

IFB-Bericht Nr. 2013/607430-40/770

S-Bahn Berlin Arbeitskreis Fahrzeuge 2013 Abschlussbericht

Kurztitel: „FZG-Expertengruppe 2013“



im Auftrag

Land Berlin,
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt

und

S-Bahn Berlin GmbH

Berlin, 30. Juli 2013

Leitung:

IFB Institut für Bahntechnik GmbH
Hauptsitz Berlin
Carnotstraße 6
10587 Berlin

Tel.: 030 399924-0
Fax: 030 399924-90
E-Mail: ifb-berlin@bahntechnik.de

Leiter der Expertengruppe

Expertengruppe:

Dipl.-Ing. Andrzej Nuskiewicz
IFB Institut für Bahntechnik GmbH
Tel.: 030 399924-24

Prof. Dr.-Ing. Arnd Stephan
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351 46336729

Dr.-Ing. Arne Kühnel
Ingenieurbüro für Fahrzeugtechnik
und Unfallrekonstruktion
Tel.: 030 8345451

Dipl.-Ing. Emil Veit-Salomon
Veit-Salomon Corporation GmbH
Tel.: 030 80195844

1 Zusammenfassung

Die Untersuchungsergebnisse, die im vorliegenden Bericht dargestellt wurden, lassen sich aus Expertensicht wie folgt zusammenfassen:

1. Der aktuelle Vertrag für Verkehrsleistungen im Berliner S-Bahnnetz läuft Mitte Dezember 2017 aus. Das Ziel der Sicherstellung eines zuverlässigen und attraktiven S-Bahnbetriebs nach 2017 hat für die Länder Berlin und Brandenburg eine hohe Priorität. Mit dem eingeleiteten Vergabeverfahren für Verkehrsleistungen im Teilnetz „Ring“ veranlassen die Länder Berlin und Brandenburg die Entwicklung und Beschaffung der für die Verkehrsleistungen des Teilnetzes erforderlichen Neufahrzeuge. Vor dem Hintergrund der Beschaffungsmöglichkeiten von Neufahrzeugen aber auch der S-Bahnkrise der letzten Jahre und immer noch vorhandener Fahrzeugprobleme muss kurzfristig alles zur Steigerung der Fahrzeugverfügbarkeit unternommen werden, um die erforderlichen Verkehrsleistungen im Berliner S-Bahnnetz in den nächsten Jahren und über das Jahr 2017 hinaus auch mit den Altbaufahrzeugen sicherzustellen.
2. Die in 2011 im Rahmen des Arbeitskreises Fahrzeuge gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse zur Bewertung des technischen Zustandes der einzelnen Fahrzeugbaureihen und zur Identifizierung von Maßnahmen zur Wiederherstellung bzw. Erhöhung der technischen Fahrzeugverfügbarkeit sind einer erneuten, vertieften Analyse durch die im März 2013 vom Land Berlin und der S-Bahn Berlin GmbH ins Leben gerufenen Expertengruppe unterzogen worden. Es ist dabei festzustellen, dass die im Jahre 2011 vorgesehenen technischen Verbesserungs- und Umsetzungsmaßnahmen überwiegend realisiert bzw. eingeleitet wurden und zur Erhöhung der Fahrzeugverfügbarkeit maßgeblichen Beitrag geleistet haben. Das vertraglich vereinbarte Niveau wurde aber nicht erreicht.
3. Die aktuellen bzw. neuen Störungsbilder bei allen Fahrzeugbaureihen wurden identifiziert und analysiert sowie auf ihren Einfluss auf die technische Fahrzeugverfügbarkeit bewertet. Mit Ausnahme des Betriebs bei winterlicher bzw. feuchter Witterung (Schwerpunkt Baureihe 485) besitzt keines der aktuellen Störungsbilder einen erheblichen Einfluss auf die Verfügbarkeit. Es wurde dabei festgestellt, dass die meisten Störfälle den elektrischen Teil der Fahrzeuge betreffen. Da die Auftrittswahrscheinlichkeit technischer Probleme mit dem Alter der Fahrzeuge steigt, ist nur folgerichtig, dass die Probleme überwiegend bei den Altbaufahrzeugen der Baureihe 485 und 480 auftreten. Die aktuellen technischen Probleme lassen sich grundsätzlich in fünf Kategorien unterteilen: Obsoleszenz, Dichtheit, Isolation, Konstruktion/Qualität und sonstige Alterung. Die S-Bahn Berlin GmbH hat potenzielle mittel- und langfristige Problemfälle zwar bereits im Blick, aber von der Expertengruppe wird eine Ergänzung der Obsoleszenzstrategie der DB AG durch eine auf die Fahrzeugflotte der S-Bahn Berlin GmbH zugeschnittene strukturierte Strategie empfohlen. Dafür ist die Vorhaltung qualifizierten, für die Probleme sensibilisier-

ten, Personals und einer flexiblen diversitären Werkstattkapazität sowie der Aufbau eines erweiterten Ersatzteilbestandes unbedingt notwendig.

4. Es ist absehbar, dass die Altbaufahrzeuge der Baureihe 485 auch nach 2017 betrieben werden müssen, um das aktuelle Fahrplanangebot bis zum Einsatz neuer Fahrzeuge aufrechterhalten zu können. Der technische Zustand der Fahrzeugbaureihe 485 erfordert solche Stabilisierungsmaßnahmen, die mehr als eine kurzfristige Mängelbehebung infolge aktueller Störungsereignisse sind. Die Stabilisierungsmaßnahmen bei der BR 485 betreffen schwerpunktmäßig den elektrischen Teil, da hier vermehrt Einzelkomponenten von Alterung und Obsoleszenz betroffen sind. Im mechanischen Teil stellen die Wagenkasten- und Drehgestellfestigkeit generelle Verfügbarkeitsrisikopotenziale dar, welche sich nur mit hohem Aufwand (Wagenkasten) beherrschen lassen wie die Wiederinbetriebnahme der BR 485 zeigte. Hinsichtlich einer nachhaltigen Stabilisierung der BR 485 kann die Periode bis 2017 nicht isoliert vom Zeitraum nach 2017 betrachtet werden. Im Gegensatz dazu würde eine kurzfristige Aufrechterhaltung der Betriebsfähigkeit auf niedrigem Niveau mit ausschließlicher Reaktion auf aktuelle Störungen nicht nur zu einem Verfügbarkeitsdefizit im laufenden Betrieb führen, sondern auch zu deutlichem Mehraufwand nach 2017, was auch ein bleibend höheres Störungsrisiko mit sinkender Verfügbarkeit nach sich ziehen würde. Generell gilt, dass alle Probleme, die bereits heute bekannt sind, grundlegend jetzt angegangen werden müssen, um genügend Reserven für unausweichliche nicht vorhersehbare technische Risiken („Überraschungen“) in Zukunft zu haben. Die Ertüchtigung der Altbaufahrzeuge gemäß den Anforderungen für den Weiterbetrieb ist zwar mit großem Aufwand verbunden aber technisch möglich, wobei gegebenenfalls Zulassungsaspekte zu beachten sind.
5. Für den langfristigen Fahrzeugeinsatz über 2017 bis teilweise 2023 ist eine uneingeschränkte Netzzugangsfähigkeit aller Baureihen für den Betreiber von besonderem Vorteil. Als Hinderungsgründe sind hier ZBS-Ausrüstung, Erfüllung der Brandschutzvorschriften und Nachweis der Dauer-/Betriebsfestigkeit zu benennen. Eine Zustimmung des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA), unter welchen Bedingungen die Altbaureihen über das Jahr 2018 hinaus eingesetzt werden dürfen, erfordert eine kurzfristige Abstimmung zwischen der S-Bahn Berlin GmbH und dem EBA. Eine Mitte 2010 abgegebene Selbstverpflichtung der S-Bahn Berlin GmbH gegenüber dem EBA für die BR 485 sieht nämlich vor, dass diese Baureihe ab Ende 2018 vollständig aus dem Verkehr genommen wird. Für einen wesentlichen Teil der Fahrzeuge der Altbaureihen BR 480 und BR 485 ist eine bislang nicht vorgesehene Revision als Betriebsvoraussetzung ab 2017 durchzuführen. Aus Sicht der Experten müssen diese zusätzlichen Revisionen zu einem erheblichen Teil kurzfristig begonnen und vor 2017 abgeschlossen sein. Der dafür erforderliche Aufwand ist erheblich, kann aber das Flottenverfügbarkeitsrisiko nach 2017 signifikant verringern.

