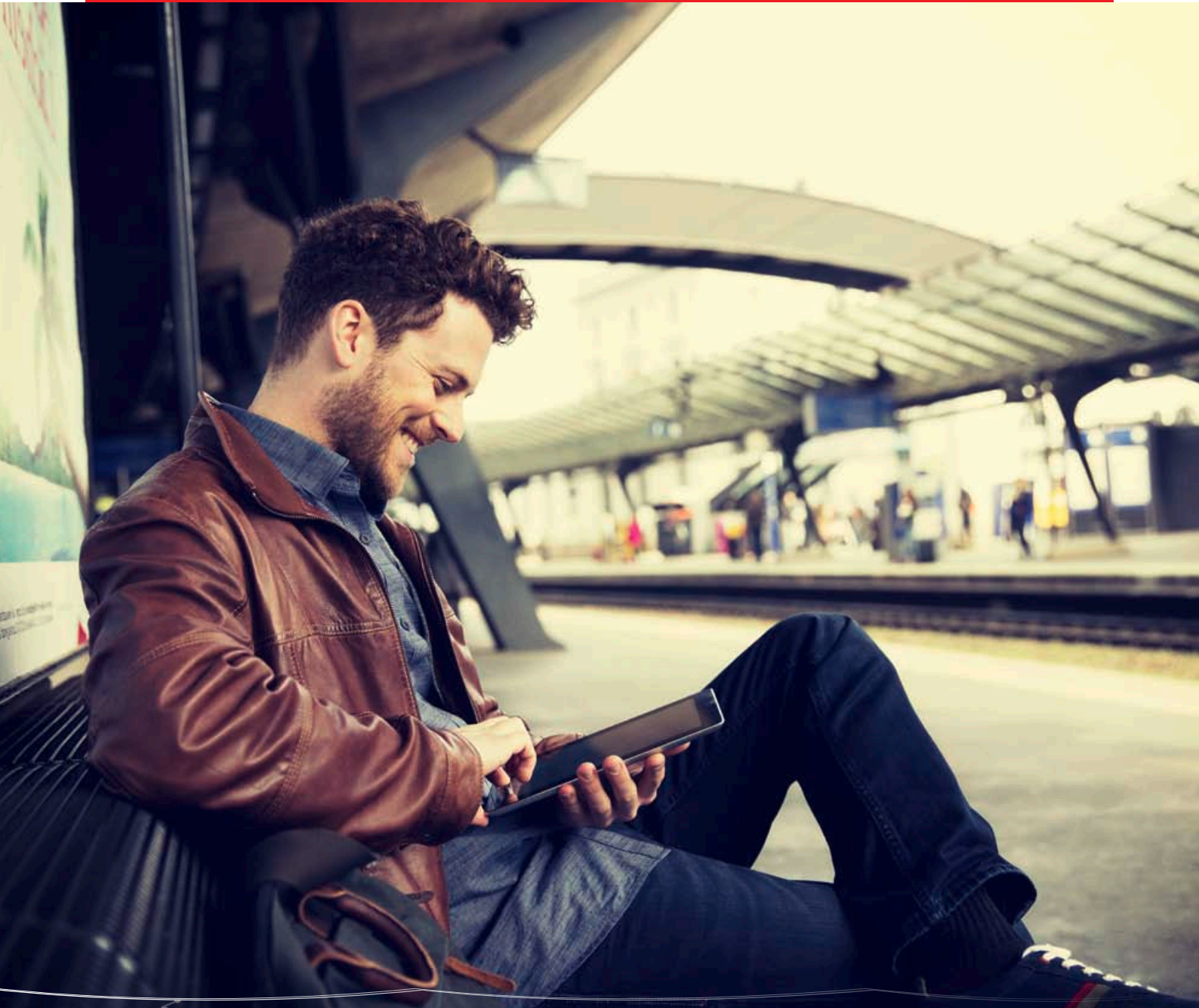


# SCHWEIZER VERBINDUNGEN

Die Schweizer lieben ihre Bahn. Damit das auch so bleibt, ist eine gute Mobilfunkversorgung im Zug wichtig. Doch gehen Telefonverbindung und Städteverbindung Hand in Hand?



Die Schweiz gilt weltweit als Bahnland Nummer eins: Kaum ein Schienennetz ist so dicht, nirgendwo sonst fahren die Bürger so viel mit dem Zug. Das ist auch ein Verdienst des Konzerns Schweizerische Bundesbahnen (SBB), der mit vollem Namen SBB CFF FFS (CFF: Chemins de fer fédéraux suisses, FFS: Ferrovie federali svizzere) heisst und den grössten Teil des Verkehrsaufkommens auf der Schiene bewältigt. Die SBB hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Mobilfunkversorgung auf den Strecken voranzutreiben. Dafür ist die Kenntnis des Ist-Zustands wichtig. Und wer könnte den besser beurteilen als connect mit seinem Messtechnikpartner P3 communications, die zusammen schon seit 15 Jahren die Qualität von Mobilfunknetzen beurteilen, seit geraumer Zeit auch in der Schweiz?

**Bahnnetze auf dem Mobilfunkprüfstand**

Im Auftrag der SSB schickte connect also ein Messteam von P3 communications auf eine ausgedehnte Bahnreise, sieben Tage lang pendelten drei P3-Mitarbeiter zwischen Basel, Bern, Genf, Lausanne, Zürich Flughafen und Zürich. Dabei vermessen sie von morgens bis abends die Mobilfunkverbindungen, jede Strecke stand mehrfach auf dem Programm. Weitere fünf Tage lang nahm das Team den Regionalverkehr rund um Zürich unter die Lupe. Das Ergebnis sind Abertausende Messwerte, die ein Bild davon abgeben, wie gut die Schweizer Netzbetreiber Swisscom, Orange und Sunrise Züge des Regional- und Fernverkehrs mit Mobilfunk versorgen.

