

Hinweis des Auftraggebers: Dies ist ein Entwurf. Dieser wird bis zur Aufforderung zum indikativen Angebot konkretisiert.

Leistungsbeschreibung Fahrgastinformationshintergrund- system (FGIHS)

Fördervorhaben: *Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien für eine nachhaltige Mobilität in Dresden (MIKT-DD)*

Vorhaben-Nr.: *EFRE 14 D 12 P 207 N*

Inhalt

1	Einleitung	4
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Projektziele	4
1.3	Strategische Rahmenbedingungen	5
1.4	Zielbild	5
1.5	Projektabgrenzung	5
2	Bestandssystem	6
3	Das FGIHS in der ITCS-Landschaft	6
3.1	Anbindung an die Verkehrsdatenplattform	6
4	Datenversorgung DFI-Anzeiger	8
4.1	LED-Bestandsanzeiger	8
4.1.1	Anbindung der DFI-Knotenrechner an das FGIHS	8
4.1.2	Knotenschnittstelle RS232 (COS) über Protokoll SK-Prot 2b	8
4.1.3	Knotenschnittstelle Ethernet (SK und SM) über Protokoll SK-Prot 3	9
4.1.4	Kommunikationsprotokoll SK-Prot zwischen FGIHS und DFI-Knotenrechnern	9
4.2	HTML-basierte Anzeiger	10
4.3	Virtuelle Anzeiger	12
4.4	Anbindung Axentia	13
5	Haltestellenbeschallung (ELA) und TTS	14
5.1	ELA-Bestandssystem	14
5.2	Implementierung der gegenwärtigen ELA-Ansteuerung im FGIHS	15
5.3	Anbindung TTS-Dienst und akustische Ausgabe der DFI-Inhalte	17
5.4	Anbindung und Betrieb neuer ELA-Anlagen über Web-Technologien	18
6	Stammdatenverwaltung	19
6.1	Anzeiger-Stammdaten	19
6.1.1	Weitere Stammdaten für HTML-basierte Anzeiger	21
6.2	Knotenrechner-Stammdaten	21
6.3	ELA-Anlagen	22
7	Störungsinformationen als DFI-Sondertexte und ELA-Durchsagen	22
8	Monitoring, Logging und Sonderfunktionen	23
8.1	Betriebsstatus	23
8.2	Eventmonitor	24
8.3	Logging	24
8.4	Tracing SK-Prot	25
8.5	Sonderfunktionen	25

Beschaffung eines Fahrgastinformationshintergrundsystems als Teilleistung des Gesamtprojekts MIKT-DD

Vergabenummer: 2026-00076

8.6	HTML-basierte Anzeiger	26
8.7	Testmodus für DFI-Anzeiger	26
9	Layout-Management.....	27
9.1	HTML-Editor	27
9.2	Dynamische Darstellungen	29
10	Systemarchitektur und Systembetrieb.....	29
10.1	Nutzerverwaltung und Authentifizierung	29
10.2	Bedienoberfläche als Web-Front-End.....	30
10.3	Betriebsmodell und Software-Architektur.....	30
10.4	Systembetrieb	30
11	Schulung.....	31
11.1	Allgemeines.....	31
12	Dokumentation	31
12.1	Besprechungsprotokolle.....	31
12.2	System- und Betriebsdokumentation	32
13	Projektablauf.....	32
13.1	Entwicklungs- und Testphase	33
13.2	Migration und Inbetriebnahme	34
14	Serviceleistungen	35
14.1	Aufgaben des Auftragnehmers	35
14.2	Leistungsparameter für Serviceaufgaben	35
14.3	Laufzeit.....	36

1 Einleitung

Die dynamische Fahrgastinformation ist ein wesentlicher Bestandteil der Kundeninformation der Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB). Sie stellt Fahrgästen an Haltestellen in Echtzeit Informationen zu Abfahrten, Betriebsstörungen und weiteren reiserelevanten Ereignissen zur Verfügung.

Um die langfristige Betriebsfähigkeit sowie die technologische Weiterentwicklung dieser Systeme sicherzustellen, beabsichtigt die DVB die Erneuerung des zentralen Hintergrundsystems für die Fahrgastinformation.

Gegenstand dieser Ausschreibung ist die Lieferung, Implementierung, Migration und Inbetriebnahme eines neuen zentralen Hintergrundsystems für die dynamische Fahrgastinformation an Haltestellen der DVB.

1.1 Ausgangslage

Das bestehende System, der sogenannte DFI-Server der Fa. dresden-elektronik GmbH, arbeitet zuverlässig, ist jedoch technisch abgekündigt und kann nicht weiterentwickelt werden. Grundsätzlich erschwert auch dessen historisch gewachsene Architektur, die eingeschränkte Flexibilität bei der Integration neuer Anzeigergenerationen sowie zukünftige Anforderungen an offene Standards und digitale Kundenkommunikation eine nachhaltige Weiterentwicklung.

Gegenwärtig betreibt die DVB über 700 DFI-Anzeiger über sogenannte DFI-Knotenrechner in den Haltestellen sowie 190 Haltestellenbeschallungsanlagen (ELA-Anlagen).

1.2 Projektziele

Die Modernisierung des zentralen Fahrgastinformationshintergrundsystems (FGIHS) verfolgt insbesondere folgende Ziele:

- Integration in die strategische Datenarchitektur der DVB
- Nutzung offener Standards und Schnittstellen
- Das FGIHS muss die zukünftige Datenversorgung auf Basis der VDV-435-Standards unterstützen (Internet of Mobility)
- Migration und Weiterbetrieb der bestehenden DFI- und ELA-Infrastruktur
- Unterstützung zukünftiger browserbasierter Anzeigergenerationen
- Möglichkeit zur Anpassung von HTML-basierten Darstellungslayouts
- Sicherstellung eines langfristigen Parallelbetriebs von Bestands- und Neusystemen
- Die Migration auf das neue FGIHS muss weitgehend ohne Einschränkungen der Fahrgastinformation erfolgen. Während der Migrationsphase ist der parallele Betrieb von Bestands- und Neusystemen zu gewährleisten.

Das vorliegende Projekt muss bis zum 30.06.2029 abgeschlossen sein.

1.3 Strategische Rahmenbedingungen

Die DVB verfolgt die Strategie, betriebsrelevante Echtzeitinformationen zentral über einen MQTT Daten-Broker bereitzustellen. Dieser Daten-Broker wird bereits betrieben und ist Teil der Verkehrsdatenplattform (VDP). Das neue FGIHS ist als nachgelagertes Verbrauchersystem Teil dieser Zielarchitektur und soll die für die Fahrgastinformation relevanten Informationen aus der VDP beziehen.

Der Inhalt und die Topic-Struktur der mit dem Daten-Broker auszutauschenden Daten werden gegenwärtig durch die VDV-Schriftenreihe VDV 435-x standardisiert.

1.4 Zielbild

Die Modularisierung der ITCS-Landschaft soll weitergeführt werden. Neben der bereits erfolgten Inbetriebnahme eines zentralen MQTT-Daten-Brokers (VDP) ist die wichtigste Änderung die Trennung zwischen der Erstellung und Verwaltung fahrgastrelevanter Inhalte (Community Management) und dem Betrieb sowie der Verwaltung der DFI-Anzeiger und ELA-Anlagen. Dies ist in der folgenden Grafik grob veranschaulicht:

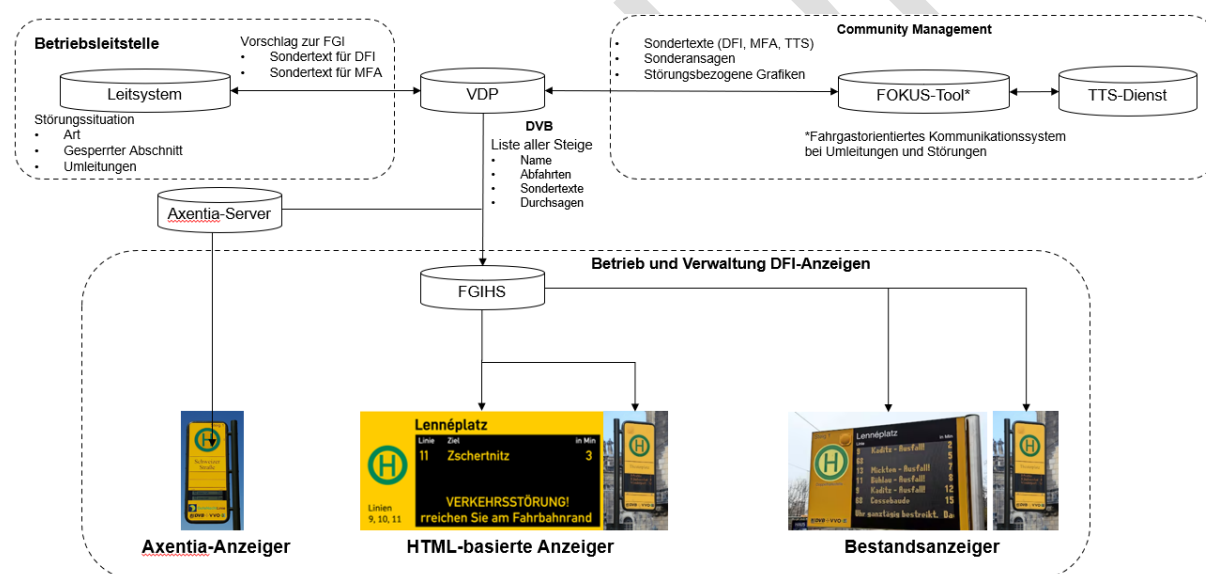


Abbildung 1: Zielbild

1.5 Projektabgrenzung

Nicht Teil des vorliegenden Projektes sind folgende Bestandteile des ITCS:

- Das Leitsystem
- Das FOKUS-Tool (Fahrgastorientiertes Kommunikationssystem bei Umlenkungen und Störungen), in dem Störungsinformationen als DFI-Sondertexte und Durchsagen für ELA-Anlagen vollautomatisiert generiert, geplant und in der VDP für den Bezug durch das FGIHS bereitgestellt werden.
- Die Verkehrsdatenplattform als bereits bestehender MQTT Daten-Broker

- Die DFI-Haltestellenausrüstung inklusive DFI-Knotenrechner
- Die ELA-Anlagen an den Haltestellen

2 Bestandssystem

Verständnis für die Konzeption eines neuen FGI-Systems setzt Kenntnis über das bestehende voraus. Viele Systembestandteile müssen auf ähnliche Weise erneut umgesetzt werden, um den Weiterbetrieb der noch vorhandenen Anzeiger und Infrastruktur zu gewährleisten.

Durch die lange Historie der dynamischen Fahrgastinformation bei den DVB ist eine heterogene Systemlandschaft entstanden, die dennoch auf offene Protokolle setzt. Das aktuelle FGI-System trägt den Namen „DFI-Server“ und wird vom Leitsystem über eine offene, aber proprietäre Schnittstelle mit Echtzeitdaten versorgt.

Der weitaus größte Teil der DFI-Anzeiger, ca. 500 Einheiten, besteht aus Anzeigern mit LED-Dot-Matrix-Displays. Diese sind nicht direkt mit dem aktuellen Backend verbunden, sondern über DFI-Knotenrechner in den Haltestellen. Die Bestandslösung verwendet verschiedene proprietäre und offene Kommunikationsprotokolle, welche zur Unterstützung der vorhandenen Infrastruktur weiterhin berücksichtigt werden müssen.

Die ca. 240 DFI light-Anzeiger des Herstellers Axentia sind gemeinsam und zentral durch eine eigene Schnittstelle an den „DFI-Server“ angebunden.

Eine weitere Funktion der Bestandslösung ist das System der elektro-akustischen Lautsprecheranlagen, kurz ELA-Anlagen. Dieses wird gegenwärtig mit Niederfrequenz-Audiotechnik betrieben. Die an den Haltestellen befindlichen Steuerbaugruppen werden per DTMF-Wählverfahren angesprochen.