6. Zur Begutachtung der wirtschaftlichen Konsequenzen eines Weiterbetriebs der Altbaureihen 480 und 485 über das Jahr 2017 hinaus wurde von der Expertengruppe eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse unter Berücksichtigung der Beschaffung von Neufahrzeugen durchgeführt. Die ausführlichen Lebenszykluskostenberechnungen (LCC-Berechnungen) mit vielen Varianten wurden auf der Basis aktueller Kostendaten der S-Bahn Berlin GmbH mit Preisstand 2012 für einen elfjährigen Zeitraum von 2013 bis 2023 durchgeführt. Die Experten haben drei Szenarien zur Durchführung der Aufwandsermittlung erarbeitet. Als Gesamtaussage bleibt festzuhalten, dass die Maßnahmen zum Weiterbetrieb der Altbaufahrzeuge über 2017 hinaus prognostizierbare Mehrkosten in der Instandhaltung im Vergleich zum Instandhaltungsaufwand für Neufahrzeuge nach 2017 je nach Dauer des Weiterbetriebs zwischen 100 und 160 Mio. EUR erfordern werden. Die Berechnungen haben auch ergeben, dass jeder zukünftige S-Bahnverkehr mit Neufahrzeugen durch die hohen Fahrzeugbeschaffungskosten umgelegt als Abschreibungen und Zinsen deutlich teurer sein wird als der Betrieb mit der jetzigen Fahrzeugflotte, unabhängig davon, wer der Betreiber ist. Aus diesen Gründen sind die höheren Instandhaltungsaufwendungen zur Sicherstellung der Verfügbarkeit der Altbaufahrzeuge in jedem Falle berechtigt.

7. Die Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge ist seit Mitte 2011 von etwa 440 auf heute 530 Viertelzüge gestiegen. Beispielsweise konnte die S-Bahn Berlin GmbH mit der Wiederinbetriebnahme der Linien S45 und S85 ihr Liniennetz wieder komplettieren sowie vertraglich vereinbarte Zuglängen wieder herstellen. Die Zuverlässigkeit bei der S-Bahn Berlin ist in den letzten Monaten - in Bezug auf das reduzierte Angebot in Folge noch immer eingeschränkter Fahrzeugverfügbarkeit - als hoch zu bezeichnen. Dank der großen Anstrengungen der S-Bahn Berlin GmbH und der vielen realisierten Maßnahmen zur Steigerung der Fahrzeugverfügbarkeit ist die Anzahl der Zugausfälle in den ersten fünf Monaten des Jahres 2013 signifikant gesunken. Im Vergleich zum selben Zeitraum des Vorjahres gab es rund 60 % weniger Zugausfälle. Zwar wird durch die Anzahl der eingesetzten Viertelzüge weiterhin nicht die im Verkehrsvertrag von den Aufgabenträgern geforderte Soll-Verfügbarkeit erreicht, jedoch liegt die Zahl der eingesetzten Viertelzüge inzwischen stets sehr nahe am dem Besteller für den jeweiligen Betriebstag zugesicherten Fahrzeuginsatz im aktuellen Fahrplan. Einbrüche bei der Verfügbarkeit waren insbesondere bei extremen Witterungsverhältnissen im Winter zu verzeichnen und betrafen hauptsächlich die Altbaufahrzeuge der Baureihe 485. Alle zusätzlich auftretenden Probleme an den Altbaureihen ziehen zwangsläufig Verfügbarkeitseinschränkungen nach sich, die sich in Angebotsreduzierungen, Attraktivitäts- und schließlich Einnahmeverlusten niederschlagen werden. Die abschließende Einschätzung der Expertengruppe ergibt unter Berücksichtigung aller vorgeschlagenen Maßnahmen, dass in den Jahren 2014 bis 2017 maximal 545 und minimal 525 Viertelzüge und ab 2018 maximal 550 bzw. minimal 535 Viertelzüge für den Fahrgastbetrieb zur Verfügung stehen.

Der Eintritt extremer Witterungsbedingungen, insbesondere im Winter, könnte dazu führen, dass dann nur ca. 500 Viertelzüge im Linienbetrieb eingesetzt werden können. Die Maßnahmen zur Verbesserung der Verfügbarkeit im Winterbetrieb werden diese eventuellen Einschränkungen reduzieren, sie können jedoch bis zum nächsten Winterbeginn noch nicht vollständig umgesetzt werden. Bei Ermittlung dieser Werte wurde berücksichtigt, dass ständig durchschnittlich 70 Viertelzüge in der Instandhaltung und in der Revision gebunden sind und einige Viertelzüge für Betriebsreserve, Überführungen, Triebfahrzeugführerausbildung, Sonderzuführungen sowie wegen erhöhter Anfälligkeit der Altbaufahrzeuge im Linienbetrieb nicht eingesetzt werden. Die sich aus den vorgeschlagenen Stabilisierungsmaßnahmen ergebenden Fahrzeugbindungen in den Werkstätten sind in den Verfügbarkeitsschätzwerten bereits berücksichtigt.

2 Kurzfassung

2.1 Einleitung

Die Länder Berlin und Brandenburg haben in ihrer Funktion als Aufgabenträger für den Schienenpersonennahverkehr im Juni 2012 beschlossen, wie die Leistungen für den S-Bahnverkehr nach dem Auslaufen des bis Dezember 2017 gültigen Verkehrsvertrages neu vergeben werden sollen. Die Qualität der Fahrzeuge und die Sicherstellung eines zuverlässigen Betriebs haben dabei eine hohe Priorität.

Die zu vergebenden S-Bahn-Leistungen werden entsprechend der Entscheidung der Aufgabenträger in die Teilnetze „Ring“ einschließlich Zubringerlinien, „Stadtbahn“ und „Nord-Süd“ aufgeteilt. Als erstes Netz wird das Teilnetz „Ring“ ausgeschrieben. Es umfasst ein Betriebsvolumen von rund 9,4 Mio. Zugkilometer pro Jahr und besteht aus den Ringbahnlinien S41 Südkreuz – Südkreuz (im Uhrzeigersinn), S42 Südkreuz – Südkreuz (gegen Uhrzeigersinn) sowie den Zubringerlinien S46 Berlin Hauptbahnhof – Westend – Königs-Wusterhausen, S47 Spindlersfeld – Südkreuz und S8 Hohen Neuendorf – Zeuthen. Das Teilnetz „Ring“ wurde unter anderem deshalb für die erste Ausschreibung gewählt, weil die Baumaßnahmen am Ostkreuz für die Ringbahn fertiggestellt sein werden und die Verkehrsleistung an diesem Teilnetz der Kapazität des Ersatzbedarfs für die auszusondernden Altbau-Fahrzeug-Baureihen (BR 485 und BR 480) entspricht. Das Vergabeverfahren wurde im Juli 2012 eröffnet.

Im April 2013 erfolgte die erneute Bekanntmachung der Vergabe mit einem angepassten Vergabekonzept. Bis zum 15. Juli 2013 konnten interessierte Verkehrsunternehmen die Teilnahme am Vergabeverfahren bei der VBB GmbH, die als Vergabebüro für die Länder tätig ist, beantragen. Die eingegangenen Anträge werden aktuell einer Auswertung unterzogen.

Die Aufgabenträger erwarten, dass das S-Bahnsystem durch den Einsatz von Neufahrzeugen zuverlässiger und attraktiver wird.

Es ist festzustellen, dass die Beschaffung einer ausreichenden Anzahl von Neufahrzeugen (ca. 190 Viertelzüge) nach übereinstimmenden Aussagen von Bahnindustrie und Verkehrsunternehmen, bis Dezember 2017 jedoch nicht mehr möglich ist. Dies hängt mit dem erforderlichen Zeitbedarf für Projektierung, Herstellung, Testdurchführung, Inbetriebnahme und Zulassung von Bahnfahrzeugen zusammen.

Vor dem Hintergrund der Beschaffungsmöglichkeiten von Neufahrzeugen, aber auch der S-Bahnkrise der letzten Jahre und immer noch vorhandener Fahrzeugprobleme, muss kurzfristig alles zur Steigerung der Fahrzeugverfügbarkeit unternommen werden, um die erforderlichen Verkehrsleistungen im Berliner S-Bahnnetz in den nächsten Jahren und über das Jahr 2017 hinaus bis zur Betriebsaufnahme mit Neufahrzeugen auch mit den Altbaufahrzeugen sicherzustellen.

Aus diesem Grund haben die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt des Landes Berlin und die S-Bahn Berlin GmbH im März 2013 das IFB Institut für Bahntechnik GmbH mit der Organisation und Leitung der Expertengruppe zu einer vertieften Untersuchung der aktuellen S-Bahn-Fahrzeugproblematik mit besonderem Fokus auf einen langfristigen Fahrzeugeinsatz der Altbaureihen BR 485 und BR 480 beauftragt. Die Expertengruppe hatte die Aufgabe, ein Review der im Jahre 2011 untersuchten technischen Problemfelder und der dazugehörigen Maßnahmen durchzuführen, die aktuellen Störungsbilder der Fahrzeuge zu identifizieren, eine Einschätzung der technischen Verfügbarkeit vorzunehmen, einen Beitrag zur Stabilisierung des technischen Zustandes der BR 485 zu leisten sowie eine detaillierte Bewertung der technischen Voraussetzungen und betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen des langfristigen Fahrzeugeinsatzes mit besonderem Fokus auf die Altbaufahrzeuge der Baureihen 485 und 480 durchzuführen.