Den genauen technischen Ablauf des Netztests auf Schweizer Bahnstrecken lesen Sie auf Seite 7 dieses Spezial.

Den Mobilfunkmarkt im Land von Schokolade und mechanischen Uhren dominiert die Swisscom, die mehr als die Hälfte der Kunden versorgt, Sunrise und Orange teilen sich den Rest. Die Swisscom ist aus der staatlichen PTT hervorgegangen und hat es geschafft, dass ihr über die Jahre ein grosser Teil der Menschen die Treue gehalten hat. Ihre Kundenbasis beschert der Swisscom satte Einnahmen, bedeutet aber auch, dass der Netzbetreiber

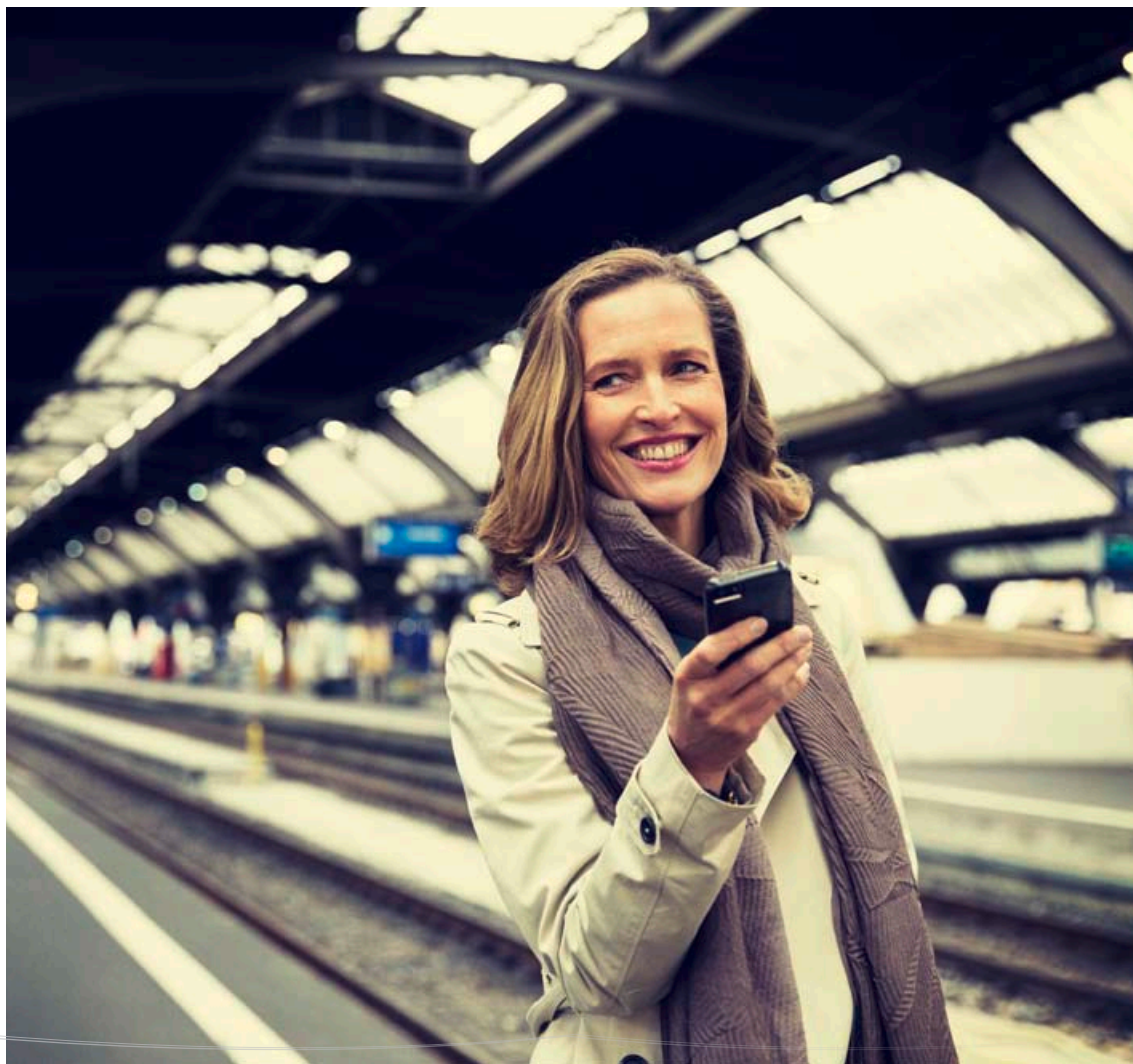
stets auf der Höhe der Zeit bleiben muss. Investitionen in Servicequalität, Angebotsbreite und Netzausbau sind Pflicht. Gerade bei der Erweiterung der Netzkapazitäten, die sich ja alle Kunden teilen müssen, wiegt die deutliche Marktführerschaft schwer: Die Swisscom muss oft früher teure neue Technik kaufen, um das sich ändernde Nutzungsverhalten und die steigenden Ansprüche angemessen bedienen zu können.

**Grenzwerte liegen niedriger**

Eine Besonderheit in der Schweiz ist die sogenannte NIS-Verordnung zum Schutz

der Bevölkerung vor nicht ionisierender Strahlung. Diese Verordnung schreibt für Mobilfunkstationen Strahlungsgrenzwerte vor, die deutlich unter denen liegen, die im übrigen Europa gelten. Ist man in dicht bevölkerten Städten unterwegs, spielt das kaum eine Rolle, denn dort stehen die Mobilfunkzellen eng beieinander, um viele Menschen zu versorgen. Da sind die Sendeleistungen gering, die Strahlungsbelastung bleibt entsprechend klein.