Die Topologie des bestehenden Systems mit DFI-Knotenrechnern, DFI-Anzeigern, Übertragungsstrecken und Protokollen ist in Anhang 1 dargestellt. Die Topologie der ELA-Bestandsinfrastruktur ist in Anhang 2a dargestellt.

3 Das FGIHS in der ITCS-Landschaft

3.1 Anbindung an die Verkehrsdatenplattform

Die Verkehrsdatenplattform (VDP) der DVB besteht aus mehreren Systemen. Am wichtigsten in diesem Kontext ist der Datenbroker, bei dem es sich um einen Eclipse Mosquitto MQTT-Broker handelt. Weitere Systeme sind Datenbanken zur Historisierung, Fileserver und ein Applikationsserver zur Datenaufbereitung.

- 1) Das FGIHS muss mit dem Datenbroker der Verkehrsdatenplattform per MQTT-Protokoll in der Version 5.0 mit TLS-Verschlüsselung kommunizieren. Der Datenaustausch mit dem MQTT-Broker erfolgt nach dem Publish/Subscribe-Prinzip (Pub/Sub).

- 2) Das FGIHS muss all die Haltestellentopics beim Datenbroker der Verkehrsdatenplattform abonnieren, die für seinen Betrieb relevant sind. Die Topics sind in Anhang 3 beschrieben.
- 3) Alle aus der VDP konsumierten Daten, die für die Anzeige auf DFI-Anzeigern bestimmt sind, müssen unverzüglich zu den Anzeigern bzw. den DFI-Knotenrechnern weitergeleitet werden. Bei HTML-Anzeigern muss sichergestellt sein, dass die Aktualisierung der HTML-Inhalte ebenfalls unverzüglich erfolgt. In beiden Fällen darf die Latenz zwischen Erhalt der Daten und weiterer Übertragung Richtung Anzeiger 5 Sekunden nicht überschreiten.
- 4) Das FGIHS muss die Zieltext- und Zielsondertext-Topics zur Unterstützung der Bestands-Anzeiger abonnieren (Anhang 3). Änderungen in diesen Topics kommen im Regelfall einmal pro Woche vor. Daher darf das Abonnement nach einmaliger Datenversorgung nicht gekündigt werden.
- 5) Das führende System ist die Verkehrsdatenplattform. Echtzeitdaten dürfen nicht permanent im FGIHS gespeichert werden.
- 6) Das FGIHS muss den aktuellen Betriebsstatus aller Bestands- und HTML-Anzeiger zum Daten-Broker publizieren (Anhang 3)
- 7) Das FGIHS muss den aktuellen Betriebsstatus der ELA-Bestandsanlagen und der über den Internet-Protokoll-Stack angebundener ELA-Anlagen zur VDP publizieren. Bei ELA-Bestandsanlagen muss dazu das Ergebnis des Quittungstests verwendet werden (siehe Kapitel 5.2).
- 8) Wird an einer ELA-Anlage eine Durchsage ausgegeben, muss das FGIHS diesen Status zur VDP publizieren. Der Moment und die Dauer des publizierten Status müssen dabei zeitlich so nah wie möglich an der tatsächlichen Ausgabe sein.
- 9) Falls zu einem anderen Zweck neue Elemente innerhalb der abonnierten VDP-Topics ergänzt werden, die für das FGIHS nicht relevant sind, darf das keine Fehler im Programmablauf erzeugen.
- 10) Die Netzwerk- und Zugangsparameter des Brokers (IP-Adresse / Hostname, Port, Zugangsdaten, TLS) müssen im FGIHS einstellbar sein.
- 11) Das Konsumieren von Dateien für Audioausgaben muss unter Berücksichtigung von Verfahren zur Sicherstellung der IT-Sicherheit bei Betreibern kritischer Infrastrukturen erfolgen (REST-API mit Authentifizierung und Tokens). Diesbezüglich werden die Audiodateien nur indirekt über den Datenbroker ausgetauscht. Dazu enthält das Steig-Topic eine Referenz zur

Audiodatei (siehe Anhang 3). Die entsprechende Datei ist auf Basis der Referenz von einem abgesetzten Server (Datenbank bzw. Fileserver) via REST-API mit Authentifizierung und Tokens zu beziehen.

4 Datenversorgung DFI-Anzeiger

4.1 LED-Bestandsanzeiger

4.1.1 Anbindung der DFI-Knotenrechner an das FGIHS

- 1) Die Bestandsanzeiger erhalten ihre Datenversorgung über die bestehenden DFI-Knotenrechner. Diese DFI-Knotenrechner sind meist im Haltestellenverteiler platziert und steuern 1 bis 16 DFI-Anzeiger über RS422/485 an. Die Art der Darstellung der Echtzeitinformationen der LED-Anzeiger (z.B. Zeilenanzahl, Feldbreiten) wird im DFI-Knotenrechner definiert. Jedem Bestandsanzeiger muss genau ein DFI-Knotenrechner zugeordnet werden können. Dabei muss die Adresse des DFI-Knotenrechners verwendet werden.
- 2) Die DFI-Knotenrechner sind via Ethernet, Mobilfunk oder - bei Anbindung der DFI-Knotenrechner mit RS232-Modems - mithilfe von COM-Servern an den bestehenden DFI-Server angebunden. Zur Datenversorgung der DFI-Knotenrechner durch das FGIHS müssen diese Knotenschnittstellen im FGIHS implementiert werden. Jedem DFI-Knotenrechner muss eine dieser Knotenschnittstellen im FGIHS zugewiesen werden können.
- 3) Für jede der drei Knotenschnittstellen (via Ethernet = „SK“; via Mobilfunk = „SM“; via RS232 und COM-Server = „COS“) müssen jeweils verschiedene Parameter hinsichtlich Zeitverhalten bei der Kommunikation, Anzahl von Wiederholungen etc. im FGIHS definiert werden und durch die Nutzer angepasst werden können. Details sind Anhang 4 zu entnehmen. Die Vorgaben aus Anhang 4 müssen realisiert werden.

4.1.2 Knotenschnittstelle RS232 (COS) über Protokoll SK-Prot 2b

- 1) Über RS232 angebundene DFI-Knotenrechner müssen mit dem FGIHS über das in Anhang 5 dokumentierten Protokoll SK-Prot in der Version 2B kommunizieren. Die COM-Server müssen dabei vom FGIHS über den Port 8000 angesteuert werden (Serial Over IP im Server-Modus).
- 2) Es gibt gegenwärtig 18 COM-Server (W&T Nr. 58633 oder Westermo DDW142). Diese sind über das interne Ethernet-Netzwerk erreichbar. An einem COM-Server können bis zu drei RS232-Modemstrecken angeschlossen sein (A, B, C). Eine Modemstrecke versorgt bis zu 10 DFI-Knotenrechner. Das gegenwärtige Prinzip muss beibehalten werden und im FGIHS implementiert werden.

- 3) Die IP-Adressen der COM-Server müssen im FGIHS konfigurierbar sein.
- 4) Es müssen zusätzliche COM-Server hinzugefügt und durch DVB als Knotenschnittstelle im FGIHS definiert sowie nach den Vorgaben der im vorliegenden Unterkapitel enthaltenen Anforderungen konfiguriert werden können.
- 5) Es müssen bestehende Knotenschnittstellen für COM-Server durch DVB bearbeitet und gelöscht werden können.
- 6) Die begrenzte Übertragungsgeschwindigkeit der RS232-Modemstrecken (9,6 Kilobaud) sowie das Zeitverhalten der Knotenrechnerkommunikation limitieren die maximale Anzahl der zu übertragenden Telegramme zum und vom Knotenrechner je Zeiteinheit. Das Auftreten von Telegrammstau muss durch geeignete Maßnahmen minimiert werden.

4.1.3 Knotenschnittstelle Ethernet (SK und SM) über Protokoll SK-Prot 3

- 1) Bei via Ethernet angebundenen DFI-Knotenrechnern muss das Protokoll SK-Prot in der Version 3 implementiert werden. In den DFI-Knotenrechnern werden die Serveradresse und Port definiert. Die DFI-Knotenrechner bauen eine Verbindung zum FGIHS auf und müssen daraufhin ihre Datentelegramme erhalten.
- 2) Die über die Knotenschnittstelle „SK“ zu versorgenden DFI-Knotenrechner sind kabelgebunden direkt an einem Netzwerk-Switch oder via DSL-Modem angebunden. Sie befinden sich im internen Netzwerk. Die dafür notwendige Knotenschnittstelle muss im FGIHS realisiert werden. Für diese Knotenschnittstelle stehen dafür die Ports 17001 bis 17003 zur Verfügung.
- 3) Die über die Knotenschnittstelle „SM“ zu versorgenden Knotenrechner sind via Mobilfunk angebunden. Sie befinden sich im internen Netzwerk (dedizierter APN, privates Netz). Die dafür notwendige Knotenschnittstelle muss im FGIHS realisiert werden. Diese Knotenschnittstelle muss Port 17101 verwenden.

4.1.4 Kommunikationsprotokoll SK-Prot zwischen FGIHS und DFI-Knotenrechnern

- 1) Die Kommunikation zwischen DFI-Knotenrechner und FGIHS muss mit der in Anhang 5 dokumentierten Kommandostruktur erfolgen und im FGIHS umgesetzt werden. Die Kommandos unterscheiden sich geringfügig nach ihrer Anbindung.
- 2) Die in der Kommandostruktur DFI - Knotenrechner beschriebene Prüfsumme muss im Protokoll implementiert werden (siehe Anhang 4).

- 3) Beim Ankündigen von Fahrten oder Aktualisieren von Fahrtinformationen müssen je nach Schnittstelle und damit auch je nach Protokoll andere Kommandos verwendet werden. Die restlichen Kommandos sind identisch.

Für die Knotenschnittstelle RS232 und das zu verwendende Protokoll SK-Prot 2b sind die folgenden Kommandos protokollspezifisch: E-; A-; S-; L-; P-; Z-; I-; O-; I-; D-; W.

Für die Knotenschnittstellen SK und SM (Ethernet) und das zu verwendende Protokoll SK-Prot 3 sind die folgenden Kommandos protokollspezifisch: N-; U-; S-; L-; P-; Z-; I-; O-; I-; D-; W

- 4) Bei Kommandos gleichen Typs mit gleichem Empfänger müssen mehrere Inhalte aggregiert werden. Dies dient vor allem dazu, die begrenzte Übertragungskapazität auf den RS232-Strecken (Knotenschnittstelle COS) effizient zu nutzen.
- 5) Jedes Kommando wird vom DFI-Knotenrechner quittiert. Wird eine Quittung nicht innerhalb der parametrisierten Zeit empfangen, muss das Telegramm wiederholt werden. Die Parametrierung der verschiedenen Knotenschnittstellen ist in der Anhang 4 dokumentiert.
- 6) Bleibt die Quittung wiederholt aus, muss der betroffene DFI-Knotenrechner im FGIHS als Status „Time-Out“ geführt werden. Dieser Status bleibt so lange bestehen, bis eine Statusanfrage vom DFI-Knotenrechner korrekt quittiert wird. Wie häufig die Quittung ausbleiben darf, ist abhängig von der Knotenschnittstelle und ist in der Anhang 4 dokumentiert.
- 7) Die Statusabfrage an jeden DFI-Knotenrechner muss alle 60 Sekunden erfolgen.
- 8) Nachdem ein DFI-Knotenrechner im TimeOut war und eine Statusabfrage des FGIHS korrekt quittiert wurde, muss das FGIHS mit der Datenversorgung beginnen. Dies ist in Anhang 4 unter „Start/Statusabfrage DFI-Knotenrechner“ dokumentiert.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Funktion „Countdown Start / Countdown Stopp“ nicht zwingend umgesetzt werden muss. Dies kann z.B. ausschließlich über eine Aktualisierung der Fahrtankündigung geschehen. Die Sortierung der angezeigten Fahrten erfolgt durch den DFI-Knotenrechner anhand der verbleibenden, sekundengenauen Zeit bis zur Abfahrt.

