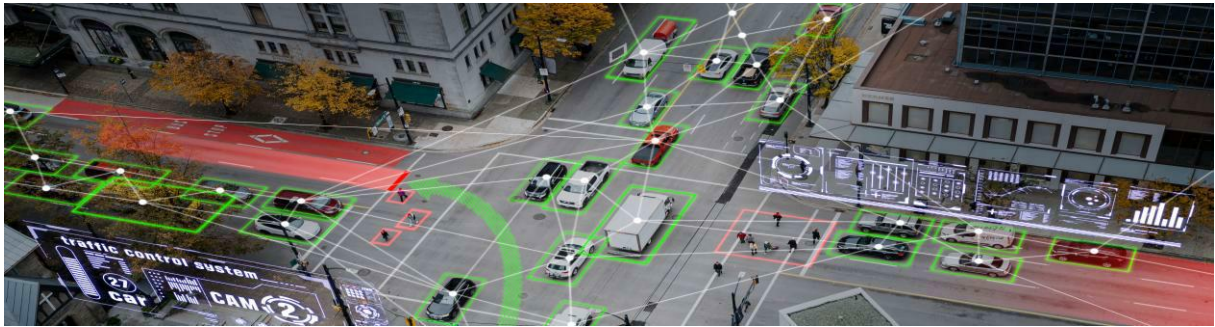




Konzept zur „Ansteuerung der Lichtsignalanlagen (LSA) im Stadtgebiet Heilbronn“

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Datenversorgung	3
3.	Lösungsvarianten	5
3.1.	Standardvariante: Hybrider Betrieb über OBU	5
3.1.1.	Vorstellung der Lösung	5
3.1.2.	Vor- und Nachteile	6
3.1.3.	Verantwortlichkeiten	7
3.2.	Lösungsvariante: Server zu Server Kommunikation	8
3.2.1.	Vorstellung der Lösung	8
3.2.2.	Vor- und Nachteile	9
3.2.3.	Verantwortlichkeiten	10
4.	Ausbauvariante	11
4.1.	„Rückkanal zum Fahrzeug“	11
5.	Dateninhalte und Anlagen	11
5.1.	Hinweis zu den Dateninhalten	11
5.2.	Technische Lösungen	12
5.2.1.	On-Board-Unit der Firma Yunex	12
5.2.2.	Freie On-Board-Unit	13
5.2.3.	Integration in den Bordrechner	14
5.2.4.	Hinweis zur Ansteuerung	14
5.2.5.	Anforderungen an OBU oder Bordrechner	15
5.2.6.	Technische Umsetzung Server zu Server	16

1. Einleitung

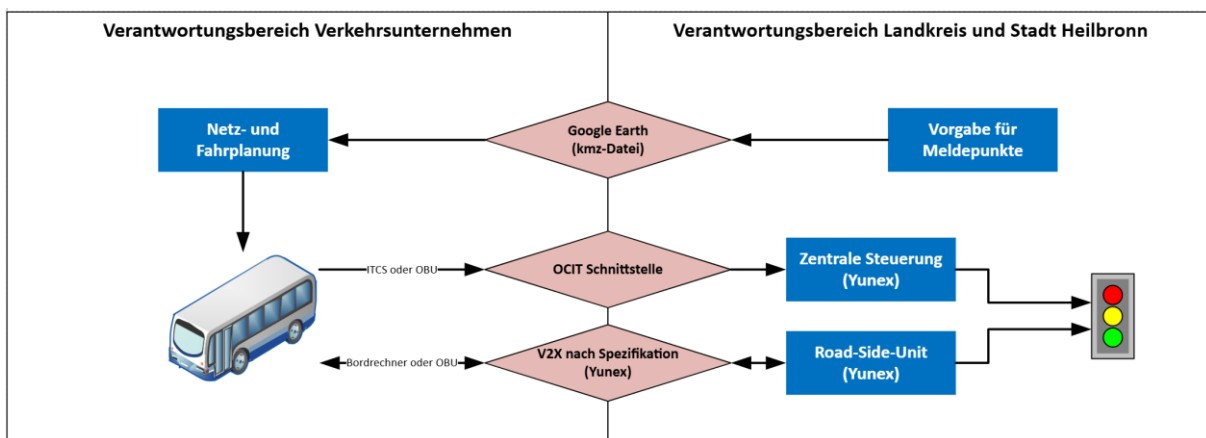
Dieses Konzept wurde entwickelt, um die möglichen Varianten zur Ansteuerung der Lichtsignalanlagen (LSA) im Stadtgebiet von Heilbronn zu präsentieren. Ziel ist es, eine Übersicht der verfügbaren Lösungen zu geben, die individuell auf die Anforderungen und Gegebenheiten vor Ort abgestimmt sind.