Entlang der Bahnstrecken sind die Netzbetreiber aber bestrebt, die Zellen aus Kostengründen mit weitest mögli-



Fotos: © SBB; Yvonne Häfner (SFF)



chem Abstand aufzustellen. Hier bedeutet geringe Strahlung auch geringe Sendeleistung – folglich müssen in der Schweiz die Zellen näher zusammenstehen als zum Beispiel in der EU. Das erhöht die Kosten zur Versorgung der Bahnstrecken erheblich.

Und es gibt noch zwei weitere Faktoren, die die Abdeckung der Bahnstrecken in der Schweiz erschweren. So bietet die bergige Landschaft dem Bahnfahrer einen tollen Ausblick. Auch Netzbetreiber freuen sich über so manche Erhebung, da sie von oben teils grosse Gebiete mit einer einzigen Mobilfunkstation

on bespielen können. Doch oft genug sorgen Berge für Funkschatten – wie das sichtbare Licht kann der Funk nicht um die Ecke strahlen. Diese Funkschatten müssen häufig durch zusätzliche Mobilfunkstationen ausgeleuchtet werden.

### Berge und Tunnel sorgen für Probleme

Ebenfalls kritisch sind die durch die Berge bedingten Tunnel, in die die Mobilfunkstrahlung kaum eindringen kann. Für die Ausstattung mit Tunnelfunkanlagen haben sich die Netzbetreiber zu einem Konsortium mit Unter-

stützung der SBB zusammengeschlossen.

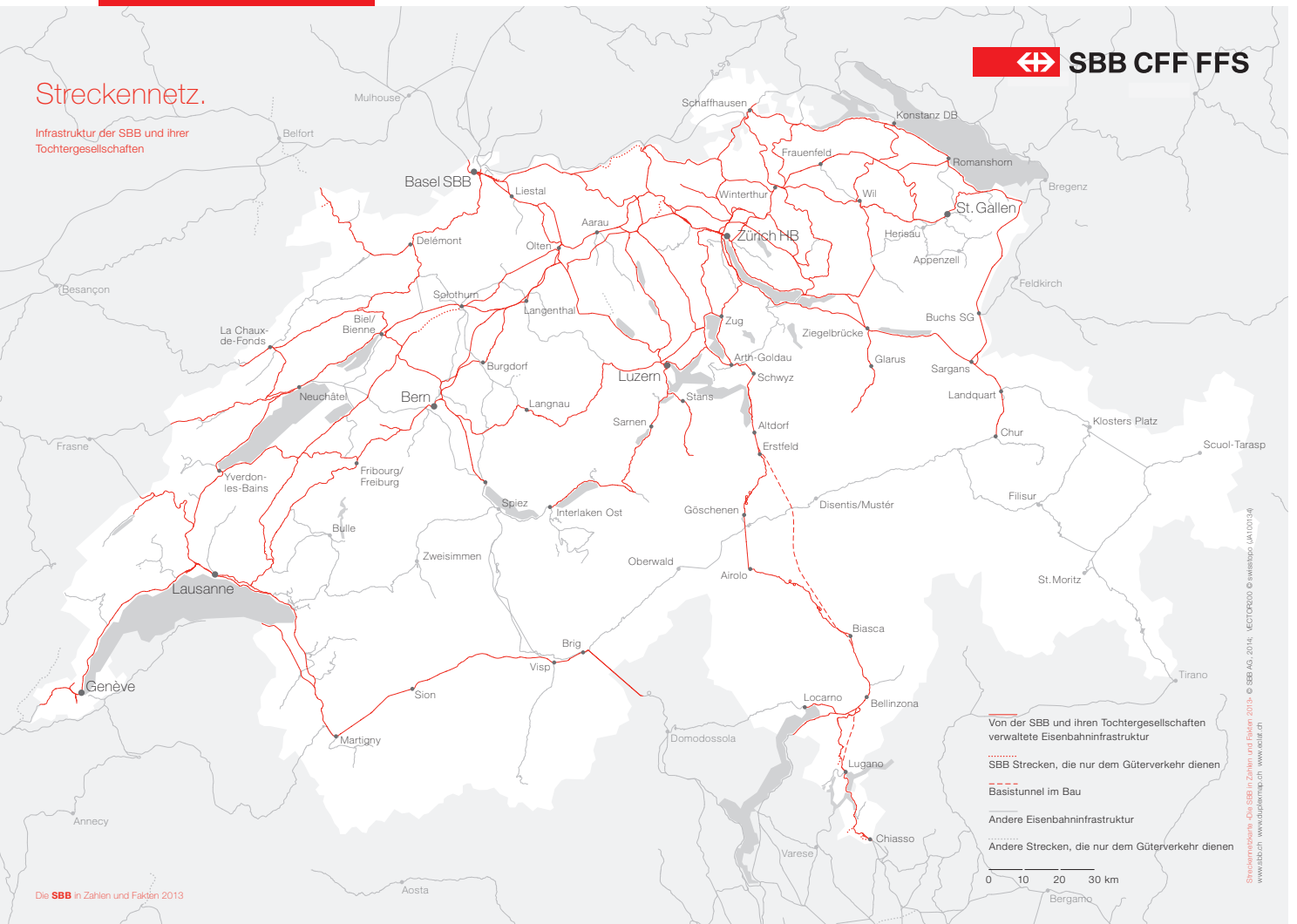
Auch in Österreich leiden die Mobilfunkprovider bei der Versorgung von Zügen der ÖBB und der Westbahn unter bergigem Terrain. Doch im Nachbarland hat man sich dazu entschlossen, auf metallbedampfte Scheiben zur Wärmeisolation der Waggons zu verzichten; stattdessen wird bei Hitze einfach die Klimaanlage voll aufgedreht. Die SBB geht den ökologisch – und auch was das Klima in den Zugabteilen betrifft – besseren Weg und setzt auf metallbedampfte Scheiben. Dafür nimmt sie in Kauf, dass

### VOLLAUSBAU

Das Bahnnetz der Schweiz gilt als eines der dichtesten in der Welt, was wohl auch daran liegt, dass die Schweizer gern Bahn fahren.