4.2 HTML-basierte Anzeiger

Grundlegend soll die Flexibilität und weit verbreitete Unterstützung des Internet-Protokoll-Stacks genutzt werden, um die bislang hoch spezialisierten DFI-Anzeigen eher als Standard-Computer oder Einplatinenrechner mit Bildschirm zu betrachten,

auch wenn diese in den meisten Fällen die gewohnten Inhalte einer DFI darstellen. Auch LED-Dot-Matrix-Displays können so als Bildschirme mit sehr geringer Auflösung behandelt werden (bspw. 96x64 Pixel).

Künftige Clients an den Haltestellen sollen mittels Webbrowser eine definierte URL abrufen, die auf eine Adresse des FGIHS verweist, sodass die Kontrolle über die angezeigten Inhalte vollständig beim FGIHS liegt. Damit muss das FGIHS einen Webserver bereitstellen, der eine kontinuierlich wachsende Anzahl an Displays mit Daten versorgt.

Es gibt hier grundsätzlich die Möglichkeit, dass für jeden Anzeiger eine einzelne URL verwendet wird, oder ob für alle Anzeiger die gleiche URL gilt und die Anzeiger vom FGIHS auf Basis anderer Daten unterschieden werden. Die zweite Umsetzungsvariante ist komfortabler, da für jeden Anzeigerlieferanten für alle Einheiten die gleiche URL gilt, die nicht mehr geändert werden muss.

- 1) Es muss ein Webserver bereitgestellt werden, von dem über 1000 Anzeiger gleichzeitig Live-Daten beziehen können.
- 2) Es muss ein Workflow zum Anlegen eines neuen HTML-basierten Anzeigers implementiert werden. Dabei muss eine der beiden Varianten umgesetzt werden:
 - Variante 1: Alle Anzeiger rufen die gleiche URL auf
 - Variante 2: Für jeden Anzeiger wird eine eigene eindeutige URL erzeugt
- 3) Alle Anzeiger sollen die gleiche URL aufrufen. Die Identifikation erfolgt zum Beispiel über die Geräte-ID des Anzeigers.
- 4) Neben den für HTML-Darstellungen üblichen hohen Auflösungen müssen auch Darstellungen mit Auflösungen von 192x192 Pixel oder kleiner unterstützt werden, z.B. 96x48 Pixel.
- 5) Die Aktualisierung der Inhalte muss im Hintergrund erfolgen. Nur die aktualisierten Daten dürfen neugeschrieben / neugezeichnet werden. Es darf nicht die ganze Seite neu geladen werden.
- 6) Falls sich durch neue Abfahrtsinformation die Reihenfolge der Abfahrten ändert, ist sicherzustellen, dass sich diese Reihenfolge in den Abfahrtstabellen der HTML-basierten Anzeiger wiederfindet. Dies gilt auch, falls sich die relativen Abfahrtszeiten nur im Sekundenbereich unterscheiden. Ein zu häufiges Umstellen muss trotzdem ausgeschlossen sein, z.B. durch Einstellung einer Hysteresekurve. Die Fahrt mit der kleinsten Abfahrtszeit muss ganz oben stehen.

- 7) Das für einen Anzeiger zu verwendende Layout wird auf Basis des Layout-Werts im Topic des dem Anzeiger zugewiesenen Steigs (Deutschlandweit einheitliche Haltestellen-ID) ausgewählt. Sind dem Anzeiger mehrere Steige zugeordnet (z.B. bei Umsteige-Anzeigern, die Inhalte mehrerer Steige anzeigen), muss der höchste Layout-Wert verwendet werden.
- 8) Für die Kommunikation zwischen FGIHS und Anzeigern muss Transport Layer Security (TLS), bzw. HTTPS auf Basis des DVB-eigenen Root-Zertifikats verwendet werden.
- 9) Falls bei HTML-basierten Anzeigern die Datenverbindung abbricht, muss in dieser Zeit eine Rückfallebene angezeigt werden, die dem Anzeiger vom FGIHS vorgegeben wird. Diese Rückfallebene muss jederzeit von den DVB im FGIHS global per Layout-Manager angepasst werden können. Die Rückfallebene muss auch nach einem Neustart des Anzeigers angezeigt werden, falls er die einmal erfolgte Datenverbindung nicht herstellen kann.
- 10) Falls HTML-basierte Anzeiger neu starten oder die Datenverbindung vorübergehend abbricht, muss nach dem Wiederaufbau der Kommunikation die Inhaltsdarstellung der ausgewählten Steige und Templates robust und ohne menschliche Interaktion funktionieren. Voraussetzung ist das Abrufen der korrekten URL durch den Anzeiger.
- 11) Das FGIHS muss von Anzeigern gesendete Betriebszustände und Fehlermeldungen (z.B. Störungen von Baugruppen aus der Anzeigersensorik) empfangen, verarbeiten und prominent anzeigen können. Die Implementierung der Art der Übermittlung dieser Betriebszustände und Fehlermeldungen über HTML, die dann Vorgabe für künftige Anzeigerlieferanten sein wird, sowie die Anzeige dieser Zustände im FGIHS muss im Projekt festgelegt und realisiert werden.

4.3 Virtuelle Anzeiger

Virtuelle Anzeiger sind Anzeiger ohne spezielle Hardware und können über eine URL durch einen Browser aufgerufen werden.

- 1) Für virtuelle Anzeiger muss im FGIHS eine URL erzeugt werden können. Diese URL kann von beliebig vielen Clients abgerufen werden. Anders als bei HTML-Anzeigern ist keine Verknüpfung zu einem dedizierten Anzeiger bzw. Web-Browser erforderlich.
- 2) Jedem virtuellen Anzeiger müssen eine oder mehrere Deutschlandweit einheitliche Haltestellen-IDs (DHID) zugewiesen werden können.
- 3) Einem virtuellen Anzeiger muss ein Layout zugewiesen werden können.

- 4) Die Benutzeroberfläche der virtuellen Anzeiger muss als responsive Webdesign ausgeführt sein. Die Darstellung (Layout, Schriftgrößen, Bedienelemente) muss sich dynamisch an unterschiedliche Bildschirmgrößen, Auflösungen und Orientierungen, wie Hoch- oder Querformat, aller gängigen Endgeräte (Desktop, Tablet, Smartphone) sowie Browser anpassen, ohne dass Datenverluste, horizontale Scrollbalken oder Überlappungen entstehen.
- 5) Die Darstellung der virtuellen Anzeiger muss den Richtlinien für barrierefreie Webinhalte nach der WCAG 2.1 (Level AA) sowie BITV 2.0 entsprechen. Dies umfasst insbesondere ausreichende Kontraste, die vollständige Kompatibilität mit assistierenden Technologien (z. B. Screenreadern durch semantisches HTML), eine uneingeschränkte Skalierbarkeit sowie die Bedienbarkeit ohne Zeigergeräte.

4.4 Anbindung Axentia

Die Versorgung der DFI light-Anzeiger der Firma Axentia mit Echtzeitdaten findet über eine direkte Anbindung des Applikationsservers von Axentia an die Verkehrsdatenplattform statt. Über die native Axentia-Anzeigerverwaltung werden den DFI light Steige zugewiesen, welche anschließend vom Axentia-Applikationsserver beim MQTT-Broker der Verkehrsdatenplattform (VDP) abonniert werden.

Die Integration des Axentia Applikationsservers in die veränderte Systemlandschaft der DVB ist Leistungsumfang des vorliegenden Projekts, der Datenfluss der Echtzeitdaten muss aber ohne Umweg über das FGIHS stattfinden.

- 1) Der AN muss die Anbindung des Applikationsservers der Firma Axentia an die Verkehrsdatenplattform durch Abonnement der entsprechenden Steig-Topics koordinieren, sodass alle DFI light-Anzeiger der DVB mit Echtzeitdaten und Sondertexten versorgt werden.
- 2) Damit DVB über die native Axentia-Anzeigerverwaltung Steige auswählen und den DFI light zuweisen kann, muss Axentia in der VDP die Steigliste abonnieren.
- 3) In der nativen Axentia-Anzeigerverwaltung müssen die den DHIDs zugehörigen Haltestellennamen angezeigt werden.
- 4) Der Status der Axentia-Anzeiger muss von Axentia in der VDP veröffentlicht werden.

5 Haltestellenbeschallung (ELA) und TTS

5.1 ELA-Bestandssystem

Für das allgemeine Verständnis sind Aufbau und Funktionsweise des ELA-Bestandssystems von Bedeutung. Die Funktionsbeschreibung erfolgt nachfolgend verkürzt und soll einen Überblick vermitteln, ohne alle Details zu erwähnen. Weitere Details sind Anhang 2a (Topologie ELA-Bestandssystem), Anhang 6 (Spezifikation ELA-Steuerbaugruppen) sowie den nachfolgenden Unterkapiteln zu entnehmen.

Das gegenwärtige ELA-Beschallungssystem besteht topologisch aus den folgenden drei Teilen:

1. DFI-Server als Back-End mit der Client-Anwendung (Planung von Durchsagen) und Anwendung „Stadtruf“ (Kommunikation mit ELA-Anlagen)
2. Übertragungsstrecken zwischen DFI-Server und Haltestellen
3. ELA-Anlagen in Haltestellen, jeweils mit Steuerbaugruppe, 100V-Verstärker und Lautsprecher

Über die Client-Anwendung des DFI-Servers der Fa. Dresden Elektronik GmbH erstellen die Disponenten Sprachkonserven und planen die Wiedergabe der Durchsagen örtlich und zeitlich. Der DFI-Server initiiert dann automatisch die Durchsagen über die proprietäre Anwendung „Stadtruf“ (ebenfalls von Fa. Dresden Elektronik GmbH). Diese Anwendung läuft auf einem Arbeitsplatz der Leitstelle. Ein Soundkartenausgang stellt die Verbindung zu den Übertragungsstrecken her.

Die NF-Signale der Soundkarte werden auf mehrere VoIP-Adapter geschaltet (TAS ULE614). Die VoIP-Streams (SIP und RTP) dienen zur Fernübertragung im Dresdner Stadtgebiet. An den Gegenstellen werden die VoIP-Streams in NF-Signale zurückgewandelt und über FM-Kabel an die Steuerbaugruppen der Haltestellen übertragen. Gegenwärtig sind alle ca. 190 ELA-Anlagen über sechs einzelne FM-Strecken angebunden. Da die VoIP-Adapter nicht selektiv arbeiten, erreichen alle Tonausgaben aus der Soundkarte des „Stadtruf“-Computers stets alle Steuerbaugruppen der ELA-Anlagen.

Die Steuerbaugruppen in den Haltestellen (Produkt von Fa. dresden-elektronik GmbH) sind adressiert (numerisch, dreistellig dezimal). Deren Anwahl erfolgt über ein DTMF-Wählverfahren. Sobald eine Steuerbaugruppe ihre Adresse über die Tonfolge erkennt, schaltet sie in einen Bereitschaftszustand. Durch die Anwahl mehrerer Adressen hintereinander kann dieselbe Durchsage an mehreren Haltestellen ausgegeben werden. Wurden alle gewünschten Steuerbaugruppen angewählt, wird ein finales Einschaltsignal über DTMF gesendet. Alle sich in Bereitschaft befindenden Steuerbaugruppen schalten daraufhin die NF (Audio) auf den 100V-Verstärker durch. Die Durchsage wird nun durch die Client-Anwendung über die Soundkarte abgespielt und das Signal auf alle FM-Strecken gegeben. Die eingeschalteten Steuerbaugruppen geben die Durchsage über die Verstärker und die Lautsprecher aus. Jede

Steuerbaugruppe betreibt alle Lautsprecher einer Haltestelle. Damit erfolgt die Beschallung haltestellenfein, nicht steigfein.