Im Rahmen des Konzepts werden verschiedene Lösungsansätze beschrieben, einschließlich der jeweiligen Vor- und Nachteile. Die endgültige Entscheidung über die Auswahl einer Variante wird durch die Vergabeunterlagen vorgegeben. Sofern keine spezifischen Vorgaben in den Vergabeunterlagen enthalten sind, hat der Anbieter die Möglichkeit, aus den dargestellten Varianten die passende Lösung auszuwählen.

Das System zur Ansteuerung der Lichtsignalanlagen ist von der Firma Yunex und basiert auf dem VDV-Standard 4022. Das zentrale System wird von der Stadt Heilbronn betrieben und ist als Beistellung zu betrachten, die den Anbietern zur Verfügung gestellt wird.

Die Verantwortung für die Ansteuerung der Lichtsignalanlagen und der Dateninhalte liegt bei den jeweiligen Verkehrsunternehmen. Diese sind dafür zuständig, die Schnittstellen und Steuerungsmechanismen gemäß den vorgegebenen Standards und Anforderungen zu implementieren und zu betreiben.

2. Datenversorgung



Der Datenweg stellt sicher, dass alle relevanten Akteure in einem definierten Ablauf die benötigten Informationen erhalten, verarbeiten und anwenden können. Dabei sind die Verantwortlichkeiten entlang des Prozesses klar getrennt.

- Bereitstellung der Daten:

- Die Stadt Heilbronn bzw. der Landkreis Heilbronn stellt den Verkehrsunternehmen eine elektronische Datei im Google-Earth-Format (KMZ) zur Verfügung.
- Diese Datei enthält die definierten Meldepunkte für die Linien.

- Übernahme durch die Verkehrsunternehmen:

- Das Verkehrsunternehmen übernimmt die KMZ-Datei und ist für deren Weiterverarbeitung sowie die Nutzung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich.

- **Integration in die Netz- und Fahrplanung:**
 - Die Meldepunkte aus der Datei werden in die Netz- und Fahrplanung des Verkehrsunternehmens integriert. Dies bildet die Grundlage für die weitere Planung und den operativen Betrieb.
- **Verteilung auf Fahrzeuge und Komponenten:**
 - Die Meldepunkte aus der Netz- und Fahrplanung werden auf die Fahrzeuge sowie die verbauten Komponenten (z. B. Bordcomputer oder ITCS-Systeme) verteilt.
- **Aktualisierungspflichten:**
 - Änderungen an den Meldepunkten, die durch die Stadt oder den Landkreis bereitgestellt werden, sind innerhalb von **24 Stunden** nach der Bereitstellung in die gesamte Fahrzeugflotte zu integrieren.
 - Das Verkehrsunternehmen ist verpflichtet, stets mit den aktuellen Meldepunkten und Inhalten zu arbeiten.
- **Nutzung durch die Endgeräte:**
 - Die verbauten Endgeräte in den Fahrzeugen oder das ITCS (Intermodal Transport Control System) greifen spätestens **24 Stunden nach der Bereitstellung** der neuen Daten auf die aktualisierten Meldepunkte zu.
 - Die Endgeräte steuern daraufhin alle relevanten Schnittstellen korrekt an, um den Betrieb reibungslos sicherzustellen.

Schritt	Verantwortlichkeit	Aufgabe
Datenbereitstellung	Stadt Heilbronn / Landkreis Heilbronn	- Erstellung der KMZ-Datei - Bereitstellung an das Verkehrsunternehmen
Datenübernahme	Verkehrsunternehmen	- Übernahme der KMZ-Datei - Kontrolle auf Vollständigkeit
Netz- und Fahrplanung	Verkehrsunternehmen	- Integration der Meldepunkte in die Planung - Sicherstellung der Übereinstimmung mit der KMZ-Datei
Verteilung der Daten	Verkehrsunternehmen	- Weitergabe der Meldepunkte an Fahrzeuge und Komponenten - Einrichtung der relevanten Systeme
Datenaktualisierung	Verkehrsunternehmen	- Sicherstellung der Aktualisierung innerhalb von 24 Stunden
Nutzung der Daten	Verkehrsunternehmen	- Verarbeitung der Meldepunkte - Steuerung der Schnittstellen - Sicherstellung der Betriebsfähigkeit