Der vorliegende Abschlussbericht der „Expertengruppe Fahrzeuge 2013“ beinhaltet die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung.

2.2 Review der Untersuchungsergebnisse von 2011 (Abschlussbericht vom 29.07.2011)

Im Ergebnis der im Jahre 2011 durchgeführten Untersuchung der technischen Verfügbarkeit von S-Bahnfahrzeugen wurden insgesamt 26 technische Problemfelder und die dazugehörigen Maßnahmen identifiziert, analysiert und bewertet. Vierzehn dieser Themen betreffen den mechanischen Teil der Fahrzeuge, sechs den elektrischen Teil und sechs die Leit- und Sicherungstechnik. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird der Fortschritt der zur Steigerung der technischen Verfügbarkeit bereits im Jahre 2011 ermittelten Maßnahmen behandelt.

Die im Jahre 2011 erkannten und untersuchten technischen Problemfelder im mechanischen Bereich der Fahrzeuge BR 480 und BR 481 wurden von der S-Bahn Berlin GmbH im Wesentlichen abgearbeitet. So wurden bei der Besandungsanlage für diese Baureihen bis auf „Kinderkrankheiten“ alle Maßnahmen einschließlich EBA-Zulassung erfolgreich abgeschlossen. Das Gleiche gilt bei diesen beiden Baureihen für die Eisfreiheit der Türen.

Der Radsatztausch bei der BR 481 ist abgeschlossen. Die Umrüstung bzw. der Tausch der Luftverdichter ist bei 46 von 67 Viertelzügen abgeschlossen.

Die Nachweisführung der Laufleistung der Radsatzgetriebe der BR 481 bis 1,35 Mio. km ist bereits erbracht. Für eine Laufleistung von 1,6 Mio. km ist der Nachweis bereits geführt, aber noch nicht validiert. Ziel ist, den Nachweis für eine Laufleistung von 2,0 Mio. km zu erbringen.

Die Umrüstung der Fahrgastklappfenster der BR 480 ist vollständig abgeschlossen. Die Rollkur der Fahrmotorlager BR 480 läuft derzeit und wird voraussichtlich Anfang 2014 abgeschlossen sein. Die Rissproblematik der Radsatzwelle der BR 480 ist mit der vollständigen Umstellung auf Radsatzwellen

mit Entlastungsmulde geklärt. Der positive Untersuchungsbericht zur Betriebsfestigkeit vom 23.04.2010 wurde dem EBA vorgelegt. Auf dieser Basis ging die S-Bahn Berlin GmbH gegenüber dem EBA eine Selbstverpflichtung ein (UT-Prüfintervall 30.000 km), die von der S-Bahn Berlin GmbH im August 2011 auf 20.000 km verringert wurde. Die Experten empfehlen, sich beim EBA um die Aufhebung dieser Verschärfung zu bemühen.

Aus diesen Problemfeldern gibt es keinerlei Auswirkungen auf die derzeitige und zukünftige technische Verfügbarkeit der Fahrzeuge, vorausgesetzt die Zustimmung des EBA erfolgt.

Dies trifft auch auf das Problemfeld Radsatzlenker der BR 481 zu, da die Maßnahme materialtechnisch abgesichert ist, wenn auch bisher keine qualifizierte Lösung vorliegt. Es ist nicht zu erkennen, dass die Zuarbeit des Herstellers zielführend ist. Die vorgestellte Vorzugslösung ist aus Sicht der Experten in Bezug auf die gewählte Passungspaarung keine maschinenbaugerechte Lösung. Im Spielbereich der Passungspaarung wird die Verdrehung weiterhin nicht verhindert.

Potenziell verfügbarkeitsrelevant sind die bislang nicht umgesetzten, von den Experten vorgeschlagenen, Maßnahmen zur Klimatisierung des Führerstandes der BR 481. Der aktuelle Bearbeitungsstand ist das Ergebnis einer seitens der S-Bahn Berlin GmbH vorgenommenen Priorisierung, welche in Bezug auf die Relevanz der Themen auf die Gesamtverfügbarkeit erfolgte. Aufgrund der kälteren Sommer der letzten zwei Jahre traten Einschränkungen im Vergleich zu den Vorjahren hier zwar kaum in Erscheinung, bei wieder auftretenden besonders langen und heißen Sommerperioden bestehen jedoch erneut Verfügbarkeitsrisiken.

Von den sechs elektrotechnischen Themen des Jahres 2011 konnte nur eines vollständig abgeschlossen werden. Künftigen Isolationsschäden wurde durch Neuwicklung der Statoren der Fahrmotoren BR 481 entgegengewirkt. Es gibt künftig einen Zyklus von Reinigung und Neuwicklung. Bisher traten keine Störungen mit revidierten Motoren auf, allerdings haben diese Motoren seitdem noch nicht die Einsatzdauer erreicht, bei der damals die Störungen auftraten.

Im letzten Winter wurden 50 Viertelzüge BR 481 mit Flugschneeabweisern (Filtern) für die Drehstrom-Asynchron-Umrichter (DASU) ausgerüstet. Die Erprobung verlief positiv. Vor dem nächsten Winter erhalten auch die restlichen 90 % der BR 481-Flotte diesen Filter.

Das Thema Modifizierung Drehrichter BR 481 befindet sich noch in Umsetzung. Die Ursachen der Verzögerung liegen in der Aufdeckung weiterer technischer Probleme und in einer unzureichenden älteren technischen Dokumentation, so dass zeitweise von falschen Voraussetzungen ausgegangen worden war. Daher wurden die Änderungen schrittweise untersucht und auf einem Viertelzug getestet. Inzwischen liegen genug Erfahrungen vor, um die Flotte umzurüsten.

Die für den Drehstrom-Bordnetz-Umrichter (DBU) der BR 480 vorgesehenen Filter haben sich in der Praxis als nicht geeignet erwiesen (zu geringer Luftdurchsatz). Stattdessen werden zwei alternative Wege verfolgt. Zum einen die

Verbesserung der Abdichtung des DBU-Containers. Zum anderen ist gegenwärtig ohnehin ein modifizierter DBU als Obsoleszenzvorsorge in Entwicklung.

Die geplante Umrüstung der DBU-Steuerung wegen Alterung von Leiterkarten in Verbindung mit Obsoleszenz erfolgte nicht. Eine Lösung soll erst in Zusammenhang mit der o. g. Modifizierung des DBU geschehen (Kombination der Maßnahmen).

Die Umrüstung der Heitzaktschütze der BR 480 ist noch im Gange und steht bei der zweiten Bauserie unmittelbar vor dem Abschluss. Die Umrüstung der ersten Bauserie dieser Baureihe wurde vor kurzem begonnen. Bei Letzterer zeigte sich insbesondere die Schwierigkeit, dass die Fahrzeuge in Detailmaßen individuell voneinander und von den Zeichnungen abwichen, so dass sich der Vorbereitungsaufwand der Umrüstung erhöhte.

Die verspätete Umsetzung von fünf der sechs elektrotechnischen Themen resultierte überwiegend aus nicht vorhersehbaren technischen Risiken („Überraschungen“) und einem von den Experten nachvollziehbaren schrittweisen Vorgehen. Die Maßnahmen wurden durch weitere Untersuchungen und Tests abgesichert oder wurden in andere, weitergehende Maßnahmen integriert.

Von den sechs Problemfeldern im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik wurde das Thema „Fahrsperrung BR 485“ vollständig abgeschlossen. Die Maßnahmen für die restlichen fünf Themen, die im Jahre 2011 ermittelt wurden, wurden eingeleitet und befinden sich entsprechend der von der S-Bahn Berlin GmbH unternommenen Priorisierung noch in der Umsetzung.

Der Umbau der Gleitschutzanlagen der BR 481 auf achsselektive Wirkweise ist abgeschlossen. Der Antrag auf Erhöhung der Freigabe- und Fahrzeughöchstgeschwindigkeit wurde an das EBA gestellt. Die Entscheidung auf der Basis der dem EBA vorgelegten Gutachten steht noch aus.