5.2 Implementierung der gegenwärtigen ELA-Ansteuerung im FGIHS

Perspektivisches Ziel ist, die Ansteuerung der Haltestellen sowie die Übertragung der Durchsagen zu den Haltestellen auf eine zeitgemäße Technologie umzustellen, konkret durch Audio-Wiedergabe im Browser-Kontext. Dies erfordert jedoch die Umrüstung aller ELA-Anlagen. Im vorliegenden Projekt kann dies unter den bestehenden Rahmenbedingungen nicht realisiert werden. Deswegen muss im vorliegenden Projekt die Anbindung des FGIHS an die ELA-Anlagen realisiert werden.

Die ELA-Anlagen müssen durch das FGIHS angesteuert und die Durchsagen abgespielt werden. Dazu muss weiterhin das gegenwärtige DTMF-Wählverfahren verwendet werden. Speicherort und Namen der Audiodateien werden durch die VDP indiziert. Bei wiederholter Wiedergabe von Haltestellendurchsagen ergeben sich Anfang und Ende einer Wiedergabeserie ebenfalls aus der VDP, genauso wie das Wiederholungsintervall.

Anhang 6 enthält die Dokumentation zu den ELA-Steuerbaugruppen. Grundsätzlich müssen die darin beschriebenen Signalverfahren (DTMF und ZVEI), Steuerzeichen, Sequenzen und das Zeitverhalten auch im FGIHS implementiert werden. Es wird darauf hingewiesen, dass nicht alle Zeichen und Sequenzen im vorliegenden Projekt realisiert werden müssen. Konkret betrifft dies den „Testmodus B“ als auch den Neustart der ELA-Steuerbaugruppen (DTMF-Zeichen D), auf deren Implementierung verzichtet werden kann.

- 1) Das FGIHS muss die ELA-Anlagen unter Benutzung der Bestandsinfrastruktur ansteuern und die Durchsagen abspielen können. Für die Ansteuerung der in der Stammdatenverwaltung des FGIHS geführten Adressen der ELA-Steuerbaugruppen ist das DTMF-Wählverfahren zu benutzen. Die Audiosignale für die Ansteuerung und das Abspielen der Audio-Dateien müssen per SIP/RTP an jeweils alle VoIP/NF-Adapter (TAS ULE614) erfolgen. Dazu müssen die IP-Adressen und Ports der TAS ULE614 im FGIHS erfasst und gepflegt werden können. Gegenwärtig werden fünf TAS ULE614 genutzt. Die Anzahl kann sich künftig verändern. Die Zieltopologie für die Anbindung des bestehenden ELA-Systems an das FGIHS ist in Anhang 2b veranschaulicht.
- 2) Die Steuerkommunikation zwischen dem FGIHS und den ELA-Steuerbaugruppen in den Haltestellen ist aus Sicht der Steuerbaugruppen in Anhang 6 dokumentiert. Als Gegenstelle der ELA-Steuerbaugruppen muss im FGIHS die dokumentierte Steuerkommunikation vollständig implementiert sein, so dass die zuverlässige Funktion und der zuverlässige Betrieb der Steuerbaugruppen und die Durchführung von Durchsagen sichergestellt sind. Die in Anhang 6 erwähnten Funktionen „Testmodus B“ (DTMF-Zeichen B) sowie Neustart der ELA-Steuerbaugruppen (DTMF-Zeichen D) müssen nicht implementiert werden.

- 3) Die Audio-Dateien, die als Ansagen wiedergegeben werden sollen, werden an anderer Stelle in der DVB-Systemlandschaft erzeugt, indiziert und innerhalb der VDP auf einem Server abgelegt. Erscheint ein Ansagen-Index im Steig-Topic (Anhang 3), muss damit das Abspielen der Ansage ausgelöst werden. Der Dateiabruf muss authentifiziert per Bearer-Token über eine REST-API-Verbindung erfolgen. Das FGIHS muss dann die Wiedergabe des entsprechenden Audiofiles an den Steigen auslösen, an denen der Index erschienen ist.
- 4) Die Wiedergaben der Audio-Datei einer Durchsage müssen in Zeitintervallen wiederholt werden. Dieses Zeitintervall ist ebenfalls Teil des Steig-Topics.
- 5) Wenn der Index beim Update des Topics nicht mehr erscheint, darf die Ansage nicht erneut abgespielt werden. Eine laufende Durchsage darf jedoch nicht abgebrochen werden.
- 6) Die meisten Durchsagen werden jeweils an mehreren Haltestellen ausgegeben. Das bedeutet, dass derselbe Index einer Durchsage zeitgleich unter mehreren Haltestellen im Steig-Topic erscheint. Das FGIHS muss sicherstellen, dass das Abspielen einer Durchsage mit dem gleichen Index je Intervall nur einmal für jeweils alle zu beschallenden Haltestellen erfolgt. Dies muss unter Nutzung der Funktion „Aktivierung mehrerer Lautsprecherbaugruppen“ erfolgen (Anhang 6).
- 7) Zur Kontrolle der Betriebsfähigkeit der Steuerbaugruppen und der Übertragungstrecken muss im FGIHS automatisch und routinemäßig ein Quittungstest aller in der ELA-Adressliste erfassten Steuerbaugruppen durchgeführt werden. Dazu muss der „Testmode A“ der ELA-Steuerbaugruppen verwendet werden. Wird der Test aktiviert müssen alle Steuerbaugruppen über Ihre Adressen sequenziell angewählt werden. Erkennt die Steuerbaugruppe Ihre Adresse, sendet sie eine Quittung als ZVEI-Töne zurück. Kann die Quittung vom FGIHS interpretiert werden, so ist dies in einer Liste neben der ELA-Adresse und dem Klarnamen der Haltestelle kenntlich zu machen. Geht keine Quittung innerhalb der definierten Zeit ein oder kann das FGIHS das eingehende Signal nicht interpretieren, ist die Anfrage ein weiteres Mal zu wiederholen. Bleibt die Quittung weiterhin aus, ist dies ebenfalls kenntlich zu machen. Technische Details der Steuerkommunikation sind Anhang 6 zu entnehmen. Die Routine des Quittungstests muss täglich 5 Uhr erfolgen.
- 8) Der Quittungstest muss bei Bedarf auch manuell durch einen Nutzer über die Bedienoberfläche des FGIHS initiiert werden können. Der Nutzer muss die Möglichkeit haben, entweder alle ELA-Anlagen für den Quittungstest auszuwählen oder eine Auswahl zu treffen.

- 9) Um Wartung und Instandhaltung zu unterstützen, muss es möglich sein, den VoIP-Stream der Durchsagen an die TAS ULE614 im FGIHS auf geeignete Weise mitzuhören oder zur Verfügung zu stellen. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn Durchsagen in Haltestellen akustisch fehlerbehaftet oder mit verändertem Pegel ausgegeben werden und die Ursache dafür eingegrenzt werden muss.
- 10) Die Kommunikation mit den ELA-Anlagen (Anwahl, Übertragung der Durchsage, Quittungstest) muss der Einfachheit halber stets gleichzeitig über alle TAS ULE614 erfolgen.
- 11) Der iterative Prozess zum Finden einer idealen Pegelanpassung der SIP/RTP-Streams an alle TAS ULE614 ist Teil des Leistungsumfangs.

5.3 Anbindung TTS-Dienst und akustische Ausgabe der DFI-Inhalte

Die DVB stellt ihren Text-To-Speech-Dienst um (TTS) und wird eine Cloud-basierte Lösung nutzen. Dieser soll unter anderem durch das FOKUS-Tool (Fahrgastorientiertes Kommunikationssystem bei Umleitungen und Störungen) für die Erzeugung von Durchsagen im Störfall genutzt werden (siehe Abbildung 1: Zielbild). Für einen barriereärmeren ÖPNV zieht DVB in Zukunft zudem in Betracht, die jeweils aktuell angezeigten Inhalte eines DFI-Anzeigers in der Haltestelle auf Nachfrage eines Fahrgasts akustisch ausgeben zu lassen.

Dieser Anwendungsfall muss unter Nutzung des TTS-Dienstes im FGIHS abgebildet werden.

Die Nutzung dieser Funktion wird nachfolgend in Grundzügen beschrieben. Es handelt sich hierbei um einen Ansatz, der noch nicht abschließend entwickelt ist. Der zeitliche Ablauf ist im Folgenden kurz skizziert.

- I. Ein Fahrgast in der Haltestelle löst einen Vorlese-Bedarf aus. Das kann über einen Taster am Mast erfolgen oder durch eine Bluetooth-Verbindung o.ä.
- II. Das verbundene Gerät, beispielsweise die DFI im Mast, sendet die „Vorlese“-Anforderung an das FGIHS. Diese Anforderung kann eine „Tastatureingabe“ via HTML sein (z.B. Leertaste) oder wird auf vergleichbare Weise realisiert.
- III. Das FGIHS kennt den dargestellten Inhalt der DFI bzw. den Inhalt der DFI, die dem separaten Audio-Player zugeordnet ist. Dieser Inhalt wird als Text an das cloudbasierte TTS-System übergeben.
- IV. Die vom TTS-System erhaltene Audio-Datei muss dem Abspielgerät unverzüglich zur Ausgabe übermittelt werden.

- V. Nach der Übermittlung der Audio-Datei und der damit einmalig erfolgten Ausgabe ist der Vorgang beendet. Die Audio-Datei kann dann vom FGIHS verworfen werden.

Der TTS-Dienst selbst ist nicht Teil dieser Leistung, aber die Anbindung an den von den DVB ausgewählten Dienst. Die Auswahl des TTS-Dienstleisters ist noch nicht erfolgt. Eine einfache Anbindung des FGIHS an den TTS-Dienstleister ist jedoch Teil der Auswahlkriterien.

- 1) Das FGIHS muss über HTTPS an einen cloudbasierten TTS-Dienst angebunden werden. Die API wird vom TTS-Dienst vorgegeben.
- 2) Das FGIHS erhält von einem verbundenen Gerät eine noch zu definierende Anforderung zur Generierung der Audio-Datei. Das FGIHS muss diese Anforderung verarbeiten und den Prozess zur Bereitstellung und Übergabe einer Audio-Datei unverzüglich initiieren. Die Anforderung kann eine „Tastatureingabe“ im Browserkontext sein (z.B. Leertaste) oder wird auf vergleichbare Weise realisiert.
- 3) Falls das Abspielgerät auf dem Haltestellensteig ein separater „headless“ Audio-Player sein sollte, muss im FGIHS eine Zuordnung zu den auf der dazugehörigen DFI angezeigten Inhalte erfolgen können.
- 4) Das FGIHS muss die Abfahrten und ggf. Sondertexte der zugehörigen DFI als Text unverzüglich an den TTS-Dienst übergeben. Möglicherweise müssen für Sondertexte auch geeignetere (besser ausformulierte) Transkripte verwendet werden, die im Steigtopic vorgehalten werden. Die genaue Festlegung dazu wird in der Pflichtenheftphase getroffen.
- 5) Nach Erhalt der Audio-Datei vom TTS-Dienst muss die Datei zur Ausgabe unverzüglich an das Abspielgerät übermittelt werden.

5.4 Anbindung und Betrieb neuer ELA-Anlagen über Web-Technologien

Die Anbindung der ELA-Bestandsanlagen erfolgt ausschließlich zur Sicherstellung des Weiterbetriebs. Neue ELA-Anlagen sollen jedoch in gleicher Art und Weise wie HTML-basierte Anzeiger über Standard-Web-Technologien angesteuert werden.