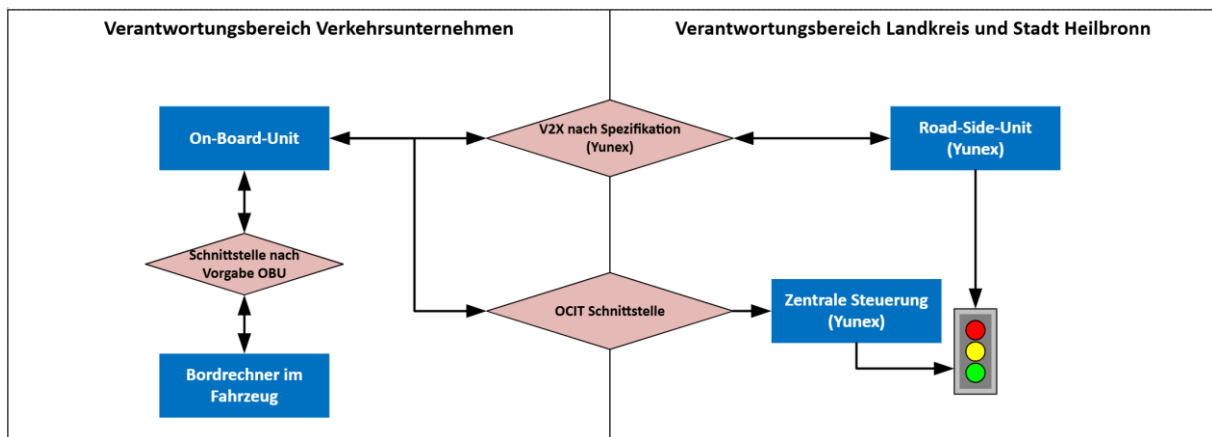
3. Lösungsvarianten

In diesem Kapitel werden die Lösungsvarianten zur Ansteuerung der Lichtsignalanlagen (LSA) im Stadtgebiet Heilbronn vorgestellt. Jede Variante ist darauf ausgelegt, unterschiedliche Anforderungen in Bezug auf technische Komplexität und die Qualität der Verkehrssteuerung zu erfüllen.

3.1. Standardvariante: Hybrider Betrieb über OBU

In Heilbronn sind nicht alle LSA mit einer RSU ausgestattet. Dementsprechend kann es vorkommen, dass entlang eines Fahrtweges nicht alle LSA über einer Roadside Unit (RSU) anzusteuern sind. Um dennoch eine durchgängige und effektive LSA-Beeinflussung sicherzustellen, ist der hybride Betrieb erforderlich.

3.1.1. Vorstellung der Lösung



Diese Lösungsvariante setzt, wenn verfügbar, auf eine direkte Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur durch den Einsatz einer On-Board-Unit (OBU). Die OBU wird in jedes Fahrzeug integriert und bildet über die RSU die Schnittstelle zur Lichtsignalanlage (LSA). Der technische Ablauf ist wie folgt:

- **Einbau der On-Board-Unit in die Fahrzeuge:**
Jedes Fahrzeug wird mit einer OBU ausgestattet, die für die Kommunikation mit der LSA zuständig ist.
- **Ansteuerung durch den Bordrechner:**
Die OBU wird durch den Bordrechner im Fahrzeug angesteuert. Sie empfängt relevante Daten wie z.B. die aktuelle Position und Anforderungen für die LSA-Beeinflussung. Eine autarke Nutzung der OBU ohne Ansteuerung durch einen externen Bordrechner ist individuell mit dem Hersteller zu prüfen und liegt in der Verantwortung des Verkehrsunternehmens. Dies umfasst sowohl die technische Abstimmung als auch die Sicherstellung der Schnittstellenfunktionalität im autarken Betrieb.
- **Kommunikation mit der Road-Side-Unit (RSU):**
Die OBU überträgt die Steuerungsanfragen direkt an die RSU, die sich in der Nähe der jeweiligen Lichtsignalanlage befindet. Diese Kommunikation erfolgt drahtlos.

