterstationen, um den Energiegewinn vorherzusagen und diesen mit dem Energie-Output von bis zu sieben Tagen im Voraus zu matchen. Basis ist dabei eine lernende Software, die große Datenmengen aus der Vergangenheit analysiert, um die Energieproduktion jeder einzelnen Turbine vorauszusagen. Ein smartes Energiemanagement (Stichwort „Smart Grid“) birgt auch für die DB große Potentiale. Durch die Züge werden die Stromnetze zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedlich hoch beansprucht. Zu Stoßzeiten kann es so zu Spitzenlasten im Netz kommen. Eine Echtzeitüberwachung der Netze mit entsprechenden resultierenden Verbrauchsprognosen kann ein Mittel sein, um Stromengpässe auch bei einem – durch autonom fahrende beziehungsweise vernetzte Züge – steigenden Verkehrsaufkommen zu vermeiden und eine optimale Lastverteilung, mit dem Ziel geringst möglicher Lastspitzen, zu erreichen.

→ Train2X-Kommunikation in Echtzeit

Die Vernetzung von vielen unterschiedlichen Teilnehmern beziehungsweise Produktionsmitteln im Schienenverkehr miteinander und darüber hinaus hat das Potential, den Bahnbetrieb in Hinsicht auf Zuverlässigkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit nachhaltig auf ein wesentlich höheres Qualitätsniveau zu heben. Vor allem die Train2X-Kommunikation, also die automatisierte Kommunikation zwischen einem Zug und einem x-beliebigen anderen Objekt (z.B. anderer Zug, Bahnhof, Auto, Techniker) bietet vielfältige Möglichkeiten. Durch eine zugseitige Ereigniserkennung, beispielsweise die Erkennung einer auf die Gleise gefallenen Person durch intelligente Kameras und automatisierter Bildauswertung, können frühzeitig, entweder automatisch oder über einen menschlichen Entscheidungsträger, Handlungen zur Abwehr von Ereignissen eingeleitet werden. Der Zug würde so beim Ereignisfall „Personen auf dem Gleis“ weit vor dem Ereignisraum automatisch seine Geschwindigkeit reduzieren und gegebenenfalls stoppen, bis die Gleise wieder frei sind. Über Train2Train-Kommunikation würden nachfolgende Züge ebenfalls gewarnt und in die Informationskette eingebunden – analog zum Platooning-Prinzip, bei dem alle Sensoren vieler vernetzter Fahrzeuge so kommunizieren, dass jedem Fahrzeug alle Sensoren mit ihren Informationen (z.B. Umwelt, Gefahrenstellen, Unfälle) zur Verfügung

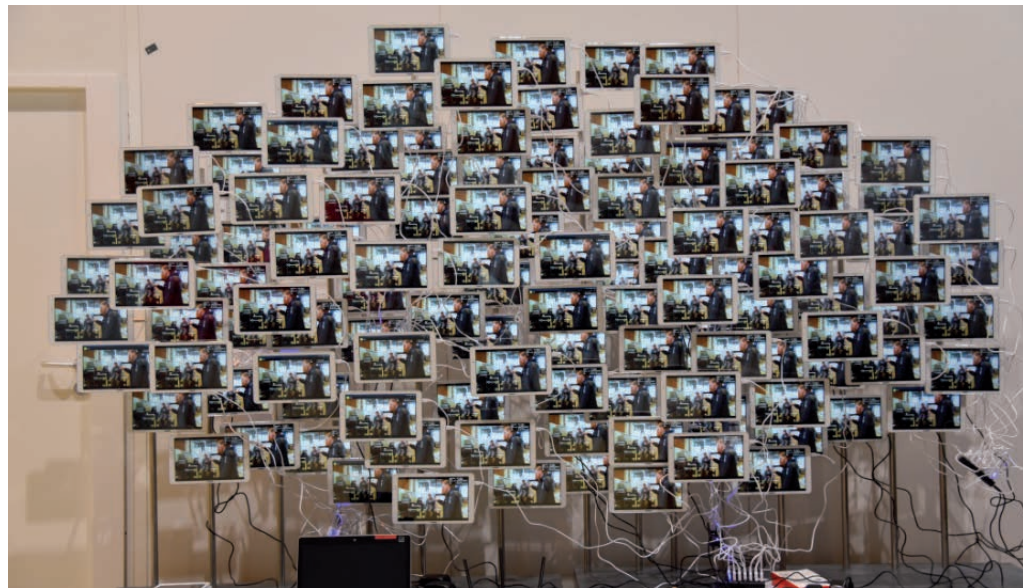


BILD 3: 120 vernetzte Tablets streamen Inhalte live und synchron

(Quelle: 5G Lab Germany)

stehen und so ein hochvernetztes, kommunikatives Fahren, z.B. in intelligenten Verbänden, ermöglicht wird.