- 1) Für die kommende Generation der ELA-Anlagen muss die Wiedergabe von Audiodateien im Browser-Kontext ermöglicht werden. Ein Wiedergabegerät, unabhängig von der weiter unten beschriebenen Umsetzungsvariante, ruft nach einem Neustart einmalig eine URL in einem Browser auf und muss daraufhin vom FGHIS mit Daten versorgt werden.
- 2) Die Übertragung der Audio-Dateien auf die ELA-Komponenten muss per Stream oder Download (pre-caching) erfolgen.
- 3) Die Übertragung der Audio-Dateien soll per Download erfolgen (pre-caching).

- 4) Streaming oder Download und anschließende Wiedergabeanforderung der Audiodateien ist (ebenso wie das Aktualisieren der Echtzeitdaten der Anzeiger) über eine Hintergrund-Verbindung zu realisieren. Periodisches Abfragen seitens der ELA-Anlagen oder verwandte Techniken dürfen nicht nötig sein.
- 5) Die Übertragung des Wiederholungsintervalls zur ELA-Anlage muss möglich sein, so dass dieselbe Durchsage nicht wiederkehrend zur selben ELA-Anlage heruntergeladen werden muss.

Prinzipiell sind zwei verschiedene Umsetzungsvarianten möglich, die von technischen Fragen bei der Anzeigerbeschaffung und betrieblichen Anforderungen abhängen:

- A. Haltenstellenweite Ausgabe durch ein dediziertes Gerät, das „headless“ im Verteilerkasten angebracht ist. Dieses kann als „Anzeiger ohne Display“ angesehen werden und würde die gegenwärtigen ELA-Steuerbaugruppen in den Haltestellen ersetzen und an die 100V Übertragungstechnik angeschlossen.
- B. Integration der Audiotechnik in die Anzeiger selbst oder in dessen unmittelbare Nähe.

Die Beschaffung von Komponenten für neue ELA-Anlagen ist nicht Leistungsumfang des vorliegenden Projektes. Die Funktion der nachfolgenden Anforderungen ist dennoch nachzuweisen. DVB wird dazu Testkomponenten beistellen.

6 Stammdatenverwaltung

Eine der Kernfunktionen des FGIHS ist die Verwaltung der Anzeiger verschiedenen Typs, der DFI-Knotenrechner und ELA-Anlagen. Die dafür konkret verwendeten Ansichten, also beispielsweise eine tabellarische Auflistung aller Anzeiger, wird in der Pflichtenheftphase definiert.

6.1 Anzeiger-Stammdaten

Eine der zentralen Aufgaben des FGIHS ist die Verwaltung aller über SK-Prot-angebundenen Anzeiger sowie der HTML-basierten Anzeiger. Diese müssen über eine grafische Oberfläche verwaltet werden können, beispielsweise über eine Listenansicht. Dabei müssen jedem Anzeiger individuelle Eigenschaften zugewiesen werden können, die sich teils nach Typ unterscheiden.

- 1) Das FGIHS muss über eine Stammdatenverwaltung für Anzeiger verfügen. Diese muss eine oder mehrere Ansichten einer grafischen Oberfläche enthalten, in der Einträge für Anzeiger angelegt, gesichtet, bearbeitet und gelöscht werden können.
- 2) Alle Stammdaten müssen nach den Eigenschaften aufsteigend und absteigend sortiert werden können.

- 3) Im FGIHS müssen alle Anzeiger eindeutig geführt werden. Allen Anzeigern müssen individuell Eigenschaften zugewiesen werden können.
- 4) Jedem Anzeiger müssen ein bis mehrere Steige über die Deutschlandweit einheitliche Haltestellen-ID (DHID) zugewiesen werden können. Darüber erfolgt die eindeutige Verknüpfung zum Haltestellen-Topic der VDP.
- 5) Jedem Bestandsanzeiger muss eine Anzeigeradresse zugewiesen werden können (dezimal, zweistellig bis 16). Diese Anzeigeradressen sind nur je DFI-Knotenrechner eindeutig.
- 6) Jedem Anzeiger muss eine Knotenrechneradresse zugewiesen werden können.
- 7) Jedem Anzeiger muss einer der folgenden Typen zugewiesen werden können:
 - SK-Prot
 - HTML
- 8) Aus der VDP muss für jeden Anzeiger der Haltestellenklarname konsumiert und in der Stammdatenverwaltung angezeigt werden
- 9) Aus der VDP muss die Steignummer der Haltestelle konsumiert und in der Stammdatenverwaltung angezeigt werden
- 10) Für jeden Anzeiger müssen in einem Freitextfeld weitere Informationen ergänzt werden können, z.B. Steig mit Richtungsangabe im Klartext (z.B. "landwärtiger Steig").
- 11) Im Steig-Topic gibt es mehrere Felder für Störinformationen, deren Inhalte im Störfall als Texte auf den Anzeigern dargestellt werden müssen. Die unterschiedlich erzeugten Texte je Steig unterscheiden sich dabei nicht im Informationsgehalt, sondern im Grad der Ausformulierung. Die Texte werden entsprechend der unterschiedlichen Darstellungsmöglichkeiten der verschiedenen Anzeigertypen erzeugt. Texte für in Stelen integrierte Anzeiger sind eher kompakter als solche für Großanzeiger, die aufgrund größer Pixelmatrizen eine bessere Lesbarkeit von langen Texten ermöglichen. Im FGIHS muss daher jedem Anzeiger ein zu definierender Anzeigertyp zugewiesen werden (z.B. Stelen-integrierter Anzeiger oder Groß-Anzeiger und ggf. weitere). Anhand dieses Typs muss das FGIHS den jeweils entsprechenden Störinformationstext aus dem Topic konsumieren und zum Anzeiger übertragen.
- 12) Das Datum der letzten Änderung eines Stammdatums und des Nutzers, der die Änderung vorgenommen hat, müssen angezeigt werden.

- 13) Ein Datelexport der Anzeigerstammdaten muss möglich sein.
- 14) Jede Anzeiger-ID, die zugewiesene DHID sowie der Anzeigertyp sind in ein noch zu definierendes Topic der VDP zu veröffentlichen. Dies muss beim Anlegen eines Anzeigers sowie bei Änderungen der genannten Stammdaten erfolgen.

6.1.1 Weitere Stammdaten für HTML-basierte Anzeiger

- 1) Jedem Anzeiger des Typs HTML muss eines der HTML-Templates aus dem Layout-Management zugewiesen werden können.
- 2) Für jeden Anzeiger des Typs HTML muss die Displayauflösung definiert werden können.
- 3) Die IP-Adresse, unter der der Anzeiger am Webserver zuletzt das HTML-File abgerufen hat, muss angezeigt werden.

6.2 Knotenrechner-Stammdaten

Wie in Kapitel 1.3 beschrieben, werden die Bestandsanzeiger nicht direkt mit dem FGIHS verbunden, sondern über DFI-Knotenrechner in den Haltestellen über ein Protokoll namens SK-Prot.

Für die DFI-Knotenrechner muss ebenfalls eine Stammdatenverwaltung geschaffen werden. Anzeiger müssen Knotenrechnern über deren Knotenrechner-Adressen zugewiesen werden. Dabei ist zu beachten, dass die DFI-Knotenrechner in einer von den Anzeigern getrennten Ansicht besser dargestellt und verwaltet werden können.

- 1) Das FGIHS muss über eine Stammdatenverwaltung für DFI-Knotenrechner verfügen. Diese muss eine oder mehrere Ansichten einer grafischen Oberfläche enthalten, in der Einträge für DFI-Knotenrechner angelegt, gesichtet, bearbeitet und gelöscht werden können.
- 2) Alle Stammdaten müssen nach den Eigenschaften aufsteigend und absteigend sortiert werden können.
- 3) Jedem Bestandsanzeiger muss eine der bereits definierten Knotenrechneradressen zugewiesen werden können
- 4) DFI-Knotenrechner müssen mit ihrer eindeutig zu vergebenen Adresse identifiziert werden. Die Knotenrechneradresse ist dezimal, 3-stellig und immer gerade. Die Zuweisung einer ungeraden Knotenrechneradresse muss ausgeschlossen werden.

- 5) Jedem Knotenrechner muss eine Bezeichnung als Freitext zugewiesen werden können, z.B. der Standort.
- 6) Jedem Knotenrechner muss eine der drei Knotenschnittstellen zugewiesen werden können:
 - RS232 (via COM-Server)
 - SK (Ethernet über Kabel)
 - SM (Ethernet via Mobilfunk)
- 7) Jedem Knotenrechner muss als Freitextinformation eine IP-Adresse zugewiesen werden können. Die IP-Adresse hat dabei keine Funktion für das FGIHS, sondern dient nur der schnellen Information im Betrieb, z.B. bei Störungssuche.

6.3 ELA-Anlagen

- 1) Das FGIHS muss über eine Stammdatenverwaltung für alle ELA-Anlagen verfügen. Diese muss eine oder mehrere Ansichten einer grafischen Oberfläche enthalten, in der Einträge für ELA-Anlagen angelegt, gesichtet, bearbeitet und gelöscht werden können.
- 2) ELA-Bestandsanlagen, die über DTMF-Wählverfahren angesteuert werden, müssen eindeutig über eine dreistellige, dezimale Adresse identifiziert werden können, die gleichzeitig die Adresse für das DTMF-Wählverfahren darstellt
- 3) ELA-Anlagen müssen ein bis mehrere Haltestellen über die DHID (Deutsche Haltestellen-ID) zugewiesen werden können.
- 4) Aus der VDP muss für jede ELA-Anlage der Haltestellenname / die Haltestellenamen konsumiert und in der Stammdatenverwaltung angezeigt werden
- 5) Die IP-Adresse, unter der eine über den Internet-Protokoll-Stack angebundene ELA-Anlage zuletzt den Webserver kontaktiert hat, muss angezeigt werden.

7 Störungsinformationen als DFI-Sondertexte und ELA-Durchsagen

Gegenwärtig werden Störungsinformationen als Sondertexte für DFI-Anzeiger sowie Durchsagen für ELA-Anlagen manuell durch Leitstellendisponenten über die Bedienoberfläche des DFI-Servers erstellt und geplant. Künftig soll dies vollautomatisiert durch das FOKUS-Tool (Fahrgastorientiertes Kommunikationssystem bei Umleitungen und Störungen) erfolgen. Dieses wird eine eigene Komponente der ITCS-Landschaft sein und ist explizit nicht Bestandteil des vorliegenden Projektes.

Das FGIHS wird die generierten DFI-Sondertexte und ELA-Durchsagen aus der VDP konsumieren und an DFI-Anzeiger und ELA-Anlagen übermitteln.

Der Ablauf wird grundsätzlich wie folgt sein:

- I. Im Leitsystem wird eine Störung angelegt
- II. Das Leitsystem veröffentlicht unterschiedliche Störungsparameter in die VDP
- III. Das FOKUS-Tool konsumiert diese Störungsparameter aus der VDP und generiert vollautomatisch die Störungsinformationen auf Textbasis
- IV. Es werden unterschiedliche Versionen angelegt in Abhängigkeit der DFI-Anzeiger (Größe/Lesbarkeit) sowie ggf. ein Text als Grundlage für die Durchsagen
- V. Ein externer Text-to-Speech-Dienst (TTS) stellt auf Basis des Textes die Durchsage als Audio-Datei bereit
- VI. Das FOKUS-Tool veröffentlicht die Sondertexte in die VDP. Die Durchsagen werden mit Objekt-IDs für Audiodateien verlinkt. Jeweils weitere Parameter für Planung und Auswahl der Haltestellen werden ebenso in die VDP veröffentlicht
- VII. Das FGIHS konsumiert die Störungsinformationen und überträgt diese an die DFI-Anzeiger und ELA-Anlagen

Dieses Kapitel dient der Klarstellung, dass das FGIHS weder über Funktionen zur automatisierten Erstellung von Störungsinformationen verfügen muss, noch eine Benutzeroberfläche einschließlich Planungsübersicht zur manuellen Erstellung dieser Informationen bereitstellen muss.