- **Ansteuerung der Lichtsignalanlage durch die RSU:**

Die RSU empfängt die Anfragen von der OBU, verarbeitet diese und gibt die entsprechenden Steuerungsbefehle direkt an die Lichtsignalanlage weiter.

Sollte an einer LSA keine RSU vorhanden sein, ist als zweiter Kommunikationsweg zur Ansteuerung die Kommunikation von der OBU zur zentralen Steuerung vorgesehen. Hierbei wird von der OBU oder dem Bordrechner eine Meldung über das Mobilfunknetz an die zentrale Steuerung übersendet.

- **Zentrales Steuerungssystem:**

Die Stadt Heilbronn stellt zur Steuerung der Lichtsignalanlagen das zentrale LSA-Steuerungssystem bereit. Dieser fungiert als Schnittstelle zu den einzelnen LSA.

- **Kommunikation über OCIT-Schnittstelle:**

Es werden Steuerungsanfragen an den zentralen Server über eine OCIT-Schnittstelle gesendet. Diese Kommunikation ermöglicht die zentrale Ansteuerung der LSA, basierend auf den Positionen und Anforderungen der Fahrzeuge.

- **Ansteuerung der Lichtsignalanlagen:**

Die zentrale Steuerung übernimmt die Verarbeitung empfangenen Informationen und setzt die Steuerungsbefehle um. Er leitet diese direkt an die jeweiligen LSA weiter, um die gewünschte Beeinflussung der Lichtsignalanlagen zu realisieren.

Die Kommunikation zwischen der On-Board Unit (OBU) und der Road-Side Unit (RSU) muss technisch so ausgelegt sein, dass eine bidirektionale Kommunikation gewährleistet ist. Dies ist entscheidend, um zukünftige Entwicklungen und Anforderungen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur und der intelligenten Verkehrssysteme zu unterstützen.

3.1.2. Vor- und Nachteile

Die Lösungsvariante mit hybrider Kommunikation zwischen On-Board-Unit (OBU) und Road-Side-Unit (RSU) bzw. zentraler Steuerung bietet folgende Vorteile bzw. Nachteile:

- **Vorteile**

- o **Direkte Ansteuerung der RSU, wenn möglich:**

Die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeug und RSU ermöglicht eine direkte Ansteuerung der Lichtsignalanlagen.

- o **Reduzierung der Komplexität im Bordrechner:**

Ein wesentlicher Vorteil der vollständigen Integration sämtlicher Funktionen für die LSA-Steuerung in die On-Board-Unit (OBU) ist die deutliche Reduzierung der technischen und logischen Komplexität im Bordrechner des Fahrzeugs.

- o **Unabhängigkeit von der Umsetzung in Heilbronn**

Die OBU ist ortsunabhängig und kann ohne weitere Serververbindung an autarken LSA, z.B. an Anlagen in anderen Landkreisen ohne ständige Serververbindung, eingesetzt werden.

- o **Geringe Abhängigkeit vom Bordrechnerhersteller:**

Der Einbau einer OBU macht das System unabhängiger vom Hersteller des Bordrechners. Bei einem Austausch des Bordrechners kann die Einheit weiterverwendet werden.

- o **Fehleranalysen im Störfall**

Im Störfall des Bordrechners oder OBU können Einheiten getrennt voneinander entstört werden. Der Bus kann z.B. ohne OBU weiter die Technik im Bus bedienen.

- **Kompatibilität**
Mit der Variante können alle LSA angesteuert werden. Hierbei ist es unerheblich, ob bereits eine Ausstattung mit einer RSU erfolgt ist oder die Ansteuerung über die zentrale Steuerung erfolgen muss.
- **Nachteile**
 - **Zusätzliche Fahrzeugkomponente:**
Der Einbau der OBU in jedes Fahrzeug erfordert zusätzliche Hardware und führt zu erhöhtem Installations- und Wartungsaufwand. Sollte ein Unternehmen keine zusätzliche Hardware wünschen, ist freigestellt alle Funktionen der OBU (inkl. der bidirektionalen Kommunikationsmöglichkeit) direkt in einen Bordrechner zu integrieren. Die Funktionsverantwortung liegt in beiden Fällen beim Verkehrsunternehmen