### Streckennetz.

Infrastruktur der SBB und ihrer Tochtergesellschaften



Die SBB in Zahlen und Fakten 2013

Streckennetz der SBB in Zahlen und Fakten 2013 © SBB AG, 2014. METOCAD © swissmap (A10014) www.sbb.ch www.sbbmap.ch www.rfid.ch



Mobilfunksignale beim Eintritt in den Waggon im Schnitt um 30 dB gedämpft werden, was einer Reduktion um den Faktor 1000 entspricht.

**Repeater und WLAN**

Aus diesem Grund hat die SBB in den Waggon des Fernverkehrs Repeater eingebaut. Das sind Verstärker, die die draussen vorhandenen Mobilfunksignale der Stationen verstärkt an die Endgeräte im Inneren weitergeben, aber auch in umgekehrter Richtung arbeiten. Bemerkenswert: In Deutschland, wo im Schienenverkehr lange Genehmigungszeiten bestehen, sind in vielen Zügen nur veraltete GSM-Repeater eingebaut, während die SBB Mo-

delle einsetzt, die bei LTE, UMTS und GSM ihre verbindende Wirkung entfalten. Doch das gilt nur im Fernverkehr, da im Nahverkehr die Kantone und der Bund den Betrieb verantworten, was die Finanzierung der teuren Mobilfunktechnik erschwert.

WLAN hingegen ist aktuell für die SBB nicht vorgesehen. Verständlicherweise, denn schliesslich wird WLAN in Zügen auch über die Mobilfunknetze realisiert und nimmt den Mobilfunkkunden zumindest einen Teil ihrer bezahlten Bandbreite weg. Erwähnenswert: Auf 38 Bahnhöfen bietet die SBB eine Stunde kostenloses Internet über das dort vorhandene WLAN an. Man muss sich

dafür lediglich einmal registrieren.

**Die Resultate**

In Sachen Telefonie im Regionalverkehr im Raum Zürich liegen die Netzbetreiber mit Erfolgsraten um 90 Prozent im Schnitt um über 8 Prozent hinter den Werten, die im Netztest 2013 in Stadt und Umland erzielt wurden. Wenn bei zehn statt bei zwei von 100 Gesprächen gravierende Probleme auftauchen, kann von Dienstgüte eigentlich keine Rede mehr sein. Im Fernverkehr verbessert sich das Bild: Hier sind rund 7,5 Prozent der Telefonate mit Fehlern behaftet. Vergleicht man diesen Wert mit der im Netztest 2013 auf den Autostre-

cken zwischen den Städten ermittelten Zuverlässigkeit, so sieht man, dass die Bahn hier nicht einmal 1 Prozent auf das Auto verliert. Das ist angesichts der schwierigen Versorgungslage mit zum Teil vielen Hundert gleichzeitig zu versorgenden Kunden in einer Mobilfunkzelle als befriedigend zu bewerten. Kommt das Gespräch zustande, ist die Sprachqualität sowohl im Fern- als auch im Nahverkehr bei allen Netzbetreibern ordentlich; mit leichten Beeinträchtigungen muss immer mal wieder gerechnet werden, unverständliche Gesprächsan-teile bleiben die Ausnahme.

Wer den Fern- mit dem Nahverkehr vergleicht, könnte meinen, dass knapp 3 Prozent Unterschied in der Erfolgsrate den Aufwand mit den Repeatern in den Fernzügen kaum lohnt. Doch das wäre ein Trugschluss, denn der Nahverkehr führt deutlich länger durch dicht besiedeltes und damit gut mit Mobilfunk versorgtes Gebiet. Die Repeater leisten also ganze Arbeit, wenn sie den benachteiligten Fernverkehr auf ein spürbar höheres Niveau hieven als den prinzipiell im Vorteil liegenden Nahverkehr.

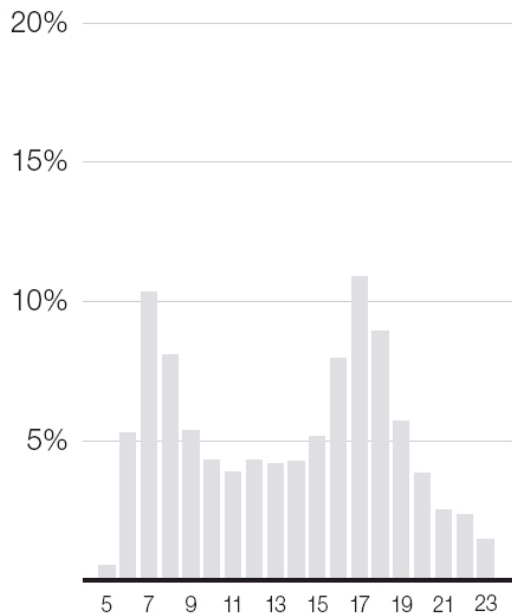
**Datenverbindungen**

Bei mobilen Datendiensten im Nahverkehr bewegen sich die Erfolgsraten auf ähnlichem Niveau wie bei der Telefonie, wobei Downloads etwas häufiger klappen als Uploads. Etwa 9 Prozent der Übertragungen laufen ins Leere. Beim Speed liefern sich dann aber die mit einem LTE-Anteil von 75 bis 80 Prozent operierenden Orange und Swisscom ein Kopf-an-Kopf-Rennen vor Sunrise. Die mittleren Datenraten von 7 bis 12