Mittels Train2X-Kommunikation können aber auch Sensordaten kontinuierlich abgefragt werden, zum Beispiel der Zustand der Schienen oder die Wetter-situation. So kann über Algorithmen das Fahrverhalten eines Zuges entsprechend angepasst werden (Bremskraftberechnung, Verbrauchsoptimierung usw.) und damit der Betrieb optimiert werden.

→ „Virtuelle Glasfaserverfügbarkeit“ durch 5G im Zug

Es gibt vielfältige Möglichkeiten, 5G für die Fahrgäste einzusetzen. Das Erreichen des Ziels „(stabiles) mobiles Internet im Zug“ wird durch 5G flankierend ergänzt. Mit aktuellen Mobilfunkstandards wie LTE und 3G kann zwar auch eine Verbindung aufgebaut werden, doch ist nicht garantiert, dass es auch in der nächsten Mobilfunkzelle ausreichenden Empfang gibt. Der Wechsel der Mobilfunkzellen erfolgt im ICE schneller als beispielsweise bei der Fahrt im eigenen Auto oder bei einem Stadtpaziergang. Die gegenüber 5G höhere Verzögerung (Latenz) aktueller Mobilfunktechnologien führt dazu, dass beispielsweise eine Website innerhalb einer LTE-Zelle nicht schnell genug geladen werden kann, um in der nächsten Zelle angezeigt zu werden. 5G ermöglicht einen nahezu verlustfreien Handover (Wechsel) von einer 5G zu einer LTE-Zelle. Während der Bahnfahrt können so die Reisenden den neuesten Blockbuster in Ultra-HD-Qualität ohne Verzögerungen per Streaming ansehen (Bild 3).

Zusammen mit den hohen Geschwindigkeiten von 5G sowie der geringen Latenzzeit ergibt sich somit eine „virtuelle Glasfaserverfügbarkeit“ im Zug, die die Leistungsgrenzen zwischen kabellosem und kabelgebundenem Internet verschwimmen lässt.

→ Anlagensteuerung

Wie wird bei einem Systemausfall vorgefahren? 5G bietet durch die Echtzeitkommunikation die Möglichkeit zum Live-Eingriff in das Fahr- bzw. Betriebsgeschehen (Steuern und Regeln), z.B. durch einen Triebwagenführer in einer Steuerzentrale. Dieser könnte über die bereitgestellten Sensordaten und die Bilder der Kameras sowie über entsprechende digitale Bedienelemente eine Art „virtuellen Führerstand“ betreten und den Zug sicher steuern. Man kann diese Art der Fernsteuerung mit einem Piloten vergleichen, der im Flugzeugcockpit in den Autopiloten eingreift. Theoretisch ist das Fernsteuern von Flugzeugen durch die Übermittlung der Flugparameter vom Boden aus heute schon möglich bzw. wird dieses Verfahren bei Drohnen praktiziert. Wenn auch Züge mit der entsprechenden Sensorik und Aktorik aus beziehungsweise nachgerüstet werden, ist eine Fernsteuerung via 5G in Echtzeit ebenso realisierbar, beispielsweise beim Rangieren.

→ Neue Geschäftsmodelle: Digital Real Estate

Der Elektronikkonzern Philips hat die vielfältigen neuen Möglichkeiten der Vernetzung bereits erkannt und arbeitet an Lösungen, um das Internet der Dinge zum Leben zu erwecken. Zusammen mit Ericsson wurde eine „Smart Light Pole“ »



BILD 4: „Smart Light Pole“ von Philips
(Foto: Phillips)