3.1.3. Verantwortlichkeiten

Die Umsetzung dieser Lösungsvariante setzt eine klare Verteilung der Verantwortlichkeiten zwischen dem Landkreis bzw. der Stadt Heilbronn und dem Verkehrsunternehmen voraus. Die Aufgaben der jeweiligen Akteure sind wie folgt definiert:

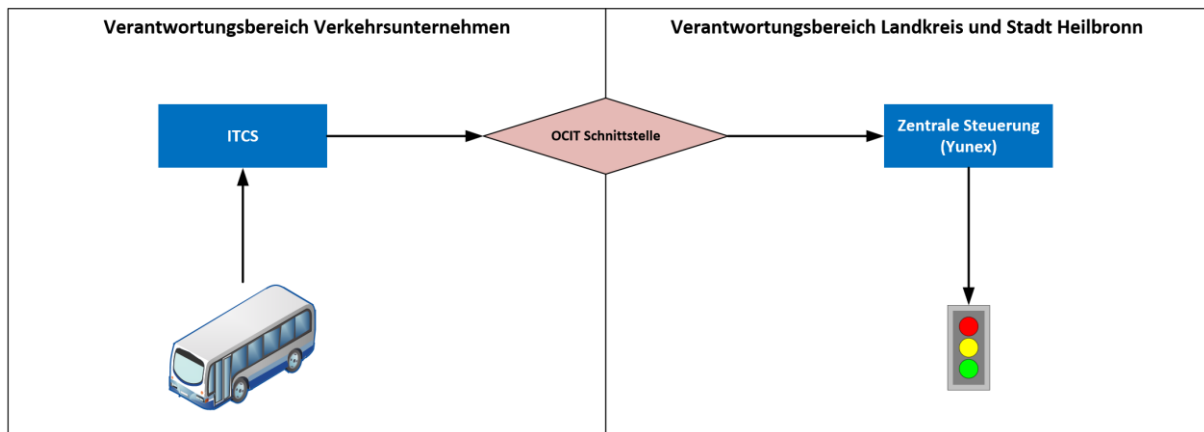
- **Aufgaben des Landkreises bzw. der Stadt Heilbronn**
 - **Bereitstellung der RSU und LSA-Anlagen:**
Die Road-Side-Units (RSU) sowie die Lichtsignalanlagen (LSA) selbst werden von der Stadt Heilbronn als Beistellung zur Verfügung gestellt.
 - **Spezifikation von Dateninhalten:**
Mit der V2X-Schnittstelle und der OCIT wird ein offener Standard für die Datenkommunikation verwendet, der das grundlegende Gerüst für den Austausch von Informationen vorgibt. Die genaue Spezifikation der zu übermittelnde Inhalte erfolgt, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, durch den Betreiber der Infrastruktur.
- **Aufgaben des Verkehrsunternehmens**
 - **Beschaffung und Einbau der OBU:**
Das Verkehrsunternehmen ist für die Beschaffung und den Einbau der On-Board-Units verantwortlich. Diese können direkt beim Hersteller des LSA-Systems erworben werden, wodurch eine Integrationssicherheit gewährleistet wird. OBUs stehen in verschiedenen Bauformen und mit unterschiedlichen Schnittstellenvarianten (IP oder seriell) zur Verfügung. Alternativ können OBUs von anderen Herstellern beschafft werden, wobei die Kompatibilität zur Schnittstelle des LSA-Systems in der Verantwortung des Unternehmens und seines Dienstleisters liegt.
 - **Integration und Betrieb der OBU:**
Der Einbau der OBU in die Fahrzeugflotte sowie deren Betrieb fallen in den Zuständigkeitsbereich des Verkehrsunternehmens.
 - **Ansteuerung der OBU durch den Bordrechner:**
Der Bordrechner im Fahrzeug muss die Schnittstelle zur OBU entsprechend den Vorgaben des OBU-Herstellers unterstützen. Die Konfiguration und Integration dieser Schnittstelle ist Aufgabe des Verkehrsunternehmens.

- **Abstimmung mit Systemanbietern:**

Der weiterführende Abstimmungsbedarf mit den Herstellern (Bordrechner an OBU und OBU an RSU Yunex), liegt in der Verantwortung des Verkehrsunternehmens. Dies ist erforderlich, um eine reibungslose Kommunikation zwischen den Komponenten sicherzustellen.