**PASSAGIERVERTEILUNG ÜBER DEN TAGESVERLAUF**

Fernverkehr

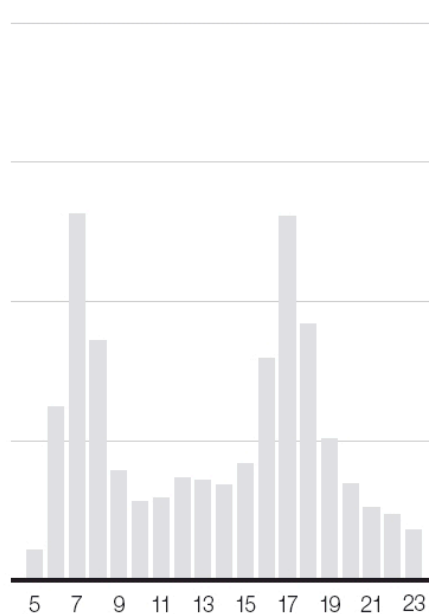
Montag bis Freitag



In den Morgenstunden und nachmittags steigen die Fahrgastzahlen im Fernverkehr stark, tagsüber sind sie dagegen recht ausgeglichen.

Regionalverkehr

Montag bis Freitag



Der Nahverkehr ist noch stärker von der Tageszeit abhängig und zeigt schon fast extreme Fahrgastspitzen um 7 und um 17 Uhr.



## „Massnahmen zeigen Wirkung“

stark in die Netzabdeckung entlang der Bahnlinien investiert haben und immer noch investieren.

**Bei der Mobilfunkversorgung der Bahnstrecken stehen sowohl die SBB als auch die Netzbetreiber in der Pflicht. Was können Sie tun, um die Servicequalität auf das in Städten oder auf Autobahnen übliche Niveau zu bringen? Und wo haben die Netzbetreiber Nachholbedarf?**

Der Ausbau der Mobilfunkversorgung in der Bahn ist eine gemeinsame Aufgabe. Mobilfunkanbieter und SBB haben hier die gleichen Interessen und arbeiten eng und gut zusammen. Im Fernverkehr sind wir so auf einem guten Niveau angelangt. Beim Regionalverkehr sind wir optimistisch, dass wir zusammen mit Bund, Kantonen und den Mobilfunkanbietern zu einer Finanzierungslösung für den Einbau von Signalverstärkern kommen. Es wäre aber falsch, die Erwartung zu wecken, dass der Empfang im Zug langfristig genauso gut sein kann wie in Städten oder gar zu Hause. Mehr als 1000 Passagiere auf engstem Raum, die sich mit 200 km/h von einer Mobilfunkzelle zur nächsten bewegen, werden immer eine riesige Herausforderung darstellen und der Qualität Grenzen setzen.

**In den Regionalzügen liegen die Fehlerraten beim Telefonieren und bei den Dateitransfers signifikant höher als im Fernverkehr. Woran liegt das?**

Die Hauptursache liegt in den fehlenden Signalverstärkern. Ohne Signalverstärker wird das bereits schwächere Mobilfunksignal durch die Isolation des Bahnwagens stark gedämpft. Fahrgäste im Regionalverkehr bekommen daher oft ein zu schwaches Mobilfunksignal. Da die Fernverkehrszüge über Signalverstärker verfügen, haben sich die drei Mobilfunkanbieter darauf konzentriert, die Mobilfunkversorgung ent-

lang der Fernverkehrsstrecken zu optimieren. Daher ist der Empfang im Fernverkehr heute spürbar besser als im Regionalverkehr.

**Der Regionalverkehr liegt in der Verantwortung der Kantone. Kann die SBB da überhaupt Einfluss nehmen?**

Unsere Fahrgäste unterscheiden kaum bewusst zwischen Fern- und Regionalverkehr. Sie erwarten eine durchgängige Servicequalität, auch beim mobilen Empfang. Im Schweizer ÖV-System wird der Regionalverkehr aber von den Bestellern finanziert, also vom Bund und den Kantonen. Investitionen in die Ausrüstung von Regionalverkehrszügen mit Signalverstärkern müssen zwingend durch die Besteller genehmigt werden. Die SBB führt im Interesse ihrer Kundinnen und Kunden intensive Gespräche mit Mobilfunkanbietern und Bestellern, damit unsere Fahrgäste in allen Zügen gut telefonieren und Onlinedienste nutzen können.

**Kann die SBB mit Zügen ohne Repeater von den Netzbetreibern ein Engagement im Regionalverkehr verlangen?**

Der Netzausbau kann zu einer Qualitätsverbesserung führen. Da die Isolation des Zuges aber die Mobilfunksignale sehr stark dämpft, dürften die hohen Investitionen ins Netz im Vergleich zur im Zug spürbaren Verbesserung kaum wirtschaftlich sein. Nur mit einer gleichzeitigen Nachrüstung der Regionalverkehrszüge mit Signalverstärkern dürfte eine für Reisende spürbare Verbesserung möglich sein.