8 Monitoring, Logging und Sonderfunktionen

Das FGIHS muss über umfangreiche Funktionen verfügen, die der Betriebsüberwachung und der Fehler- und Ereignisanalyse dienen.

8.1 Betriebsstatus

- 1) Informationen über die Betriebszustände der DFI-Bestandsanzeiger und DFI-Knotenrechner müssen anschaulich im FGIHS dargestellt werden.
- 2) Bei HTML-basierten Anzeigern muss die Konnektivität zum FGIHS als Betriebsstatus des Anzeigers dargestellt werden. Außerdem muss auch die Dauer der aktuellen Verbindung des Anzeigers angezeigt werden.
- 3) Bei neuen ELA-Anlagen, die über den Internetprotokoll-Stack mit dem FGIHS kommunizieren, muss die Konnektivität zum FGIHS als Betriebsstatus der ELA-Anlage dargestellt werden. Außerdem muss auch die Dauer der aktuellen Verbindung der ELA-Anlage angezeigt werden.
- 4) Die Stammdatensätze der geführten Anlagen müssen aus der Statusübersicht heraus komfortabel angezeigt bzw. aufgerufen werden können.

- 5) Sind für ELA-Anlagen Durchsagen im Steig-Topic der VDP indiziert, so ist dies für jede ELA-Anlage anzuzeigen.
- 6) Jeder Anzeiger muss manuell deaktiviert und wieder aktiviert werden können. Wird ein Anzeiger deaktiviert, müssen alle Anzeigerinhalte gelöscht werden. Dies muss unabhängig von der Datenversorgung durch die VDP erfolgen.

8.2 Eventmonitor

- 1) Alle Veränderungen des Betriebsstatus von Bestandsanzeigern sowie DFI-Knotenrechnern müssen erfasst, historisiert und durch das Setzen von Filtern ausgegeben werden können. Die Ereignisse basieren auf Timeout-Meldungen und OK-Meldungen der Bestands-Anzeiger und DFI-Knotenrechner. Für jedes Ereignis sind Anzeigeradresse, Knotenrechneradresse, deren Klarnamen sowie die Zeitstempel darzustellen. Die Speicherdauer der Ereignisse muss mindestens 3 Monate betragen.
- 2) Die Konnektivität zu den HTML-Anzeigern und den per Web-Technologien angebundenen ELA-Anlagen ist zu überwachen. Veränderungen wie Neuansmeldung und Verbindungsabbrüche werden historisiert und können durch Filterung nach Anzeiger/ELA-Anlage, IP-Adresse und Zeitstempel ausgegeben werden. Für jedes Ereignis sind Anzeiger-ID/ELA-Anlagen-ID, Zeitstempel, und Art des Ereignisses darzustellen. Die Speicherdauer der Ereignisse muss mindestens 3 Monate betragen.
- 3) Verbindungsabbrüche und der Neuaufbau der Verbindung des FGIHS zur VDP sind als Ereignisse zu erfassen, ebenso wie das Nichtvorhandensein von abgerufenen Ressourcen wie Topics oder Audiofiles.
- 4) Die Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit des cloudbasierten TTS-Dienstes müssen überwacht werden. Veränderungen müssen mit Zeitstempel erfasst und historisiert werden.
- 5) Die Nutzung von Log-Levels muss für jede der Nachrichten möglich sein, z.B. "Info", "Warning" und "Error". Filtern nach diesen Log-Levels muss ebenso möglich sein.

8.3 Logging

- 1) Die Kommunikation zwischen VDP und FGIHS muss dateibasiert geloggt werden können.
- 2) Die Kommunikation zwischen FGIHS und ausgewählten DFI-Knotenrechnern und HTML-Anzeigern muss dateibasiert geloggt werden können.

- 3) Die Auswahl der Verbindungen zu Knotenrechnern und HTML-Anzeigern, die geloggt werden sollen, muss von den Nutzern frei gewählt werden können. Auch die Auswahl aller muss möglich sein.
- 4) Die Speicherdauer der Logs muss parametrierbar sein, wobei eine Festlegung der Maximalspeichergröße nicht überschritten werden darf. Festlegungen hinsichtlich Speicherdauer und Speichergröße werden in der Pflichtenheftphase getroffen, die maximale Speichergröße wird voraussichtlich ca. 20 GB nicht überschreiten. Gegenwärtig werden auf der Schnittstelle zu den DFI-Knotenrechnern (SK-Prot) über alle Knotenrechner Log-Dateien von insgesamt ca. 1 GB pro Tag generiert. Zudem werden auf der gegenwärtig proprietären Schnittstelle zwischen bestehendem DFI-Server und dem Leitsystem täglich Log-Dateien von insgesamt ca. 200 MB generiert.
- 5) Der Inhalt der Log-Dateien muss in lesbarem Textformat und mit Verwendung eines Zeitstempels erfolgen.
- 6) Die Ansteuerung von ELA-Anlagen bei Durchsagen muss grundsätzlich erfasst und auswertbar historisiert werden. Hierbei ist jeweils ausreichend, die Anlagen-ID, Zeitstempel und Durchsagen-Index zu erfassen. Die Speicherdauer des Logs wird in der Pflichtenheftphase festgelegt, wird jedoch voraussichtlich 2 Wochen nicht überschreiten.

8.4 Tracing SK-Prot

- 1) Der bidirektionale Telegrammverlauf zwischen FGIHS und DFI-Knotenrechnern muss in Echtzeit angezeigt werden können. Das Tracing soll je Telegramm enthalten: Zeitstempel, Telegrammtyp, Kommando, Quittierungsstatus, Anzeigeradresse. Antwortet der Knotenrechner auf ein Telegramm nicht innerhalb der für die jeweilige Knotenschnittstelle definierten maximalen Quittierungszeit, so ist dies farblich hervorzuheben.
- 2) Paralleles Live Tracing verschiedener Knotenrechner muss möglich sein.

8.5 Sonderfunktionen

- 1) Der Darstellungsinhalt der Bestandsanzeiger soll über das in den Protokollen SK-Prot 2B und SK-Prot 3 enthaltene Telegramm via Knotenrechner ausgelesen und realitätsnah dargestellt werden können (siehe Anhang 5).
- 2) Tritt durch die begrenzte Übertragungsgeschwindigkeit der Übertragungsstrecken (insbesondere der RS232-Modemstrecken) Telegrammstau auf, so ist beim Live Tracing eines ausgewählten Knotenrechners die Anzahl der noch abzusendenden Telegramme in der Warteschlange in Echtzeit anzuzeigen.

- 3) Für den Fall, dass ein Knotenrechner nicht über aktuelle Daten verfügt, muss die Datenneuversorgung im Bedarfsfall manuell initiiert werden können. Beispielhafte Gründe aus der Praxis sind, dass 1) Fahrten im Knotenrechner nicht gelöscht wurden und damit auf Dauer weiter angezeigt werden und 2) die Zieltextliste nicht aktuell ist und damit die Zieltext-ID der Fahrten auf falsche Zieltexte aus der Liste verweist.
- 4) Der Knotenrechnerneustart muss im Bedarfsfall manuell initiiert werden können. Das dafür verwendete Telegramm ist in Anhang 4 und Anhang 5 enthalten.

8.6 HTML-basierte Anzeiger

- 1) Der Inhalt jedes HTML-basierten Anzeigers muss nach dem Prinzip WYSIWYG dargestellt werden können, idealerweise in Form eines Screenshots.

8.7 Testmodus für DFI-Anzeiger

Die nachfolgenden Anforderungen sollen bevorzugt in einem Testmodus umgesetzt werden, der je Anzeiger aktiviert und deaktiviert werden kann.

Bei Aktivierung des Testmodus muss eine temporäre Zuordnung der Steige für diesen Anzeiger vorgenommen werden können. Auch müssen Sondertexte ohne Einbeziehung der VDP an den Anzeiger versendet oder die Darstellung von Testbildern (HTML-basierte Anzeiger) aktiviert werden können. Wird der Testmodus wieder deaktiviert, muss sofort die originale Konfiguration für den Anzeiger übernommen und damit die originale Datenversorgung wiederhergestellt werden.

- 1) Grundsätzlich soll das FGIHS Störungsinformationen (Sondertexte) ausschließlich aus der VDP konsumieren. Zu Testzwecken muss es allerdings auch möglich sein, Sondertexte manuell ohne Verwendung der VDP erzeugen und an ausgewählte Anzeiger senden zu können. Nach Beendigung des Tests müssen diese Sondertexte vom FGIHS automatisch von den DFI-Anzeigern wieder gelöscht werden.
- 2) Bei der manuellen Erzeugung von Sondertexten müssen die bei DVB definierten Sonderzeichen ausgewählt und in der Generierungsmaske angezeigt werden können. Bei den Sonderzeichen handelt es sich um folgende Zeichen, die in Anhang 7 enthalten sind:
 - 0xBD -> Umleitungspfeil
 - 0xC1 + 0xC1 + 0xC2 -> Bahn
 - 0xC3 + 0xC4 + 0xC5 -> Bus
 - 0xCB + 0xCC -> DB-Logo
 - 0xB0 + 0xB1 -> P+R

- 3) Es kann vorkommen, dass zu Testzwecken die Zeilen der DFI-Anzeiger mit zusätzlichen Fahrten befüllt werden müssen. Dazu muss es möglich sein, ausgewählten DFI-Anzeigern manuell zusätzliche Steig-IDs (DHID) zuzuweisen, deren Fahrten entsprechend vom FGIHS konsumiert und zum Anzeiger gesendet werden. Nach Beendigung des Tests muss die ursprüngliche Zuweisung der Steig-IDs wiederhergestellt werden.
- 4) Vordefinierte HTML-Testbilder (z.B. alle Pixel einschalten) müssen im Bedarfsfall für ausgewählte Anzeiger aktiviert und wieder deaktiviert werden können.

9 Layout-Management

Bei neuen Anzeigern soll die Flexibilität von HTML-basierten Layouts genutzt werden, um mehr Freiheitsgrade in der Fahrgastinformation zu erhalten. Dabei soll das FGIHS dynamisch zwischen verschiedenen Inhalten wechseln können, vorrangig, um mehr Informationsmöglichkeiten im Fall betrieblicher Störungen zu erhalten. Die erstellten Layouts können den Anzeigern zugewiesen werden. Es können Templates, Widgets und Überblendungen (Overlays) verwendet werden.

9.1 HTML-Editor

- 1) Das FGIHS muss über einen WYSIWYG-Editor ("What you see is what you get") für HTML-basierte Anzeiger verfügen. Im Editor müssen frei positionierbare Bereiche angelegt werden können, denen statische und dynamische Inhalte zugewiesen werden können müssen.

Das FGIHS muss die Ausgabe von HTML-basierten Inhalten auf DFI-Anzeigern mit unterschiedlichen Auflösungen unterstützen. Die Zielauflösung (Breite und Höhe in Pixel) muss für jeden DFI-Anzeiger konfigurierbar sein. Layouts, Templates, Widgets oder vergleichbare Gestaltungselemente müssen sich an die konfigurierte Auflösung anpassen lassen.

- 2) Jedes Layout kann in einem Editor erstellt und bearbeitet werden. Dabei müssen mindestens vier verschiedene Typen von Inhalten in ein Layout eingefügt werden können:
 - Abfahrten in Tabellenform; jede Zeile bestehend aus Liniennummer, Zieltext und Abfahrt in Minuten (dynamischer Inhalt)
 - Sondertexte (dynamischer Inhalt)
 - Uhrzeit (dynamischer Inhalt)
 - Statische Texte
- 3) Zeilenzahl, Spaltenbreiten und Zeilenhöhen der Abfahrts-Tabellen müssen parametrierbar sein.