(Bild 4), eine intelligente Straßenlaterne, entwickelt. Diese bietet neben energie-sparender LED-Beleuchtung auch die Möglichkeit, Mobilfunkequipment zu integrieren. Dies können kleine Basisstationen sein, die in einem geringen Umkreis 5G-Verbindungen ermöglichen. Durch die Integration dieser Smart Light Poles in die gesamte Stadtbeleuchtung entsteht ein dichtes Netzwerk aus Mobilfunkzellen. So lässt sich eine flächen-

deckende Netzverfügbarkeit schaffen. Neben diesem von Philips verfolgten „Lighting-as-a-Service“-Modell sind weitere Ansätze auf Basis vorhandener Infrastrukturelemente denkbar. Für Transportunternehmen wie die DB ergeben sich hierdurch neue spannende Geschäftsmodelle, denn in den Zügen oder an Strommasten entlang der Bahnstrecken kann weiteres Mobilfunkequipment integriert werden. So wird die vorhandene Infrastruktur intelligent genutzt und die Netzabdeckung auf Bahntrassen verbessert.

Die hier vorgestellten möglichen Handlungsfelder werden nach einer endgültigen erfolgreichen Prüfung, unter anderem auf Wirtschaftlichkeit, schrittweise in die technische Erprobung gehen. Gleichzeitig werden geeignete Hochlaufszenerarien entwickelt, um die Migration der neuen Technologien in die Produktionsmittel optimal zu gestalten.

DAS 5G LAB GERMANY

Das 5G Lab Germany (5GLG) wurde 2014 an der Technischen Universität Dresden gegründet. Hauptziel ist es, durch Spitzenforschung den neuen Mobilfunkstandard 5G aus Deutschland federführend mit zu gestalten und junge Forschertalente für diese Technologie zukunftsweisend auszubilden. Es sind über 20 Professoren aus verschiedenen Fakultäten eingebunden, die wiederum

über 500 Forscher an ihren Lehrstühlen begleiten. Die Forschungsarbeiten des 5GLG sind in vier Arbeitsgruppen aufgeteilt:

- Silicon befasst sich mit dem Design von schnelleren und sicheren Prozessoren. Hierbei liegt das Augenmerk auf den sogenannten Many-core Lösungsansätzen. Früher wurden die Recheneinheiten immer höher getaktet, um mehr Rechenleistung zu bekommen. Dieser Ansatz ist energetisch suboptimal und es ist besser, eine Rechenaufgabe auf mehrere Recheneinheiten zu verteilen. Dies führt zu einer erheblichen Energieverbesserung, da der Energieverbrauch quadratisch mit der Taktrate ansteigt. Die Herausforderung ist es Software zu schreiben die sich überhaupt parallelisieren lässt.
- Wireless & Network beschäftigt sich mit dem Transport von Daten in den drahtlosen Übertragungsstrecken und der weiteren Vermittlung in Kommunikationsnetzen.
- Edge Cloud: Hier werden Cloud-computing Lösungen in lokaler Nähe zu den Steuerelementen platziert, um so die Latenz durch geringere Übertragungszeiten zu minimieren
- Taktile Anwendungen: Hier werden die verschiedenen Anwendungsgebiete (Industrie 4.0, Mobilität, Gesundheitswesen u.ä.) auf deren technische Anforderungen untersucht.

In den vier Arbeitsgruppen wird nicht autark, sondern holistisch, also ganzheitlich, geforscht, um den neuen Anforderungen von 5G gerecht zu werden (Bild 5). ◀

BILD 5:

- a) Rapid Prototyping mit Pi2Go für „Platooning“ (Quelle: 5G Lab Germany)
- b) Drahtloses vermaschtes Kommunikationsnetz mit Raspberry Pis (Foto: 5GLG)
- c) Glovegoggles – Taktile Handschuh zum Erleben von realen Ereignissen in der virtuellen Welt



a)



b)



c)

Literatur

[1] „Steuert der Stromversorger irgendwann den Energieverbrauch?“ von Kevin Bullis, Gerhard Samulat, aus Technology Review 01.2014

▶ SUMMARY

5G facilitates Rail 4.0

While “Industry 4.0” is gathering speed, work is already underway in parallel on the new 5G mobile-telephony standard. Billions of networking sensors and cars and trains running autonomously are to be able to communicate safely with one another using 5G. Deutsche Bahn sees various application possibilities coming its way in energy management, train2x communication and other real-time projects. Deutsche Bahn is working on this development jointly with the 5GLab Germany at the Dresden University of Technology.