**Gute Mobilfunkversorgung in Zügen könnte die Produktivität vieler Reisender erheblich erhöhen. Soll der Gesetzgeber für einen rascheren Ausbau höhere Grenzwerte anstreben?**

Die SBB ist für eine gute Ausrüstung der Züge verantwortlich und hier zusammen mit den Mobilfunkanbietern

auf einem guten Weg. Über die Schweizer Grenzwerte entscheidet die Politik. Die hohen Grenzwerte führen aber zu im internationalen Vergleich hohen Kosten beim Ausbau der Mobilfunknetze, was die Verbesserung der Mobilfunkversorgung entlang der Bahnlinien hemmen kann.

**Der neue Mobilfunkstandard LTE beginnt sich langsam, aber sicher am Markt durchzusetzen. Welchen Einfluss wird das auf die Versorgung der Bahnstrecken haben?**

Jede neue Technologie bringt mehr Bandbreite, was sich auch positiv auf die mobile Versorgung im Zug auswirkt. Auf der anderen Seite fördert jede neue Technologie auch neue Services, stimuliert den mobilen Konsum und erhöht unser Bedürfnis nach einer permanenten Verbindung. Das heisst: Parallel zu neuen Technologien muss auch die Infrastruktur für den Mobilfunkempfang stetig weiter ausgebaut werden.

**Die SBB bieten ihren Fahrgästen aktuell kein WLAN im Zug an. Warum? Tragen die Netzbetreiber diese Entscheidung mit?**

Signalverstärker erlauben einen guten Telefonie- und Dateneingang, während WLAN nur für Daten genutzt werden kann. Der Einbau von Signalverstärkern ist daher als erste Massnahme zwingend notwendig, während ein WLAN-System später als zusätzliche Installation beurteilt werden muss. WLAN verbessert jedoch weder die Bandbreite noch die Stabilität einer Datenverbindung spürbar. Der Hauptgrund dafür ist, dass das WLAN – ganz anders als zu Hause – über das normale Mobilfunknetz mit dem Internet verbunden ist. Es ist daher zweckmässig und wirtschaftlich, mit den Mobilfunkanbietern vorerst den Ausbau der Signalverstärker konsequent voranzutreiben und so den Reisenden unterwegs einen guten Empfang zu bieten.



Peter Kummer,  
CIO SBB AG

### Haben Sie die Ergebnisse des Netztests überrascht?

Nein. Bisher hatten wir nur unsere eigene Einschätzung auf Basis individueller Erfahrungen und des Feedbacks von Kunden. Wir haben erwartet, dass der Netztest für den Fernverkehr ein sehr gutes Ergebnis liefern, für den Regionalverkehr hingegen Verbesserungsbedarf aufzeigen würde. Wir sind zudem davon ausgegangen, dass wir im internationalen Vergleich gut abschneiden würden. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass wir mit unseren Annahmen richtig lagen.

**Die Ergebnisse der Bahnmessungen sehen wirklich besser aus als die in Deutschland. Sind Sie zufrieden?**

Ja, das Ergebnis bestätigt unsere Strategie zur Verbesserung des Empfangs unterwegs. Mit Gratis-Internet an den Bahnhöfen und Signalverstärkern, also Repeatern, in den Zügen zielen wir auf den grösstmöglichen Kundennutzen. Wir setzen gemeinsam mit den drei Mobilfunkanbietern seit 2010 konsequent darauf, die Züge im Fernverkehr mit modernen Signalverstärkern auszurüsten. Die Verbesserung des Empfangs im Zug hat den Wettbewerb gefördert, so dass alle drei Mobilfunkanbieter



Mbit/s im Down- und 3 bis knapp 6 Mbit/s im Upload stehen für eine als schnell empfundene Verbindung.

Im Fernverkehr steigt die Zuverlässigkeit bei Datenübertragung noch deutlicher als bei der Sprache. Nur 4 Prozent der übertragenen Dateien kommen nicht an – das ist nahe am Niveau auf Autobahnen im letzten Netztest in der Schweiz. Auch im Vergleich zu zwei 2013 in Deutschland vermessenen Nahverkehrsstrecken sind die Fehlerraten insgesamt gering. Hier mussten je nach Strecke und Repeater-Status zwischen 7 und 32 Prozent Ausfälle verzeichnet werden.

### Kampf auf Augenhöhe

Bei der Geschwindigkeit liefern sich Swisscom und Orange erneut einen Kampf auf Augenhöhe, Sunrise hinkt etwas hinterher. Dabei zeigen die beiden führenden Netzbetreiber, mit Einschränkung auch Sunrise, dank LTE und HSPA+ DC eine Performance, bei der viele Aktionen so zügig ablaufen, dass etwaige Verbindungsprobleme schnell auffallen. Die Zeiten, in denen ein Download viele Minuten dauerte, um dann unvermittelt bei 98 Prozent abzubrechen, sind mit dem Mobilfunk der dritten und vierten Generation auch auf Bahnfahrten vorbei.

Interessant, aber aufgrund einer zu kleinen Zahl an Messungen nicht statistisch belastbar, ist eine getrennte Auswertung der Regionalzugmessungen mit Repeater auf der Strecke Zürich - Zug. Hier liegen Telefonie und Datenübertragung auf dem Niveau der Fernverkehrsverbindungen und sind damit deutlich zuverlässiger als im sonstigen Nahverkehr. Der Repeater-Ausbau im Regionalverkehr erscheint auch aus dieser Sicht sinnvoll.