Die Fahrsperrungen aller Baureihen wurden nach neuen Vorgaben exakt eingestellt und diverse Teile wurden verbessert. Die Ansteuerung der Fahrsperrung der BR 480 wurde neu konstruiert. Die endgültige EBA-Zulassung wird für Mitte September 2013 erwartet. Bei der Fahrsperrung der BR 481 wurden alle Schalter ausgetauscht und Abdichtungen verbessert. Der vollständige Umbau der Fahrsperrung dieser Fahrzeugbaureihe hängt von der fortschreitenden Streckenausrüstung mit dem Zugbeeinflussungssystem ZBS ab.

Der Umbau der Türsteuerung der BR 485 zwecks Offenhaltung der ersten Fahrgastraumtür in Fahrtrichtung für die Fahrerselbstabfertigung ZAT im Störfall der Abfertigungsmonitore verläuft planmäßig. Der Abschluss der Umrüstung ist für den Fahrplanwechsel Mitte Dezember 2013 geplant.

Der Einbau des neuen Zugbeeinflussungssystems ZBS als Ersatz der elektromechanischen Fahrsperrung (Parallelbetrieb beider Systeme während einer Übergangsphase) in die BR 481 verläuft gemäß des Migrationskonzeptes planmäßig. Die Ausrüstung der Fahrzeugbaureihen 480 und 485 mit ZBS ist

nach dem von der DB Netz AG aktuell erstellten aber noch nicht genehmigten Migrationskonzept voraussichtlich nicht erforderlich.

Der Vertrag mit dem Netzbetreiber für analogen Bündelfunk als Betriebsfunk endet 2017, aber es gibt eine Verpflichtung des Netzbetreibers zur Aufrechterhaltung der Funktionalität. Der Antrag auf Verlängerung bis 2020 ist bereits gestellt und wird von der Bundesnetzagentur befürwortet. Es besteht für die Zeit nach 2020 eine Option zur Verlängerung der Frequenzzuteilung.

2.3 Aktuelle Störungsbilder der S-Bahnfahrzeuge

Zu den im Review behandelten noch nicht erledigten oder in die Umsetzungsphase geführten technischen Problemfeldern Radsatzlenker und Führerstandsklimatisierung wurden als neue Problemfelder der Wagenübergang und Querspielbegrenzung bei der Fahrzeugbaureihe 481 identifiziert und von den Experten untersucht.

Die zum letztgenannten Thema von der S-Bahn Berlin GmbH festgestellten Schäden am Übergang beruhen im Wesentlichen auf dem alters- und gebrauchsbedingten Verschleiß. Dagegen sind die von der S-Bahn Berlin GmbH nach Regelprüfungen vorgebrachten Fragestellungen zur Querspielbegrenzung aus Sicht der Experten auf eine grundsätzliche Konstruktionsschwäche des Fahrzeugs zurückzuführen.

Die vom Hersteller zwischenzeitlich vorgeschlagene und von der S-Bahn Berlin GmbH verfolgte Lösung ist für eine reine Beschränkung auf Verschleißbetrachtung äußerst aufwändig sowie für die S-Bahn Berlin GmbH mit erheblichen Fertigungs- und Qualitätsrisiken behaftet und teuer. Aus Expertensicht wird angefragt, die Lösung zu überarbeiten und eine einfachere, aufwandsarme Lösung anzustreben. Hierzu wurden von den Experten entsprechende Lösungsansätze vorgestellt. Da die Einhaltung der Hüllkurve unter allen Bedingungen sicherheitsrelevant ist, empfehlen die Experten einfache und zeitnah umsetzbare Maßnahmen.

Die geplanten Maßnahmen zum Einklemmschutz der Türen bei den Baureihen 480, 481 und 485 sind technisch sachgerecht und zielführend. Da diese Maßnahmen den Bestandsschutz der Fahrzeuge gefährden können (VDV 111), ist eine Abstimmung mit dem EBA erforderlich. Anschließend ist für diese Themen, welche die direkte Fahrgastsicherheit betreffen, eine technische Umsetzung zeitnah vorzunehmen.

Die außenliegenden Schiebetüren der BR 485 sind im Winterbetrieb kritisch, wenn Eisbildung das zuverlässige Öffnen und Schließen der Türen im Betrieb verhindern kann. Nach Wiederinbetriebnahme der Fahrzeuge im Winter 2012/13 führte dies zu erheblichen Betriebseinschränkungen (Verspätungen). Aus Sicht der Experten gibt es hier mehrere zeitnah umsetzbare Lösungsansätze.

Dichtungsprobleme sind bei mehr als 20 Jahre alten Zügen nicht ungewöhnlich. Durch korrektive und präventive Gegenmaßnahmen in der Instandhaltung an leicht zugänglichen Stellen sind Geräte- und damit Zugausfälle überwiegend vermeidbar. Schwer zugängliche Dichtungen sind nur im Rahmen schwerer Instandhaltung präventiv instand zu halten.

Im elektrischen Teil der Züge werden einige Funktionsstörungen durch Austausch und Umbau beseitigt (z. B. Erdungskontakte BR 481, Stromabnehmer BR 481, Kontakte der Kurzkupplung BR 485). Es ist zum Teil schwierig, geeignete Lieferanten zu finden und Produkte mit einer für den Bahnbetrieb nötigen Einsatzstabilität auszuwählen.

Bei der BR 485 dominieren Themen, die mit der Alterung von Isolationsmaterial und Undichtigkeiten in Zusammenhang stehen (z. B. Fahrmotoren, Container Bremswiderstandslüfter, Netzdrosseln, Stecker). Neben der Störungsbeseitigung im Einzelfall wird hier ein höherer Wartungsaufwand betrieben, um die Zeit bis zu den, insbesondere vor dem Hintergrund eines Einsatzes über 2017 hinaus gebotenen, generellen Umrüstungen zu überbrücken. Die Maßnahmen zur Abdichtung von Geräten werden bis zum nächsten Winterbeginn nicht vollständig umgesetzt sein können.

Mit Ausnahme des Betriebs bei winterlicher bzw. feuchter Witterung (Schwerpunkt Baureihe 485) besitzt keines der aufgeführten aktuellen Störungsbilder einen erheblichen Einfluss auf die Verfügbarkeit.

Unabhängig von aktuellen Störungsfällen werden vorbeugend auch absehbare Obsoleszenzfälle angegangen, damit nicht eines Tages Züge wegen Ersatzteilmangel abgestellt werden müssen. Als aufwändigste Maßnahme sei hier stellvertretend die Entwicklung von IGBT-basierten Umrichtern für die BR 480 genannt (Gleichstromsteller, Traktionswechselrichter und Drehstrom-Bordnetz-Umrichter).

2.4 Technische Verfügbarkeit

Ausgangslage zur Einschätzung der technischen Verfügbarkeit der S-Bahnfahrzeug-Flotte sind die von den Experten bereits im Jahre 2011 prognostizierten Verfügbarkeitswerte. Da die ermittelten Maßnahmen zwischenzeitlich durch die S-Bahn Berlin GmbH weitgehend umgesetzt bzw. eingeleitet wurden, haben sich die Verfügbarkeitsprognosen aus dem Jahre 2011 in der Größenordnung mit vernachlässigbaren Abweichungen bestätigt.

Die Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge ist seit Mitte 2011 von etwa 440 auf heute 530 Viertelzüge gestiegen. Damit liegt die im Linienbetrieb eingesetzte Anzahl der Viertelzüge bis auf 16 Viertelzüge auf dem Vor-Krisen-Niveau.

Eine Ausnahme ist die technische Verfügbarkeit der BR 485, die einerseits nicht planmäßig in Betrieb genommen werden konnte, und die andererseits, insbesondere im Winterbetrieb, ein nicht zu erwartendes Ausfallniveau erreichte.

Bis 07.06.2013 konnten von 80 Viertelzügen lediglich 73 Viertelzüge in Betrieb genommen werden.

Die von der Expertengruppe im Rahmen dieses Gutachtens vorgenommene Verfügbarkeitseinschätzung erfolgte auf Basis der Daten und Informationen der S-Bahn Berlin GmbH und eigener im Rahmen der Untersuchung gewonnener Erkenntnisse.

Da aus Expertensicht nach heutigem Stand der Weiterbetrieb der Altbaureihen BR 480 und BR 485 nach 2017 unumgänglich ist, ist die S-Bahn Berlin GmbH gezwungen, bereits heute das Vorziehen zusätzlich erforderlicher Revisionen dieser Fahrzeugbaureihen einzuplanen.

Mit zunehmendem Alter aller Baureihen, insbesondere der BR 480 und der BR 485, muss man sich auf erhöhte Ausfallrisiken wie auch zunehmenden Aufwand in Instandhaltung und Revision einstellen. Dem gegenüber steht jedoch eine zu erwartende Verbesserung der technischen Verfügbarkeit durch die Umsetzung von Sondermaßnahmen („Rollkuren“), turnusgemäße Wartung und vorgezogene Revisionen.