- 4) Unabhängig von der Art des Editors muss eine Vorschau-Ansicht verfügbar sein und für alle Anzeigerauflösungen funktionieren. Für dynamische Inhalte ist dabei entweder die Anzeige von Beispieldaten vorzusehen oder eine DHID muss auswählbar sein, um Echtzeitdaten anzuzeigen.
- 5) Im FGIHS muss eine Pixel-Schriftart für die Darstellung auf HTML-basierten LED-Dot-Matrix-Anzeigern mit identischer Darstellung zu bisherigen Anzeigern implementiert werden. Der Schrift-Font ist als Anhang 7 beigelegt. Aus diesem müssen jedoch nicht alle Zeichen realisiert werden. Die Festlegung der zu nutzenden Zeichen wird in der Pflichtenheftphase getroffen.
- 6) Im FGIHS müssen grundsätzlich mehrere Schrift-Fonts implementiert werden können, die einem Layout zugewiesen werden können müssen.
- 7) Die in den Layouts verwendeten Schrift-Fonts müssen zum Anzeiger übertragen werden, da diese keinen Internetzugang haben werden.
- 8) Dynamische Inhalte müssen andere Inhalte überblenden können. Dies betrifft im besonderen Sondertexte, die Abfahrten überblenden können müssen.
- 9) Für das Benutzen des Editors dürfen keinerlei Kenntnisse in HTML oder Webdesign erforderlich sein.
- 10) Falls Text nicht in die vorgegebene Begrenzung passt, ist dieser als Lauftext darzustellen. Die Geschwindigkeit des Lauftextes muss parametrierbar sein.
- 11) Für Anzeigertypen, die keine Lauftexte darstellen können - zum Beispiel solche die auf ePaper-Technologie basieren - müssen Texte, die nicht in die vorgesehenen Felder passen stattdessen in ihrer Größe skaliert werden, um vollständig dargestellt werden zu können. Sondertexte müssen bei Erfordernis im vorgesehenen dynamischen Feld skaliert und mehrzeilig dargestellt werden. Dies betrifft nicht die aktuell in Verwendung befindlichen Anzeiger der Firma Axentia, sondern ist mit Hinblick auf zukünftige Projekte gefordert.
- 12) Zieltexte, die als Lauftexte dargestellt werden, müssen synchron gestartet werden.
- 13) Sondertexte, die als Lauftexte dargestellt werden, müssen entkoppelt von als Lauftext angezeigten Zieltexten starten.
- 14) Lauftexte müssen so flüssig wie möglich, jedoch auch für die Anzeiger so ressourcenarm wie möglich dargestellt werden.
- 15) Die Darstellung der HTML-Inhalte muss auf den LED-Anzeigern pixelperfekt sein.

9.2 Dynamische Darstellungen

- 1) Die Layouts müssen dynamisch auf aktuelle Störungssituationen reagieren können, über die bloße Sondertextanzeige in der letzten Zeile hinaus. Hierfür wird im Steig-Topic jeder Haltestelle der Grad der Verkehrsbeeinträchtigung veröffentlicht. Die Layouts der HTML-Anzeiger müssen automatisch auf diesen Index reagieren können, indem beispielsweise andere Sondertextbestandteile, wie Überschriften, dargestellt werden können, oder indem eine Volltextanzeige des Sondertexts ermöglicht wird. Im Steig-Topic werden folgende Grade von Verkehrsbeeinträchtigung unterschieden:
 0. Normalbetrieb
 1. Starke Einschränkungen
 2. Keine oder kaum AbfahrtenZulässige Mittel hierfür sind beispielsweise Überblendungen oder die Integration einzeln konfigurierbarer Sublayouts.
- 2) In Großereignisfällen, die üblicherweise erhebliche Teile des Stadtgebiets betreffen, ist die Datenqualität der Echtzeitdaten gering. In diesen Fällen wird im Steig-Topic der Grad der Verkehrsbeeinträchtigung auf „2: Keine oder kaum Abfahrten“ gesetzt. Unabhängig der Nutzung eines veränderten Layouts bei HTML-Anzeigern müssen in diesen Fällen alle Abfahrten, die dennoch weiter in der VDP versorgt sind, durch das FGIHS bei allen Anzeigern ausgeblendet werden können. Dies betrifft sowohl Bestandsanzeiger als auch HTML-Anzeiger. Die genaue Ausprägung wird in der Pflichtenheftphase festgelegt.

10 Systemarchitektur und Systembetrieb

10.1 Nutzerverwaltung und Authentifizierung

- 1) Das FGIHS muss eine rollen- bzw. gruppenbasierte Zugriffskontrolle unterstützen. Die Berechtigung zur Nutzung des Systems muss anhand von Sicherheitsgruppen aus Active Directory bzw. Microsoft Entra ID steuerbar sein.
- 2) Das FGIHS muss mehrnutzerfähig sein und eine Nutzerverwaltung beinhalten, in der neue Nutzer erstellt und zugelassen werden können.
- 3) Wenn mehrere Nutzer gleichzeitig aktiv sind, darf dies nicht dazu führen, dass Inhalte durch gleichzeitige Bearbeitung inkonsistente Zustände erlangen können.
- 4) Eine Rollenverwaltung, in der den zugelassenen Nutzern Rechte für verschiedene Rollen zugewiesen werden können, muss vorhanden sein. Die Rechte Layoutbearbeitung, Anzeigerverwaltung oder Systemeinstellungen müssen vorhanden sein, weitere sind in Abstimmung mit DVB möglich.
- 5) Die letzte Änderung an einer Einstellung, einem Layout oder den Stammdaten eines Anzeigers ist mit dem Zeitstempel und Nutzernamen zu dokumentieren

10.2 Bedienoberfläche als Web-Front-End

- 1) Die Bedienoberfläche muss als Web-Front-End ausgeführt sein und muss mindestens mit Browsern auf Chromium-Basis funktionieren, wie der bei der DVB genutzte Microsoft Edge.
- 2) Die Einstiegsseite muss eine Übersicht über sämtliche Prozesse und Zustände im System geben können, mindestens jedoch:
 - Eingangsschnittstellen
 - Ausgangsschnittstellen
 - Nicht verfügbare DFI-Anzeiger, DFI-Knotenrechner, ELA-Anlagen
 - Absprung zu den Stammdaten der nicht verfügbaren Schnittstellen und Komponenten

10.3 Betriebsmodell und Software-Architektur

Eine in Microservices getrennte Ausführung von Backend-Komponenten wird bevorzugt, wobei die Echtzeitdatenverarbeitung, Anzeiger-Management und Layout-Editor, sowie das ELA-Bestandssystem Beispiele sein können. Damit soll eine höhere Verfügbarkeit sichergestellt werden, falls Teile des Systems neu gestartet werden müssen.

- 1) Das FGIHS muss bei dem IT-Dienstleister der DVB, Fa. dresden-IT GmbH, in einer virtuellen Umgebung gehostet werden. Genaue Absprachen zu Systemanforderungen und Netzwerk werden in der Pflichtenheftphase gemeinsam mit dem genannten IT-Dienstleister getroffen. Die Bereitstellung der IT-Infrastruktur ist in Verantwortung der DVB und nicht Leistungsumfang des vorliegenden Projektes.

10.4 Systembetrieb

Der Auftragnehmer erhält einen Remote-Zugang zum FGIHS oder zur virtualisierten Umgebung, auf der das FGIHS betrieben wird. Genaue Absprachen zum Zugang werden in der Pflichtenheftphase gemeinsam mit dem IT-Dienstleister der DVB, Fa. dresden-IT GmbH getroffen.

- 1) Alle Systemeinstellungen, Stammdaten, Layouts und Templates müssen periodisch oder zur Laufzeit gesichert werden. Eine Möglichkeit zur Wiederherstellung aller dieser Daten und Teilmengen davon muss möglich sein. Die Frequenz der Sicherung wird in der Pflichtenheftphase gemeinsam festgelegt.
- 2) Die Anwendung ist für einen kontinuierlichen 24x7-Betrieb in einer durch den Auftraggeber bereitgestellten virtualisierten On-Premises-Infrastruktur auszulegen.

- 3) Die Anwendung muss nach einem Neustart des Betriebssystems oder der virtuellen Maschine selbstständig wieder betriebsbereit sein.
- 4) Die Anwendung muss Zustands- und Fehlermeldungen für ein externes Monitoring bereitstellen können.

11 Schulung

11.1 Allgemeines

- 1) Der Auftragnehmer hat die für die Einführung, den Betrieb, die Administration und die fachliche Nutzung des Systems erforderlichen Schulungsleistungen zu erbringen. Die Schulungen sind so durchzuführen, dass die Mitarbeiter des Auftraggebers nach Abschluss der Schulungsmaßnahmen die ihnen übertragenen Aufgaben selbstständig wahrnehmen können. Die Schulungssprache muss in deutscher Sprache erfolgen.
- 2) Die Schulungsleistungen müssen mindestens nachfolgend aufgeführte Personengruppen abdecken. Die Anzahl der zu schulenden Personen beträgt maximal 10 Personen.
 - Systemadministratoren
 - Instandhalter von DFI-Anlagen und ELA-Anlagen
- 3) Die Schulungen müssen mindestens folgende Themengebiete umfassen:
 - Systemaufbau und Systemkomponenten
 - Bedienung der Funktionsmodule
 - Administration und Konfiguration
 - Benutzer- und Berechtigungsverwaltung
 - Überwachung und Fehleranalyse
 - Backup- und Wiederherstellungsverfahren
- 4) Für alle durchgeführten Schulungen sind Schulungsunterlagen bereitzustellen. Die Schulungsunterlagen sind dem Auftraggeber in elektronischer Form zu übergeben. Die Nutzungsrechte an den Schulungsunterlagen sind dem Auftraggeber zeitlich unbeschränkt einzuräumen.
- 5) Die Schulungen müssen vor der produktiven Inbetriebnahme des Systems durchgeführt werden.

12 Dokumentation

12.1 Besprechungsprotokolle

- 1) Über die Besprechungen und Absprachen zwischen Auftragnehmer und DVB während der Durchführung des Projekts wird von DVB ein Protokoll erstellt,

welches allen Gesprächsteilnehmern zugestellt wird. Eventuelle Festlegungen in diesen Protokollen erhalten grundsätzlich Verbindlichkeit, wenn ihnen nicht innerhalb von 10 Tagen nach Posteingang beim Auftragnehmer schriftlich widersprochen wird. Änderungen des Leistungs- und Lieferumfangs bedürfen eines gesonderten schriftlichen Nachtrages / CR zum Vertrag. Mündliche Vereinbarungen sind nicht verbindlich.

12.2 System- und Betriebsdokumentation

- 1) Der Auftragnehmer hat sämtliche für Installation, Betrieb, Administration, Wartung und Nutzung des Systems erforderlichen Dokumentationen bereitzustellen. Die Dokumentationen müssen vollständig, nachvollziehbar und aktuell sein. Die Dokumentationen sind in deutscher Sprache bereitzustellen und dem Auftraggeber in elektronischer Form zu übergeben.
- 2) Die Dokumentationen sind bei Änderungen des Systems fortzuschreiben und dem Auftraggeber in aktualisierter Form bereitzustellen.
- 3) Die Systemdokumentation muss mindestens folgende Inhalte umfassen:
 - Beschreibung der Systemarchitektur
 - Beschreibung der eingesetzten Systemkomponenten
 - Darstellung der Schnittstellen und Kommunikationsbeziehungen
 - Funktionale Softwarebeschreibungen
 - Beschreibung der Ressourcenanforderungen an die IT-Infrastruktur
 - Beschreibung von Sicherheits- und Verfügbarkeitsmechanismen
- 4) Die Betriebsdokumentation muss mindestens folgende Inhalte umfassen:
 - Administrationshandbuch
 - Backup- und Wiederherstellungsverfahren
 - Verfahren zur Fehlerdiagnose
 - Verfahren für Updates und Releasewechsel
- 5) Für die Anwender sind geeignete Bedienungsanleitungen bereitzustellen. Diese müssen die für den täglichen Betrieb erforderlichen Funktionen und Bedienabläufe beschreiben.