3.2. Lösungsvariante: Server zu Server Kommunikation

3.2.1. Vorstellung der Lösung



Die zentrale Ansteuerung der Lichtsignalanlagen erfolgt in dieser Variante durch die Kommunikation zwischen dem Fahrzeug, einem ITCS (Intermodal Transport Control System), und dem zentralen LSA-Steuerungssystem der Stadt Heilbronn. Der technische Ablauf gestaltet sich wie folgt:

- **Fahrzeugseitige Positionsübermittlung:**
Die Fahrzeuge sind mit einem Bordrechner ausgestattet, der kontinuierlich mit dem ITCS verbunden ist. Dadurch kann das ITCS die aktuelle Position jedes Fahrzeugs in Echtzeit erfassen und verarbeiten.
- **Zentrales Steuerungssystem:**
Die Stadt Heilbronn stellt zur Steuerung der Lichtsignalanlagen das zentrale LSA-Steuerungssystem bereit. Dieser fungiert als Schnittstelle zwischen dem ITCS und den einzelnen LSA.
- **Kommunikation über OCIT-Schnittstelle:**
Das ITCS übermittelt Steuerungsanfragen an den zentralen Server über eine OCIT-Schnittstelle. Diese Kommunikation ermöglicht die zentrale Ansteuerung der LSA, basierend auf den Positionen und Anforderungen der Fahrzeuge.
- **Ansteuerung der Lichtsignalanlagen:**
Die zentrale Steuerung übernimmt die Verarbeitung der vom ITCS gesendeten Informationen und setzt die Steuerungsbefehle um. Er leitet diese direkt an die jeweiligen LSA weiter, um die gewünschte Beeinflussung der Lichtsignalanlagen zu realisieren.

Diese zentrale Architektur gewährleistet eine Steuerung der Lichtsignalanlagen, ohne dass zusätzliche Fahrzeugtechnik benötigt wird. Durch die Nutzung standardisierter Schnittstellen wie OCIT wird zudem eine hohe Kompatibilität und Flexibilität im System erreicht.

3.2.2. Vor- und Nachteile

Bei der Bewertung dieser Lösungsvariante wird davon ausgegangen, dass in jedem Fahrzeug bereits ein Bordrechner sowie ein ITCS (Intermodal Transport Control System) in der Zentrale des Verkehrsunternehmens vorhanden ist. Vor diesem Hintergrund ergeben sich die folgenden Vor- und Nachteile:

- Vorteile

- **Keine zusätzliche Fahrzeugtechnik erforderlich:**

Durch die ausschließliche Server-zu-Server-Kommunikation entfällt der Bedarf für zusätzlichen Einbau von Technik in die Fahrzeuge. Dies reduziert den Installationsaufwand.

- **Flexibler Einsatz bei großen Fahrzeugflotten:**

Da keine individuelle Fahrzeugausrüstung notwendig ist, können Fahrzeuge flexibel in die LSA-Beeinflussung integriert werden. Das System ist skalierbar und daher besonders für große Flotten geeignet. Zu beachten ist, dass die Skalierbarkeit durch den zentralen Server der Stadt Heilbronn begrenzt ist.

- **Schnelle Umsetzung:**

Die Implementierung erfolgt primär auf Server-Seite, wodurch die Einführung ohne zusätzlichen Verkabelungsaufwand im Fahrzeug und an der Infrastruktur erfolgen kann. Anpassungen oder Erweiterungen lassen sich zentral realisieren.

- Nachteile

- **Verzögerungen durch Kommunikationssprünge:**

Die Übermittlungsgeschwindigkeit ist durch die Vielzahl der beteiligten Komponenten eingeschränkt. Der Ablauf umfasst mehrere Verarbeitungsschritte:

1. Die Nachricht wird vom Fahrzeug an das ITCS übermittelt.
2. Das ITCS verarbeitet die Nachricht und leitet die Anforderung an den zentralen-Server weiter.
3. Der zentrale Server verarbeitet die Anfrage und übermittelt die Steuerungsbefehle an die Lichtsignalanlagen. Jeder dieser Schritte führt zu Verzögerungen, was die Reaktionsgeschwindigkeit des Systems beeinträchtigt.

- **Abhängigkeit von zentralen Systemen:**

Das System ist von der Verfügbarkeit zentraler Komponenten wie dem ITCS und dem zentrale Server abhängig. Ein Ausfall eines dieser Systeme führt dazu, dass keine LSA-Beeinflussung mehr möglich ist, was die Zuverlässigkeit der Lösung reduziert.