Nicht zu unterschätzen sind jedoch gegenwärtig noch nicht vorhersehbare technische Risiken, die sich aus Sanierungsbedarfen und neu zu erbringenden Festigkeitsnachweisen ergeben können.

Im Normalfall ist es der betriebliche Bedarf, der die wesentliche Grundlage für die Entscheidung darstellt, ab welchem Zeitpunkt ein wirtschaftlicher Totalschaden akzeptiert werden muss. In Extremfällen wird jedoch akzeptiert werden müssen, dass irreversible Schäden vorliegen können und damit ein Zug endgültig dem Verkehr entzogen werden muss.

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Kriterien kommen die Experten über alle Baureihen zu der in Tabelle 1 zusammengefassten Verfügbarkeitseinschätzung.

Verfügbarkeitseinschätzung				
	2014 - 2017		Ab 2018	
S-Bahn Berlin GmbH	max. Vz.	min. Vz.	max. Vz	min. Vz
Gesamtflotte BR 481, BR 480, BR 485	650	650	650	650
Für Fahrgastbetrieb verfügbare Vz	545	525	550	535

Tabelle 1: Verfügbarkeitseinschätzung S-Bahn-Fahrzeuge

Bei der Ermittlung dieser Werte wurde berücksichtigt, dass im Durchschnitt ständig 70 Viertelzüge in der Instandhaltung und in der Revision gebunden sind und einige Viertelzüge unter anderem für Betriebsreserve, Überführungen,

Triebfahrzeugführerausbildung, Sonderzuführungen sowie wegen erhöhter Anfälligkeit der Altbaufahrzeuge im Linienbetrieb nicht eingesetzt werden können. Die sich aus den vorgeschlagenen Stabilisierungsmaßnahmen ergebenden Fahrzeugbindungen in den Werkstätten sind in den Verfügbarkeitschätzwerten bereits berücksichtigt. Angesichts der Anzahl von Fahrzeugen, die sich weder in der Instandhaltung noch im Betriebseinsatz befinden, liegt hier für die künftige Fahrzeugverfügbarkeit ein hohes Verbesserungspotenzial für die S-Bahn.

Der Eintritt extremer winterlicher Witterungsbedingungen könnte dazu führen, dass dann nur ca. 500 Viertelzüge im Linienbetrieb eingesetzt werden können. Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung der Verfügbarkeit im Winterbetrieb werden diese eventuellen Einschränkungen reduzieren, sie können jedoch bis zum nächsten Winterbeginn noch nicht vollständig umgesetzt werden.

Grundsätzlich ist ein Einbruch der technischen Verfügbarkeitswerte nicht zu erwarten, wenn alle geplanten Maßnahmen realisiert werden und keine zusätzlichen technischen, heute nicht vorhersehbaren technischen Risiken („Überraschungen“) bei den Altbaufahrzeugen BR 485 und BR 480 auftreten.

2.5 Stabilisierungsmaßnahmen Fahrzeug-BR 485

Die Fahrzeuge der BR 485 müssen absehbar noch weit über das bisher geplante Einsatzende 2017 hinaus betrieben werden, um das vorgesehene Fahrplanangebot bis zum Einsatz neuer Fahrzeuge aufrechterhalten zu können. Dies bedeutet, dass der Aufwand für die Gewährleistung von Einsatzfähigkeit und Verfügbarkeit der inzwischen mehr als 20 Jahre alten Fahrzeuge der BR 485 grundsätzlich höher ausfallen wird als bei vergleichbaren Neufahrzeugen. Ursache hierfür ist neben der inzwischen veralteten (Antriebs-)Technologie und der schwieriger werdenden Ersatzteilbeschaffung (Produkte und Lieferanten) vor allem der generelle Zustand der Fahrzeuge infolge langjährigen Betriebseinsatzes, teils infolge temporärer Abstellung und teils infolge eines auf einen deutlich früheren Ausmusterungszeitpunkt zielenden Instandhaltungskonzepts.

Die beschriebene Situation verlangt somit nach Stabilisierungsmaßnahmen, die mehr als eine kurzfristige Mängelbehebung infolge aktueller Störungsereignisse sind. Hinsichtlich einer nachhaltigen Stabilisierung der BR 485 kann die Periode bis 2017 nicht isoliert vom Zeitraum nach 2017 betrachtet werden. Im Gegensatz dazu würde eine kurzfristige Aufrechterhaltung der Betriebsfähigkeit auf niedrigem Niveau mit ausschließlicher Reaktion auf aktuelle Störungen nicht nur zu einem Verfügbarkeitsdefizit im laufenden Betrieb führen, sondern auch zu deutlichem Mehraufwand nach 2017. Damit verbunden wäre auch ein bleibend höheres Störungsrisiko mit sinkender Verfügbarkeit.

Die Experten empfehlen ein strukturiertes Obsoleszenzmanagement für alle Fahrzeugbaureihen. Es sollte sofort angegangen werden und nicht erst mit Blick auf den Betrieb nach 2017 erfolgen. Dabei ist das Werkstattpersonal einzubinden, um dessen Erfahrungen zu nutzen. Das Obsoleszenzmanagement ist in die DB-Prozesse zu integrieren.

Generell gilt: alle Probleme, die bereits heute bekannt sind, sollten aus technischer Sicht grundlegend angegangen werden und Maßnahmen nicht erst auf die Zeit nach 2017 verschoben werden, um dann genügend Reserven für unausweichliche nicht vorhersehbare technische Risiken („Überraschungen“) zu haben.

Im **Mechanikteil** liegen - mit Ausnahme der Türen - weniger unbekannt Störungsrisiken bei den Komponenten.

Die Problematik der Türvereisung für die BR 485 ist mit den Expertenvorschlägen im Rahmen der schweren, möglicherweise sogar in der betriebsnahen Instandhaltung lös- und beherrschbar und zwar durch Änderung der Türführungsschiene und der seitlichen Türdichtleisten. Als zusätzliche Modifikation ist die gezielte Nutzung der Fahrgastraumwärme ins Auge zu fassen.

Eine weitere Stabilisierungsmaßnahme ist die Verbesserung der Dichtigkeit von Klappen und technischen Durchgängen. Hier sollten vorsorglich altersbedingt verhärtete Dichtungen ausgetauscht werden, wobei viel Sorgfalt bei Wartung und Reparaturen auf bestimmungsgemäßen Einbau und Lage der Dichtungen im Betrieb eingefordert werden.

Beide Problemfelder sind im Winterbetrieb verfügbarkeitsrelevant.

Daneben stellt der Einklemmschutz der Fahrgasttüren eine Anpassung an aktuell geltende Vorschriften und Richtlinien dar. Da einige Maßnahmen den Bestandsschutz der Fahrzeuge gefährden können (VDV 111), ist eine Abstimmung mit dem EBA erforderlich. Anschließend ist für diese Themen, welche die direkte Fahrgastsicherheit betreffen, eine technische Umsetzung zeitnah vorzunehmen.

Insbesondere die Wiederinbetriebnahme der BR 485 zeigte unwägbare Risiken in Technik und Aufwand. Im Bereich der Mechanik sind das üblicherweise Themen, wie zum Beispiel Korrosion (auch bei Aluminiumwagenkästen) und/oder Rissanierung. Da die Auswirkungen solcher Schäden und deren Behebung für einen Betrieb nicht vorhersehbar sind, enthält das Instandhaltungssystem der BR 485 regelmäßige Sichtkontrollen, zudem ist das Vorhalten von Sanierungsstrategien erforderlich.

Es muss auch die Erkenntnis hingenommen werden, dass im Extremfall irreversible mechanische Schäden vorliegen können und dadurch ein Zug endgültig dem Verkehr entzogen werden muss.

Die Stabilisierungsmaßnahmen zur BR 485 betreffen schwerpunkthaft den **elektrischen Teil**, da hier vermehrt Einzelkomponenten von Alterung und Obsoleszenz betroffen sind. Allerdings sind aufgrund der vergleichsweise einfacheren Technologie dieser Fahrzeuge die benötigten Komponenten wiederbeschaffbar bzw. herstellbar, wenn auch mit höherem Aufwand.

Die aktuellen Probleme im Bereich der Elektrik lassen sich fünf Kategorien zuordnen:

- Obsoleszenz,
- Dichtheit,
- Isolation,
- sonstige Alterung,
- Konstruktion/Qualität.

Die S-Bahn Berlin GmbH hat bereits potenzielle mittel- und langfristige Problemfälle im Blick. Sie wartet nicht ab, bis einzelne Störfälle eskalieren, sondern betreibt aktiv Prävention. Die Expertengruppe geht davon aus, dass die aktuellen Problemfälle innerhalb eines Zeitraumes von zwei Jahren unter Berücksichtigung des Erzielens der Planungssicherheit für die S-Bahn Berlin GmbH durch die zu ergreifenden Maßnahmen erledigt sein werden bzw. nicht mehr die gravierenden Rückwirkungen auf den Betrieb haben werden. Bis zur vollständigen Umsetzung der Maßnahmen ist natürlich mit weiteren Störungen zu rechnen, mit abnehmender Tendenz, wenn die Maßnahmen greifen.