13 Projektablauf

Oberste Priorität im Entwicklungsprozess haben die nachfolgend aufgeführten Leistungsbestandteile, die mit zeitlich umfangreichen - und voraussichtlich iterativen - Tests einher gehen werden müssen:

- Aufsetzen einer Testumgebung des FGIHS mit Netzwerkverbindung zu den erforderlichen DVB-Systemen
- Anbindung der Verkehrsdatenplattform (VDP)
- Anbindung der Bestands-Anzeiger über die DFI-Knotenrechner

- Anbindung der ELA-Bestandsanlagen

Der genaue Projektablauf wird unter Mitwirkung der DVB in der Pflichtenheftphase abgestimmt.

13.1 Entwicklungs- und Testphase

Die Mitwirkung der DVB in der Entwicklungs- und Testphase wird zugesichert. Dies umfasst die Bereitstellung und Übersendung folgender Hardware-Testumgebungen an den AN:

- Ein LED-DFI Anzeiger mit angeschlossenem DFI-Knotenrechner und Mobilfunkrouter mit SIM-Karte zur Anbindung an das DVB-Netzwerk.
 - Ein ELA-Aufbau bestehend aus einer TAS ULE614, einer Steuerbaugruppe, einem 100V-Verstärker und Lautsprecher.
- 1) Während des Entwicklungsprozesses muss die Durchführung umfangreicher, iterativer Tests, unter Mitwirkung der DVB vorgesehen werden. DVB wird dazu dem AN Hardware-Testumgebungen mit DFI-Knotenrechner und LED-DFI, sowie ELA-Komponenten bereitstellen. Der DFI-Knotenrechner wird zudem eine Mobilfunkverbindung zum DVB-Netzwerk erhalten.
 - 2) Vor Inbetriebnahme aller Module bzw. Leistungsbestandteile müssen abschließende und umfangreiche Tests bei den DVB vorgesehen werden.
 - 3) Tests mit der ELA-Bestandsinfrastruktur und deren langen FM-Kabelstrecken und mehreren linien- und sternförmig angeschalteten ELA-Anlagen müssen auch bei DVB durchgeführt werden und lassen sich nicht vollständig mit der o.g. Hardware-Testumgebung, die DVB für erste Testverfahren beim AN beistellen wird, simulieren. Tätigkeiten, die hierfür zwingend vor Ort zu leisten sind, insbesondere der Kontrolle der Funktion der ELA-Anlagen, werden durch die Mitwirkung der DVB sichergestellt.
 - 4) Produktivdaten für DFI inklusive Störinformationen (Sondertexte) können erst ab 01.07.2028 von der VDP bereitgestellt werden. Testdaten stehen jedoch bereits ab 01.07.2027 über die VDP zur Verfügung. Die Migration der DFI-Knotenrechner und Bestands-DFI kann demnach erst nach dem 01.07.2028 erfolgen. Der Bieter muss dies berücksichtigen.
 - 5) Test-Durchsagen (Audio-Files) für die ELA-Anlagen können erst ab 01.10.2027 über die VDP indiziert und via REST-API durch das FGIHS bezogen werden. Werden für die Implementierung und Entwicklung der Anbindung der ELA-Bestandsanlagen sowie der ELA-Anlagen über Web-Technologien Durchsagen zu einem früheren Zeitpunkt benötigt, so muss der Bieter diese im FGIHS vorsehen.

- 6) Produktivdaten für Durchsagen können erst ab 01.07.2028 über die VDP indiziert und via REST-API durch das FGIHS bezogen werden. Die Migration der ELA-Bestandsanlagen per Stichtagsumstellung kann demnach erst danach erfolgen. Der Bieter muss dies berücksichtigen.
- 7) Der Auftragnehmer hat für alle GUI-Komponenten des FGIHS Wireframes zu erstellen. Die Nutzung der Wireframes zur Implementierung der Benutzeroberfläche erfolgt unter Mitwirkung der DVB.

13.2 Migration und Inbetriebnahme

Die im vorliegenden Projekt zu realisierenden und in Betrieb zu nehmenden Teilleistungen haben unterschiedliche Abhängigkeiten. Einige Teilleistungen können losgelöst in Betrieb genommen werden, bei anderen ist das nicht der Fall. Das grundlegende Aufsetzen des FGIHS, die Anbindung an die VDP und die Realisierung von u.a. Verwaltung und Layoutmanagement für HTML-Anzeiger können ebenfalls ohne Abhängigkeiten in Betrieb genommen werden. Anders ist dies bei folgenden Diensten, die heute durch den bestehenden DFI-Server betrieben und von daher im Work-Betrieb auf das FGIHS migriert werden müssen:

- Ansteuerung der DFI-Knotenrechner (und damit DFI-Bestandsanzeiger)
- Ansteuerung der ELA-Bestandsanlagen

Für die Migration der DFI-Knotenrechner müssen diese jeweils einzeln umkonfiguriert und damit auf das FGIHS umgeschwenkt werden (neue Serveradresse). Dies liegt in der Verantwortung von DVB und kann bis zu wenigen Wochen in Anspruch nehmen. In dieser Zeit werden Störungsinformationen (Sondertexte) für alle noch nicht migrierten DFI-Knotenrechner weiterhin manuell durch die Disponenten erzeugt und geplant. Bei allen bereits zum FGIHS migrierten DFI-Knotenrechnern werden Störungsinformationen hingegen vollautomatisch durch das FOKUS-Tool (Fahrgastorientiertes Kommunikationssystem bei Umleitungen und Störungen) erzeugt und in die VDP veröffentlicht. Diese parallele Datenversorgung kann zu Inkonsistenzen bei der Fahrgastinformation aus Sicht der Fahrgäste führen. Es liegt im eigenen Interesse der DVB, diese Migrationszeit so kurz wie möglich zu halten. Ein „Zurückschwenken“ der DFI-Knotenrechner auf den alten DFI-Server, aus welchen Gründen auch immer, ist wegen des erheblichen Aufwands ausgeschlossen.

Die Migration der ELA-Anlagen muss per Stichtagsumschaltung erfolgen. Dies liegt daran, dass alle ELA-Anlagen physikalisch über eine einzige FM-Verbindung (via TAS ULE614) vom Soundkartenausgang des gegenwärtigen „Stadtruf“-Arbeitsplatzes angebunden sind. Ein Parallelbetrieb von Altsystem und FGIHS könnte grundsätzlich realisiert werden, in dem beide Systeme jeweils nur einen Teil der ELA-Anlagen bei Durchsagen adressieren. Allerdings ist dies in der Praxis nur schwer zu realisieren. Die Versorgung der Durchsagen über das Altsystem erfolgt manuell durch die Disponenten, jenes über das FGIHS via VDP vollautomatisiert durch TTS. Dies im

stetigen Verlauf einer Migration zu koordinieren wäre zu anspruchsvoll und zu aufwendig. Daher schließen wir einen Parallelbetrieb bei der Migration der ELA-Anlagen aus.

Die sukzessive Inbetriebnahme von Teilfunktionalitäten des FGIHS ist möglich. Die Anbindung des FGIHS an die VDP, die Anbindung der DFI-Knotenrechner, die Anbindung von neuen HTML-Anzeigern sowie die Anbindung des ELA-Bestandssystems haben keine Abhängigkeiten zueinander.

- 1) Alle Leistungen im vorliegenden Projekt müssen bis zum 30.06.2029 erbracht sein und abgenommen worden sein.

14 Serviceleistungen

Nach der Abnahme der Gesamtlösung hat der Auftragnehmer die nachfolgend beschriebenen Serviceleistungen für einen Zeitraum von 10 Jahren zu erbringen.

Die Serviceleistungen haben das Ziel, die langfristige Betriebsfähigkeit und Verlässlichkeit der Gesamtlösung sicherzustellen. Durch kontinuierlichen Systemservice und Systemaktualisierungen wird gewährleistet, dass das FGIHS und damit der Betrieb der Fahrgastinformation bei DVB über den Vertragszeitraum hinweg stabil und zuverlässig funktioniert.

Die Leistungen umfassen die kontinuierliche Überwachung, Wartung und den im Folgenden beschriebenen Anforderungen des vom Auftragnehmer im Rahmen des Teilprojekts gelieferten Systems, um eine unterbrechungsfreie Funktionalität zu gewährleisten.

Unabhängig von den Wartungs- und Serviceleistungen besteht die Gewährleistung des ANs für Mängel der erbrachten Leistungen.

14.1 Aufgaben des Auftragnehmers

- 1) Betriebsbereitschaft: Der Auftragnehmer stellt sicher, dass das FGIHS während der Servicephase voll funktionsfähig ist. Alle erforderlichen Servicemaßnahmen, Fehlerbehebungen und Updates müssen innerhalb vereinbarter Fristen durchgeführt werden, um Ausfallzeiten zu minimieren.
- 2) Fehlerbehebung: Jegliche Defekte, Fehler und Ausfälle, die während der Servicephase auftreten, müssen unverzüglich behoben werden.

14.2 Leistungsparameter für Serviceaufgaben

- 1) Hotline (Telefonsupport): Der Auftragnehmer stellt im Rahmen seines Supports eine telefonische Hotline zur Verfügung. Die telefonische Hotline muss bei der Einleitung der Fehlerbehebung unterstützen.

- 2) Fernwartung: Der Auftragnehmer stellt sicher, dass er im Rahmen seines Supports die Fernwartung des FGIHS durchführen kann. Inhalte der Fernwartung sollen mindestens sein:
- Fehlerdiagnose
 - Ermittlung von Fehlerursachen
 - Problembehebungen
 - Anpassen von Parametern und Konfigurationen
 - Installation von Software und Updates
 - Der Auftragnehmer informiert den Auftraggeber vor jeder Anwendung der Fernwartung
 - Der Auftraggeber stellt seinerseits die IT-Voraussetzungen zur Verfügung
- 1) Servicezeiten-, Reaktions- und Lösungszeiten: Die Serviceleistungen werden in den vereinbarten Service-, Reaktions- und Lösungszeiten erbracht. Diese sind in **Anlage XXX zum Vertrag** definiert.

14.3 Laufzeit

- 1) Vertragslaufzeit: Die Servicephase beginnt nach der Abnahme und hat eine Laufzeit von sechs (6) Jahren. Der Auftraggeber hat die zweimalige einseitige Option, die Servicephase um jeweils zwei (2) Jahre zu verlängern.
- 2) Der Auftragnehmer verpflichtet sich, der DVB unaufgefordert regelmäßig über Weiterentwicklungen des eingesetzten Systems sowie die Möglichkeiten einer Nutzung dieser Weiterentwicklungen zu informieren.
- 3) Der Auftragnehmer muss eventuell auftretende Defizite im Rahmen des Servicevertrages mit Updates/Patches korrigieren.
- 4) Die gelieferte Software muss durch den Auftragnehmer regelmäßig selbständig auf Schwachstellen überprüft werden. Daraus resultierende Fehler sind der DVB zu melden und ein Plan zur Abstellung dieser zu übermitteln.
- 5) Zur Erfüllung der Anforderungen an die Informationssicherheit in der IKT-Lieferkette gemäß ISO/IEC 27001 ist der Auftragnehmer verpflichtet, für sämtliche eingesetzten Softwarekomponenten eine vollständige und aktuelle Software-Stückliste (SBOM) bereitzustellen. Diese SBOM muss alle enthaltenen Bibliotheken, Abhängigkeiten, Versionen sowie Herkunftsinformationen umfassen und in einem maschinenlesbaren Format vorliegen. Ziel ist die Nachvollziehbarkeit und Risikobewertung der eingesetzten Komponenten sowie die Sicherstellung der Lieferkettentransparenz. Die SBOM ist spätestens zur Übergabe der Softwarelösung bereitzustellen und bei jeder relevanten Änderung zu aktualisieren. Die Verantwortung für die Vollständigkeit und Richtigkeit liegt beim Auftragnehmer.