- **Keine V2X Funktionen**

Ein Nachteil dieser Lösungsvariante ist, dass keine V2X-Kommunikation möglich ist. Dadurch können spezifische V2X-Funktionen, wie die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur zur Echtzeitdatenübertragung oder Gefahrenwarnung, nicht genutzt werden.

- **Eingeschränkte Kompatibilität und Zukunftsfähigkeit**

Durch Entscheidungen der Verkehrsplaner kann in anderen Verkehrsverträgen die Ansteuerung von RSU gefordert werden, was die Nutzung dieser Variante verhindert.

3.2.3. Verantwortlichkeiten

Die erfolgreiche Umsetzung der zentralen LSA-Beeinflussung erfordert eine klare Aufteilung der Verantwortlichkeiten zwischen den beteiligten Akteuren. Die Rollen und Aufgaben sind wie folgt definiert:

- **Aufgaben des Landkreises bzw. der Stadt**
 - **Bereitstellung des zentralen Steuerungsservers:**
Die Stadt stellt das zentrale Steuerungssystem für die Lichtsignalanlagen zur Verfügung. Dieses System dient als zentrale Kommunikationsschnittstelle für die Ansteuerung der LSA.
 - **Spezifikation von Dateninhalten:**
Mit der OCIT-Schnittstelle wird ein offener Standard für die Datenkommunikation verwendet, der das grundlegende Gerüst für den Austausch von Informationen vorgibt. Die genaue Spezifikation der zu übermittelnde Inhalte erfolgt, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, durch den Betreiber der Infrastruktur.
- **Aufgaben des Verkehrsunternehmens**
 - **Integration in das ITCS:**
Das Verkehrsunternehmen ist verantwortlich für die technische Umsetzung der Ansteuerung des zentralen Servers. Dies beinhaltet die Entwicklung und Anpassung der Schnittstelle sowie die Verarbeitung der Fahrzeugdaten.
 - **Datenqualität:**
Die Qualität der übermittelten Daten liegt in der Verantwortung des Verkehrsunternehmens. Es muss sichergestellt werden, dass die Positionsdaten der Fahrzeuge präzise und aktuell sind, damit die LSA-Beeinflussung effektiv erfolgen kann.
 - **Abstimmung mit Systemanbietern:**
Der weiterführende Abstimmungsbedarf mit den Herstellern (ITCS und zentrale Steuereinheit (YUNEX)), liegt in der Verantwortung des Verkehrsunternehmens. Dies ist erforderlich, um eine reibungslose Kommunikation zwischen den Komponenten sicherzustellen.

4. Ausbauvariante

4.1. „Rückkanal zum Fahrzeug“

In der aktuellen Ausbaustufe ist ein Rückkanal von der Infrastruktur (z. B. Road-Side Units, RSU) zum Fahrzeug nicht vorgesehen. Derzeit liegt der Fokus auf der „einseitigen“ Kommunikation, bei der Fahrzeuge Daten an die Infrastruktur übermitteln.

Zukünftig könnte jedoch ein Rückkanal von der Infrastruktur zum Fahrzeug gemäß V2X-Standards realisiert werden, um neue Anwendungen und Funktionen zu ermöglichen. Über diesen Rückkanal könnten beispielsweise dynamische Fahrhinweise, priorisierte Verkehrslenkungsdaten oder Warnmeldungen direkt an die Fahrzeuge übermittelt werden. Dies würde die Grundlage für hochentwickelte Funktionen wie kooperative Verkehrssysteme, gezielte Umweltzonensteuerung oder optimierte Navigation schaffen.

Um diese Möglichkeit zu gewährleisten, muss die aktuell eingesetzte Hardware so gewählt werden, dass sie die zukünftigen Anforderungen an einen bidirektionalen Informationsaustausch erfüllt. Die Geräte müssen technisch in der Lage sein, nicht nur Daten zu senden, sondern auch von der RSU zu empfangen. Dies schließt die Unterstützung der relevanten V2X-Kommunikationsprotokolle sowie die notwendige Hardwareausstattung ein. Auf diese Weise muss ein solcher Rückkanal in der Zukunft rein softwaretechnisch implementiert werden können, ohne dass umfangreiche Hardware-Upgrades erforderlich sind.