Sind die Datenraten tageszeitabhängig? Offenbar nicht. Hintergrund: Die von einer Mobilfunkzelle bereitgestellte Bandbreite und die Zahl der

gleichzeitig möglichen Telefonate sind begrenzt und werden unter allen Nutzern verteilt. Wenn sich die Nutzerzahl innerhalb einer Zelle verdoppelt, halbieren sich die Datenraten. Nun fahren zu den Stosszeiten (7 und 17 Uhr) bis zu dreimal so viele Menschen in der Bahn wie im Schnitt. Bei ausgelasteten Zellen müsste die Datenrate also einbrechen – das tut sie aber nicht. Die Kapazitäten reichen offenbar, was auch daran liegen kann, dass viele Menschen im Zug noch nicht ins Netz gehen. Das gibt den Netzbetreibern die Chance, sich zukünftig steigenden Ansprüchen anzupassen.

### Fazit

Im Fernverkehr haben Provider und SBB die Weichen zur Mobilfunkversorgung richtig gestellt. Nun muss sie noch für den Nahverkehr von Kantonen und Bund die Unterstützung zur Ausstattung aller Waggons mit Repeatern erhalten. Denn ohne Repeater haben die Mobilfunkanbieter keine Chance, eine gute Versorgung wirtschaftlich zu realisieren. Ausserdem sollten die Netzbetreiber nicht im Bemühen nachlassen, verbleibende Versorgungslücken zu schliessen. Immerhin: Dass die Datenübertragung schon jetzt schnell und deutlich zuverlässiger klappt als das Telefonieren, ist wohl auf den stabileren Betrieb des Funkstandards LTE in Verbindung mit moderner Repeater-Technik zurückzuführen. Der ist zwar noch nicht für die Telefonie geeignet, aber Voice over LTE (VoLTE) steht in den Startlöchern – und könnte den Qualitätsstandard noch einmal deutlich heben.

BERND THEISS





**MEETING POINT**  
connect-Mitarbeiter treffen sich im Züricher Bahnhof zur Begleitung einer Messfahrt.



**MESSTECHNIK**  
Zur Beurteilung der Netzqualität nimmt das Messteam viel Equipment mit auf Reise.

## SO TESTET CONNECT

**Vier Smartphones, vier Tablets, etliche Notebooks und einen Netzwerkschanner von Rohde&Schwarz:** Zur Messung der Versorgungsqualität in Zügen hatten die drei Techniker, die den Test in der SBB ausführten, schweres Gepäck dabei. Die Telefonie testeten sie mit drei Smartphones vom Typ Samsung Galaxy S3 LTE, denen je ein Notebook zur Steuerung zur Verfügung stand. In kurzen Abständen führten die Notebook-Smartphone-Gespanne Testanrufe zu speziell konfigurierten Festnetzanschlüssen aus. Dabei wurden genormte Testsätze übertragen, die sich nach erfolgreichem Anruf nach dem POLQA-Wideband-Verfahren vollautomatisch analysieren lassen. Basis der Beurteilung ist der auf der subjektiven Bewertungen echter Versuchspersonen basierende „Mean Opinion Score“ (MOS), der die Übertragung von mangelhaft (MOS = 1) über mässig (2), ordentlich (3) und gut (4) bis zu ausgezeichnet (5) unterscheidet. Als Anhaltspunkt: Unterhalb eines MOS-Wertes von 2,7 beginnt eine Sprachübertragung gestört zu wirken, unterhalb von 2,0 wird sie schwer verständlich.

Ausser der Sprachqualität ist wichtig, ob ein Gespräch überhaupt zustande kommt und ob es regulär beendet wird. Fachleute sprechen im Fehlerfall von „Call Setup Failures“ und „Dropped Calls“. Diese ergeben zusammen die „Call Error Ratio“, den Anteil fehlerhafter Anrufe. Doch selbst bei stabiler Verbindung und gutem Klang kann es Grund zur Kritik geben, zum Beispiel in puncto Rufaufbauzeit. Diese gibt an, wie lange es vom Wählen der Nummer dauert, bis das Gespräch steht. Seit Einführung des schnellen Mobilfunkstandards LTE hat dieser Wert bei manchem Netzbetreiber für Kundenverdruss gesorgt. Schliesslich sind noch keine LTE-Telefonate möglich, sodass die schnelle Datenverbindung erst gekappt und eine GSM- oder UMTS-Verbindung aufgebaut werden muss, bevor ein Telefonat beginnen

kann. Das dauerte gerade am Anfang bei manchem Anbieter sehr lange, Werte von teilweise über 15 Sekunden strapazierten die Nerven der Menschen. Während der Telefonate führten die Smartphones im Hintergrund kleine Datenübertragungen aus, wie sie für E-Mail-Push, Wetterinformationen oder Ähnliches typisch sind.

Für die Datenmessungen stand für jeden Netzbetreiber je ein Tablet vom Typ Samsung Galaxy Note 10.1 LTE bereit. Auf den Tablets lief ein spezielles Programm, das im steten Wechsel 3 Megabyte grosse Dateien herunter- und 1 Megabyte grosse Dateien herauflud. Als Gegenstelle diente ein spezieller Messserver. Bei diesen Messungen wurde in jede Transferrichtung sowohl die mittlere Datenrate als auch die mittlere Downloadzeit bestimmt, ausserdem die Fehlerrate bei Datentransfers und die mittlere Netzwerkverzögerung („Median Network Delay“ oder Latency) – besonders wichtig für Onlinespieler.

Neben den Smartphones und Tablets lief der sündhaft teure Netzwerkschanner Rohde&Schwarz Romes mit. Er diente dazu, die per GPS ermittelten Ortskoordinaten zusammen mit den Pegeln der Mobilfunknetze bei GSM, UMTS und LTE und bei den Netzbetreibern Swisscom, Orange und Sunrise aufzuzeichnen. Der Romes-Netzwerkschanner kann damit zwar nicht feststellen, ob Telefonie oder Daten-Download funktioniert, gibt aber Auskunft darüber, wo genug Sendepiegel dafür vorhanden ist. Auch die Messungen des Romes standen per Notebook unter ständiger Kontrolle des Messteams. Schliesslich ist nichts ärgerlicher als eine stundenlange Mess-Session, bei der wichtige Daten aufgrund von Software-Problemen verloren gehen.