Auch wenn für die aktuellen Probleme eine Lösung in Sicht ist, so werden anhand der zuvor benannten aktuellen Problemkategorien doch bereits die typischen künftigen Probleme beim Weiterbetrieb der elektrischen Ausrüstung der BR 485 deutlich.

Die Aufgabenstellungen der S-Bahn Berlin GmbH an die mit der Behebung der **mechanischen und elektrischen Probleme** befassten Stellen lassen sich in vier Kategorien einteilen:

- Intensivierung der Instandhaltung
 - a) Störungsbeseitigung
 - b) Beobachtung und prophylaktische Arbeiten
 - c) Rollkuren
- Entwicklungsarbeiten, Konstruktionsänderungen u. ä.
- Beschaffung
- Dokumentation

Die Probleme der Alterung (Dichtheit und Isolation) und Obsoleszenz können vorbeugend angegangen werden. Bei ausgewählten Themen ist die S-Bahn Berlin GmbH hier bereits tätig. Allerdings kann niemand vorhersagen, bei welchem Bauteil auf welchem Fahrzeug als nächstes Störungen auftreten werden. Es ist wahrscheinlich, dass nach Abarbeitung der „Hot Spots“ die Störungen künftig eher breit gestreut hinsichtlich betroffener Bauteile auftreten werden.

Diese Situation führt zu zwei Aufgaben für die Werkstätten:

- Die Inspektion der Fahrzeugausrüstung (optische Kontrolle, Isolationsmessungen u. ä.) bekommt mehr Gewicht, da hier sich anbahnende individuelle Störungsursachen auch individuell frühzeitig erkannt werden können.
- Die Reaktion auf Störungen und auf die Befunde der Inspektionen wird künftig zunehmend individuelle Maßnahmen beinhalten müssen.

Beides ist durch die Entwicklungs-/Konstruktionsabteilung und Baureihenbetreuung zu begleiten, d. h.:

- Technische Mitteilungen, Beschaffungsspezifikationen u. ä. werden häufiger zu erstellen sein als früher.
- Arbeitsanweisungen, Materiallisten u. ä. werden häufiger nachgeführt werden müssen.
- Erfahrungen und Befundungen des Instandhaltungspersonals müssen dokumentiert werden, damit das Wissen der Erfahrungsträger breiter wirksam wird und auch die nächste Personalgeneration und alle Instandhaltungsstandorte davon profitieren.

Insbesondere ist zu erwarten, dass dabei zeitnäher als bisher reagiert werden muss, denn die Auftrittswahrscheinlichkeit technischer Probleme steigt mit dem Alter der Fahrzeuge.

Das betrifft auch begleitende Prozesse, wie z. B. die Beschaffung.

In dieser Lage ist zur Gewährleistung einer akzeptablen Verfügbarkeit entscheidend, dass die S-Bahn Berlin GmbH auf der Instandhaltungsseite die Voraussetzungen besitzt, auf unerwartete Probleme reagieren zu können. Neben der erfolgten Wiederinbetriebnahme von zwei Werkstattstandorten und der bereits vorgenommenen Verdoppelung des Ersatzteilbestands ist dafür unbedingt notwendig:

- die Vorhaltung qualifizierten, für die Probleme sensibilisierten Personals,
- die Vorhaltung von diversitärer Werkstattkapazität,
- der Aufbau eines erweiterten Ersatzteilbestandes einschließlich unspezifischer Halbzeuge.

Selbst wenn durch die Instandhaltungsseite ein Problem nicht grundsätzlich gelöst werden kann, muss die Instandhaltung in der Lage sein, Zeit zu gewinnen (zur Beschaffung neuen Materials usw.). Die relativ alte Konzeption der BR 485 gibt einer qualifizierten Werkstatt Spielraum zu eigener Initiative, wenn die Rahmenbedingungen es erlauben.

2.6 Langfristiger Fahrzeugeinsatz

Für den langfristigen Fahrzeugeinsatz über 2017 hinaus bis 2023 ist möglicherweise die uneingeschränkte Netzzugangsfähigkeit aller Baureihen für die Betreiber von besonderem Vorteil.

Während diese für die Baureihe 481/482 bereits heute uneingeschränkt vorhanden ist bzw. in den derzeitigen Szenarien der S-Bahn Berlin GmbH mit ZBS-Integration der Fall sein wird, ist dies für die BR 480 und BR 485 zunächst nicht der Fall. Der Einbau von ZBS-Einrichtungen in die Fahrzeuge der o. g. Baureihen ist technisch grundsätzlich möglich. Auf Basis des Migrationskonzepts von DB Netz sowie aus wirtschaftlichen aber vor allem auch zulassungstechnischen Gründen ist der Einbau von der S-Bahn Berlin GmbH derzeit jedoch nicht vorgesehen. Eine weitere Herausforderung für einen uneingeschränkten Fahrzeugeinsatz ist die Erfüllung der einschlägigen Brandschutznormen und der Nachweis des Erreichens der Dauer-/Betriebsfestigkeit. Bei den vorgenannten Themen wird über die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen auf Grund der Wirtschaftlichkeit entschieden.

Die Fahrzeuge der BR 480 erfüllen alle Anforderungen der erforderlichen Brandschutzstufe 3 nach DIN 5510 (U-Bahn/Tunnelbetrieb). Nachdem die Brandursachen bekannt und teilweise bereits beseitigt sind, empfehlen die Experten, sich mit dem EBA auf die Aufhebung der Selbstverpflichtung zu verständigen, da sie nach Beseitigung der Brandursachen an allen Fahrzeugen entbehrlich wird.

Für die Herstellung der Tunnelfähigkeit der Fahrzeuge der BR 485 ist mehr Aufwand erforderlich, da diese Baureihe ursprünglich nicht für den Tunnelbetrieb entwickelt und vorgesehen war. Hier ist mit einer Überprüfung des vorliegenden brandschutztechnischen Gutachtens, einer Risikoanalyse sowie der Prüfung auf Erfüllung der aktuell gültigen Netzzugangskriterien der Umfang der Änderungen zu ermitteln und festzulegen. Wo keine Materialsubstitution möglich ist, können kompensatorische Maßnahmen, wie z. B. Rauchmelder in technischen Geräten, erfolgen.

Diese Vorgehensweise ist bahnüblich und vom EBA getragen beim Einsatz von nicht speziell für den Tunnelbetrieb konstruierten Fahrzeugen in neuen Tunnelanlagen (z. B. Verkehrsbetriebe Karlsruhe).

Bei Nachweis der weiteren Dauer-/Betriebsfestigkeit muss sowohl das Alter als auch die Laufleistung der Fahrzeuge (Wagenkasten/Fahrwerke) berücksichtigt werden. Hier können mit Sichtprüfungen und Nachberechnungen gefährdeter Bauteile erhebliche Laufzeitverlängerungen erreicht und nachgewiesen werden. Dabei kann auf die alten Berechnungen der Hersteller und seinerzeit hinzugezogener externer Ingenieurbüros zurückgegriffen werden.

Für den Weiterbetrieb nach 2017 ist für einen wesentlichen Teil der Fahrzeuge der Altbaureihen BR 480 und BR 485 eine bislang nicht vorgesehene Revision als Voraussetzung durchzuführen. Die Abfolge der Revisionen hat zu berücksichtigen.

sichtigen, dass einerseits genug Fahrzeuge für den Betrieb zur Verfügung stehen und andererseits ausreichend Werkstattkapazität zur Verfügung steht.

Für die BR 485 liegt darüber hinaus noch eine Mitte 2010 abgegebene Selbstverpflichtung der S-Bahn Berlin GmbH gegenüber dem EBA vor, diese Baureihe ab Ende 2018 vollständig aus dem Verkehr zu nehmen.

Unter Berücksichtigung der erforderlichen Flottenverfügbarkeit und der bereits eingeplanten Revisionen für die BR 480 und die BR 481 sollte mit den Revisionen für einen Teil der BR 485 zur kontinuierlichen Absicherung der Verkehrsleistung baldmöglichst begonnen werden. Aus Sicht der Experten müssen diese Revisionen zu einem Teil vor 2017 abgeschlossen sein. Dies führt zu einem zusätzlichen Aufwand, wird aber das Flottenverfügbarkeitsrisiko nach 2017 signifikant verringern.

Vor dem Hintergrund der Vielfalt der Problemfelder besteht weiterhin Bedarf an hochqualifiziertem Fachpersonal, welches zu einer Verstärkung von Kompetenz und Entscheidungsbefugnis vor Ort führt. Hierdurch wird nachdrückliches Einwirken auf die Hersteller ermöglicht, sodass diese zielgerichtet, sachgerecht und kostensparend zu Lösungen beitragen. Mit einer derart erweiterten Kompetenz könnten die technischen Problemstellungen zielgerichtet für die Baureihenverantwortung aufbereitet und strukturiert werden. Dies wird zu erheblich verkürzten Prozesszeiten führen.

2.7 Wirtschaftliche Bewertung

Um die wirtschaftlichen Konsequenzen des Weiterbetriebs der Altbaureihen 480 und 485 über das Jahr 2017 hinaus aufzuzeigen, wurde im Rahmen der Begutachtung eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zum Fahrzeugbetrieb nach 2017 durchgeführt.

Schwerpunkt sind die zu erwartenden höheren Instandhaltungsaufwendungen für die Altbaufahrzeuge zur Gewährleistung einer akzeptablen Verfügbarkeit. Die Instandhaltungstätigkeiten und -kosten werden bei der S-Bahn Berlin GmbH in Regelinstandhaltung, Sondermaßnahmen, Außerplanmaßnahmen und Revisionen unterschieden. Zur Regelinstandhaltung, zu geplanten Sondermaßnahmen und zu Revisionen gibt es bei der S-Bahn Berlin GmbH detaillierte Kostenkalkulationen, die einerseits auf der Analyse bzw. Fortschreibung der laufenden Kosten und andererseits auf Planungen zu den größeren Instandhaltungsmaßnahmen beruhen. Damit kann eine laufleistungsabhängige Kostenprognose durchgeführt werden. Hinzu kommen ebenfalls baureihenspezifische feste Kostensätze für die Revisionen. Damit ist insgesamt eine gute Prognose zu den absehbaren Instandhaltungsaufwendungen im Betrachtungszeitraum möglich.

Hinsichtlich des Aufwandes lassen sich die Zeiträume bis 2017 und nach 2017 aus Sicht der Experten nicht mehr sinnvoll voneinander trennen. Da von einem Weiterbetrieb der Altbaureihen über 2017 hinaus definitiv auszugehen ist, müssen zahlreiche Maßnahmen, die zur Gewährleistung der Einsetzbarkeit und der

Verfügbarkeit der Altbaureihen nach 2017 erforderlich sind, baldmöglichst umgesetzt oder zumindest intensiv vorbereitet werden. Damit fallen Zusatzkosten für die Fahrzeuginstandhaltung bereits vor 2017 an, entfalten ihre volle Wirkung aber erst im Zeitraum nach 2017.

Um die wirtschaftlichen Auswirkungen der aufwändigeren Fahrzeuginstandhaltung für die Altbaureihen angemessen beurteilen zu können, wurde zudem eine Einordnung der ermittelten Kosten in den Kontext der gesamten Fahrzeugbetriebskosten vorgenommen. Hierzu zählen zusätzlich Abschreibungen und Zinsen, Energiekosten und die Kosten für geplante Umrüstungen. Um auch einen wirtschaftlichen Vergleich zur Fahrzeugneubeschaffung führen zu können, wurde zusätzlich der Ersatz der Altbaureihen durch Neubaufahrzeuge in verschiedenen Szenarien betrachtet. Somit ergibt sich schrittweise ein Gesamtbild zur Wirtschaftlichkeit.

Methodisch wurde die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als Lebenszykluskostenberechnung (LCC-Berechnung) für einen definierten Zeitraum aufgesetzt. Eine derartige Berechnung setzt voraus, dass es keine Einnahmenunterschiede zwischen allen betrachteten Varianten gibt und somit allein die Kostenermittlung ausreichend für die Einschätzung der Wirtschaftlichkeit ist. Für die hier vorzunehmende Differenzkostenanalyse ist diese Verfahrensweise aussagekräftig, da ein gleichbleibendes Betriebsprogramm (Fahrzeugeinsatz und Laufleistungen) im Gesamtzeitraum als Basis genommen wurde.

Die LCC-Berechnungen wurden auf der Basis aktueller Kostendaten der S-Bahn Berlin GmbH mit Preisstand 2012 für einen elfjährigen Zeitraum von 2013 bis 2023 durchgeführt. Durch diesen Ansatz ist gewährleistet, dass einerseits belastbare aktuelle Kosten in die Berechnung eingehen und andererseits die Zeiträume bis 2017 und nach 2017 berücksichtigt werden.

Zur Ableitung tendenzieller Aussagen wurden mehrere Szenarien und Varianten definiert, die die Spannweite der zu erwartenden Ergebnisse reflektieren.

Für die hier vorgenommene Aufwandsbetrachtung wurden folgende Szenarien festgelegt:

- 1) **„best case“ Szenario:**
 - Betrieb der Altbaureihen bis Ende 2017
- 2) **„worst case“ Szenario:**
 - Betrieb der Altbaureihen bis Ende 2023

Diese beiden Szenarien bilden den zeitlichen und wirtschaftlichen Betrachtungsrahmen für alle Varianten des Neufahrzeugzulaufs ab. Dazwischen gibt es verschiedene Möglichkeiten des Übergangs, die sich für die grundsätzliche Betrachtung auf ein mittleres Szenario reduzieren lassen:

- 3) **„realistic case“ Szenario:**
 - Betrieb der Altbaureihen durchschnittlich bis 2020

Um den Einfluss einzelner Parameter auf das Gesamtergebnis zu quantifizieren, wurden zudem verschiedene Varianzen bei den Eingangsdaten und Randbedingungen vorgenommen.

Im Ergebnis sämtlicher LCC-Berechnungen liegen sowohl Differenzkostenanalysen zu den reinen Instandhaltungsaufwendungen der Altbaufahrzeuge ohne sonstige Kosten als auch die Gesamtkosten für den Fahrzeugbetrieb der S-Bahn-Flotte mit 650 Viertelzügen im Betrachtungszeitraum vor.

Im Vergleich der Kosten für Instandhaltung und Revision der Altbaufahrzeuge mit den notwendigen Instandhaltungskosten für 150 Neufahrzeuge ergibt sich für den Betrachtungszeitraum 2018 bis 2023 („worst case“ Szenario) ein Mehraufwand von gut 140 Mio. EUR, verteilt über 6 Jahre. Bei Weiterbetrieb der Altbaufahrzeuge nur bis 2020 („realistic case“ Szenario) beträgt der Mehraufwand ca. 80 Mio EUR, verteilt über 3 Jahre. Hierin sind allerdings nur die heute bereits bekannten Kosten für Regelinstandhaltung, Sondermaßnahmen und Revisionen enthalten. Zusätzliche heute nicht vorhersehbare technische Risiken (z. B. ggf. notwendiger Radsatztausch, Umbaukosten für eine eventuelle ZBS-Nachrüstung oder duale GSM-R-/Bündelfunkausstattung) sind bei der Betrachtung nicht berücksichtigt.

Zusätzlich ist zu beachten, dass auch schon im Zeitraum 2013 bis 2017 höhere Instandhaltungskosten (ohne Revisionen) für die Altbaufahrzeuge anfallen, die der nach dem heutigen Kenntnisstand erforderlichen Ertüchtigung für den Weiterbetrieb nach 2017 zuzurechnen sind. Diese Kosten betragen noch einmal ca. 17 Mio. EUR (ohne Revisionen), so dass die prognostizierbare Gesamtsumme des Mehraufwandes (ohne jegliche weitere Risiken) bei knapp 160 Mio. EUR für den Betrachtungszeitraum von 11 Jahren liegen wird. Bei Weiterbetrieb der Altbaureihen nur bis 2020 ist tendenziell von mehr als 50 % des ermittelten Mehraufwandes auszugehen, da sich dann die zusätzlichen Revisionen aufgrund der verkürzten Weiterbetriebsdauer überproportional niederschlagen.

Als Gesamtaussage bleibt festzuhalten, dass die Maßnahmen zum Weiterbetrieb der Altbaufahrzeuge über 2017 hinaus prognostizierbare Mehrkosten in der Instandhaltung im Vergleich zum Instandhaltungsaufwand für Neufahrzeuge nach 2017 abhängig von der Dauer des Weiterbetriebs **zwischen 100 und 160 Mio. EUR** erfordern werden. Darin enthalten sind nur die Mehrkosten für Regelinstandhaltung (verkürzte Fristen, zusätzliche Prüfungen, höherer Inspektionsaufwand, Verschleißmaterial), heute schon absehbare Sondermaßnahmen und Revisionen mit Zusatzaufwand (z. B. Radsatztausch). Kosten für die Beherrschung weiterer nicht vorhersehbarer technischer Risiken („Überraschungen“) kämen im Eintrittsfall noch hinzu. Gleichfalls nicht berücksichtigt sind Umbaukosten für eine eventuelle ZBS-Nachrüstung der Altbaureihen 480/485 oder die Ausrüstung mit dualen GSM-R/Bündelfunkgeräten.