Während der Messungen liefen Smartphones und Tablets im Modus „LTE preferred“, damit sie jeweils im schnellsten verfügbaren Mobilfunkstandard unterwegs waren. >>





## WISSEN

### Repeater

Repeater in Bahnwaggons sind spezielle, in zwei Richtungen wirkende Verstärker. Sie verstärken die Mobilfunksignale von ausserhalb des Waggons und strahlen sie nach innen. Zudem verstärken sie die Signale innerhalb des Waggons und strahlen sie nach aussen. Auf diese Weise können die Dämpfungen durch die Metallwände und metallbedampften Scheiben des Waggons ausgeglichen werden und die Verbindung ist im Idealfall ähnlich gut wie im Freien an derselben Stelle. Ein Repeater

muss nicht unbedingt alle Mobilfunkstandards aller Netzbetreiber unterstützen.

### VoLTE

Während für ein Telefongespräch über die Mobilfunkstandards GSM und UMTS eine feste Leitung zwischen den Teilnehmern geschaltet werden muss, wird bei LTE auch die Sprachübertragung über einzeln verschickte Datenpakete funktionieren. Da aber beim Telefonieren im Gegensatz zum Websurfen oder E-Mail-Download auch kleinste Verzögerungen sehr störend sind, lässt die

praktische Realisierung des LTE-Telefoniestandards VoLTE noch immer auf sich warten.

### Handover

Wenn sich ein Mobiltelefon, Tablet oder Notebook während eines Telefonats oder während einer Datenübertragung bewegt, kann es leicht den Empfangsbereich einer Mobilfunkzelle verlassen. Dann wird ein sogenannter Handover eingeleitet, bei dem das Gerät die Verbindung zur alten Zelle beendet und eine mit der neuen aufbaut, ohne dass der Anwender etwas davon merkt. Handover können auch innerhalb einer Mobilfunkstation durchgeführt werden – etwa wenn sich die Auslastung erhöht und es sinnvoll ist, einzelne Nutzer umzuschichten, beispielsweise bei Sprache auf GSM.

### CSFB

Bei Einführung war für den Mobilfunkstandard LTE noch keine Spezifikation zum Telefonieren festgelegt. Deshalb müssen Smartphones für ein Gespräch von LTE zu einem anderen Mobilfunkstandard umgeleitet werden. Dazu wird dem Telefon bei hereinkommenden Anrufen der Gesprächswunsch signalisiert, danach sucht es ein UMTS- oder GSM-Netz und wechselt dorthin um das Gespräch anzunehmen. Ausgehende Anrufe sind naturgemäss geringfügig einfacher zu bewerkstelligen. Da man zwischen geschaltete Leitungen (Circuit Switched) und IP bei LTE unterscheidet, nennt sich die Technik Circuit Switched Fallback (CSFB).

### MOS-LQO

Zur Bewertung der Sprachqualität wird während der Testanrufe ein genau definierter Satz übertragen. Dieser wird nach Abschluss des Gespräches analysiert. Das Ergebnis dieser Analyse kann dann nach der sogenannten MOS-LQO-Zuordnung (Mean Opinion Score-Listening Quality Objective) in eine subjektive Bewertung umgerechnet werden, wie sie in Hörtests trainierte Menschen abgeben würden.

	SWISSCOM	SUNRISE	ORANGE
<b>TELEFONIEREN (REGIONALVERKEHR)</b>			
Sample Anzahl	747	747	749
Erfolgsrate (%)	89,3	91,0	91,1
Rufaufbau-Fehler (%)	5,2	5,6	4,4
unterbrochene Gespräche (%)	5,8	3,5	4,7
Rufaufbauzeit (s)	5,4	5,6	5,3
Sprachqualität (MOS-LQO)	2,8	2,8	2,8
<b>TELEFONIEREN (FERNVERKEHR)</b>			
Sample Anzahl	1180	1174	1156
Erfolgsrate (%)	92,3	90,5	94,7
Rufaufbau-Fehler (%)	2,2	5,7	3,3
unterbrochene Gespräche (%)	5,6	4,1	2,1
Rufaufbauzeit (s)	5,7	5,8	5,3
Sprachqualität (MOS-LQO)	2,9	2,8	2,8
<b>DATEN (REGIONALVERKEHR)</b>			
<b>Download</b>			
Erfolgsrate (%)	90,4	93,5	93,3
mittlere Downloadrate (kb/s)	12039	7027	11202
mittlere Session-Zeit (s)	10	12,5	8,7
<b>Upload</b>			
Erfolgsrate (%)	89,5	92	89,2
mittlere Uploadrate (kb/s)	5618	3073	4704
mittlere Session-Zeit (s)	11,1	10,8	8,0
Latenzzeit (ms)	67	49	296
<b>DATEN (FERNVERKEHR)</b>			
<b>Download</b>			
Erfolgsrate (%)	97	93,4	97,8
mittlere Downloadrate (kb/s)	10795	6467	12106
mittlere Session-Zeit (s)	7,1	11,9	6,4
<b>Upload</b>			
Erfolgsrate (%)	96,7	93,6	97,9
mittlere Uploadrate (kb/s)	7020	3041	6249
mittlere Session-Zeit (s)	4,6	9,3	4,7
Latenzzeit (ms)	59	50	106

Fotos: © SBB; Yvonne Häner (SFF)