Vergleichend mit den Mehrkosten aus der Instandhaltung wurde betrachtet, dass die Beschaffung der Neubaufahrzeuge ihrerseits ebenfalls deutlich höhere laufende Kosten generieren wird. Ursache hierfür sind die hohen Fahrzeugneupreise, die sich in hohen Abschreibungen und Zinskosten niederschlagen werden. Verglichen mit den o. g. Mehrkosten der Instandhaltung der Altbaufahr-

zeuge werden diese Kostenanteile bei den Neubaufahrzeugen sogar deutlich überproportional wirksam. Dies zeigt sich anschaulich an den spezifischen jährlichen Kosten aller Fahrzeugbaureihen, ermittelt über den jeweiligen Betrachtungszeitraum (Barwerte auf Preisbasis 2012).

Fahrzeugspezifische jährliche Lebenszykluskosten (LCC):

BR 481: 227 TEUR p.a. inkl. Restabschreibungen, Revisionen und ZBS

BR 480: 188 TEUR p.a. inkl. zusätzlicher Revision und Sondermaßnahmen (144 TEUR p.a. ohne zusätzliche Revision)

BR 485: 182 TEUR p.a. inkl. zusätzlicher Revision und Sondermaßnahmen (136 TEUR p.a. ohne zusätzliche Revision)

Für die Neubaufahrzeuge liegen die spezifischen LCC inklusive Abschreibungen und Zinsen, aber ohne Revision, im Betrachtungszeitraum etwa doppelt so hoch wie die oben dargestellten spezifischen LCC der Bestandsfahrzeuge.

Daraus lässt sich ableiten, dass jeder zukünftige S-Bahnverkehr mit Neubaufahrzeugen deutlich teurer sein wird als bisherige Verkehre, unabhängig davon, wer der Betreiber ist. Die hohen Fahrzeugbeschaffungskosten – umgelegt als Abschreibungen und Zinsen – schlagen mit einem Anteil von über 35 % entscheidend auf die Fahrzeugbetriebskosten durch. Bisher dominante Kostenanteile wie Energie und Instandhaltung sind dann weniger entscheidend.

Die eingangs dargestellte Erhöhung der Instandhaltungskosten bei Weiterbetrieb der Altbaufahrzeuge würde im konkreten Fall bei deren baldiger Ablösung schon ab 2018 („best case“) bzw. ab 2021 („realistic case“) zwar nicht mehr voll zum Tragen kommen, allerdings würden die entfallenden Kosten dann durch die höheren Lebenszykluskosten der Neubaufahrzeuge mehr als ausgeglichen. Im Ergebnis der Berechnungen liegen die resultierenden Barwerte für die betrachtete Fahrzeug-Teilflotte von 150 Viertelzügen um -16 % („realistic case“) bzw. -38 % („worst case“) unter denen mit zügiger Neufahrzeugbeschaffung. Daraus könnte man verkürzt schlussfolgern: Je länger die nochmals revisionierten Altbaufahrzeuge noch fahren, desto günstiger wird es. Diese Schlussfolgerung greift aber aus wichtigen Gründen zu kurz:

1. In den höheren laufenden Kosten für die Instandhaltung der Altbaufahrzeuge sind noch keinerlei nicht vorhersehbare technische Risiken („Überraschungen“) eingepreist. Dies kann deren vermeintlichen wirtschaftlichen Vorteil noch schmälern.
2. Die bloße Kostendiskussion täuscht über das latente Verfügbarkeits- und Imagerisiko für den Betreiber der Altbaufahrzeuge hinweg.
3. Die Neufahrzeuge werden einen größeren Fahrgastkomfort bieten, z. B. Fahrgastraumklimatisierung, moderne Fahrgastinformation.

Zur Abrundung des Bildes wurden auch die **Gesamtkosten für die Flotte aus 650 Viertelzüge** im Betrachtungszeitraum 2013 bis 2023 betrachtet: Insgesamt liegen die Lebenszykluskosten für alle analysierten Varianten gemäß den o. g. Szenarien zwischen ca. 1,55 und reichlich 1,74 Milliarden Euro. Dieser hohe Wert kommt infolge des großen, nahezu konstanten Kostenanteils der BR 481 mit 500 Viertelzügen zustande. Diese Baureihe prägt eindeutig die Gesamtkosten, bei langjährigem Weiterbetrieb der Altbaureihen bis 2023 mit einem Anteil von ca. 80 % an den Gesamt-LCC, bei zügiger (und teurer) Neubeschaffung ab 2018 immerhin noch mit ca. 70 %. Die beiden Altbaureihen sind je nach Szenario nur mit insgesamt ca. 20 % (spätere Neubeschaffung) bzw. 6 % (frühere Neubeschaffung) an den Gesamt-LCC für den Fahrzeugbetrieb der S-Bahn Berlin GmbH beteiligt.

Dies relativiert insgesamt die Kostendiskussion über den Weiterbetrieb der Altbaureihen dahingehend, dass selbst deutlich höhere Instandhaltungsaufwendungen und nicht vorhersehbare technische Risiken („Überraschungen“) an den Altbaureihen den S-Bahnverkehr insgesamt nicht überproportional verteuern können.

Für den isolierten Betrachtungszeitraum 2013 bis 2023 würde die schnelle Neubeschaffung sogar die zunächst teuerste Variante sein, der langdauernde Weiterbetrieb der Altbaufahrzeuge bis 2023 würde demgegenüber ca. 190 Mio. EUR weniger kosten; allerdings ohne Einrechnung jeglicher heute noch unbekannter Risikopositionen.

Neben den finanziellen Aspekten ist somit vorrangig das Thema der **Verfügbarkeit** wichtig. Alle zusätzlich auftretenden Probleme an den Altbaureihen ziehen zwangsläufig Verfügbarkeitseinschränkungen nach sich, die sich in Angebotsreduzierungen, Attraktivitäts- und schließlich Einnahmeverlusten niederschlagen werden.

Im Ergebnis der Varianzrechnungen zu verschiedenen Einflussparametern zeigte sich, dass es kaum Kostenpositionen gibt, die das bereits diskutierte Gesamtbild für die Flotte maßgeblich verändern. Einzig der Fahrzeugneupreis hat größere Auswirkungen auf die gesamten Lebenszykluskosten im Betrachtungsraum. Eine Varianz um 30 % führt zu Gesamtkostenänderungen im Betrachtungszeitraum von ca. 90 Mio. EUR bei einer Gesamtsumme von ca. 1,7 Milliarden EUR. Alle anderen Varianzen erzeugen Kostenunterschiede unter 30 Mio. EUR (Barwerte 2012) verteilt über 11 Jahre.

Die hier betrachteten Szenarien und Varianzen der Gesamtkosten erlauben hinsichtlich des Weiterbetriebs der Altbaureihen 480 und 485 eine klare **Schlussfolgerung und Empfehlung** der Experten:

Die höheren Instandhaltungskosten für den Weiterbetrieb der Altbaufahrzeuge werden den S-Bahnbetrieb nicht überproportional verteuern, da sie im Gesamtsystem aufgrund der vergleichsweise geringen Altbaufahrzeuganzahl nur unterproportional wirken. Die hohen „Fixkosten“ für die BR 481 und für den Energiebezug der Gesamtflotte prägen das Bild, bei schnellem Einsatz von Neubaufahrzeugen zusätzlich noch die sehr hohen Beschaffungskosten.

Aus diesen Gründen sind die höheren Instandhaltungsaufwendungen zur Sicherstellung der Verfügbarkeit der Altbaufahrzeuge in jedem Falle angeraten. Und hierbei gilt: Je eher und je grundsätzlicher die heute schon bekannten Probleme angegangen werden können, desto zuverlässiger werden die Fahrzeuge im Betrieb sein. Alles, was schon in naher Zukunft durch nachhaltige Lösungen behoben werden kann, schafft später Zuverlässigkeit im Betrieb und Freiraum für unausbleibliche nicht vorhersehbare technische Risiken („Überraschungen“). Die dafür heute bereits absehbaren zusätzlichen Finanzmittel in Höhe von 100 bis 160 Mio. EUR (ohne Risikozuschläge), je nach Zeitpunkt des Neufahrzeugzugangs, sind aus Sicht der Experten sinnvoll investiertes Geld. Die Verfügbarkeitswerte sowohl bis 2017 als auch danach werden davon überproportional profitieren, während die Gesamtkosten für den S-Bahnverkehr (unter Berücksichtigung Trassenentgelt und Personalkosten für Triebfahrzeugführer) nur moderat steigen.