5. Dateninhalte und Anlagen

5.1. Hinweis zu den Dateninhalten

Alle relevanten Daten werden über die „Luftschnittstelle“ übertragen. Dabei sind mit jedem Telegramm verpflichtend folgende Informationen zu übermitteln:

- Linie,
- Route,
- Kurs,
- Fahrplanlage,
- Priorität
- sowie die Meldepunkte einschließlich des Türkriteriums (TK).

Das Türkriterium (TK) wird von der Fahrerin oder dem Fahrer manuell über einen Taster im Cockpit aktiviert, während das Fahrzeug steht. Dieses Signal muss räumlich begrenzt sein, beispielsweise auf einen Bereich von 20 Metern vor und nach einer Haltestelle. Außerhalb dieses festgelegten Bereichs verliert das Türkriterium seine Gültigkeit und kann nicht mehr aktiviert werden.

5.2. Technische Lösungen

In den vorherigen Abschnitten wurden verschiedene unterstützte Lösungsansätze vorgestellt, die eine Grundlage für die geplante Ansteuerung bilden. Die Verantwortung für die konkrete technische Umsetzung der Varianten liegt jedoch vollständig bei dem jeweiligen Verkehrsunternehmen. Da die betrieblichen Rahmenbedingungen je nach Unternehmen stark variieren können, wird von unserer Seite keine spezifische Empfehlung für eine technische Lösung ausgesprochen. Dies ermöglicht den Unternehmen die notwendige Flexibilität, die beste Lösung basierend auf ihren individuellen Anforderungen zu wählen.

Auf den folgenden Seiten stellen wir drei mögliche technische Lösungen im Detail vor. Diese Varianten sind so konzipiert, dass sie unterschiedliche strategische und technische Ansätze unterstützen. Jede Variante bietet spezifische Vorteile hinsichtlich Komplexität, Skalierbarkeit, Integration in bestehende Systeme sowie Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Die Entscheidung für eine der Lösungsvarianten sollte auf einer Bewertung basieren, die sowohl technische als auch wirtschaftliche und organisatorische Faktoren berücksichtigt. Dazu gehören u. a. die Anforderungen an die Schnittstellenintegration, die Wartungsfreundlichkeit der Lösung, Investitionskosten, zukünftige Erweiterungsmöglichkeiten sowie die Kompatibilität mit bestehenden Systemen und Standards. Ziel ist es, eine Lösung zu finden, die langfristig tragfähig ist und den laufenden Betrieb nachhaltig unterstützt.

5.2.1. On-Board-Unit der Firma Yunex

Diese Lösungsvariante setzt auf die Integration einer On-Board-Unit (OBU), die von demselben Hersteller wie die bestehende zentrale LSA-Steuerung (Lichtsignalanlage) stammt. Der Hersteller stellt für diese Lösung zwei unterschiedliche OBU-Modelle zur Verfügung, die sich in Funktionalität, Leistungsfähigkeit und möglicherweise im Umfang der unterstützten Features unterscheiden.

Der entscheidende Vorteil dieser Variante liegt in der hohen Kompatibilität zwischen der OBU und der LSA-Steuerung. Da beide Systeme aus einer Hand stammen, ist die Schnittstellenintegration optimal aufeinander abgestimmt. Dies reduziert potenzielle technische Probleme während der Implementierungs- und Betriebsphase erheblich. Eine reibungslose Kommunikation zwischen Fahrzeug und Verkehrsinfrastruktur kann dadurch sichergestellt werden, was wiederum die Effizienz und Zuverlässigkeit des Systems erhöht.

Die Beschaffung der On-Board-Units erfolgt direkt durch das Verkehrsunternehmen über den Hersteller Yunex. Eine zentrale Beschaffung durch andere Stellen ist nicht vorgesehen. Zudem liegt die Verantwortung für die Integration der OBU in die Fahrzeuge und für die Anbindung an bestehende Systeme, wie z. B. den Bordrechner, ebenfalls beim Verkehrsunternehmen. Hierzu führt das Verkehrsunternehmen die erforderlichen Abstimmungen mit Yunex eigenständig durch, um eine optimale Einbindung der Geräte sicherzustellen.

Yunex Traffic OBU2X-R
 Rack Variante On-board Unit



Yunex Traffic OBU2X-R
Feste Installation im Fahrzeug

- Module mit externer Antenne
 - V2X Modul (ITS-G5 o. C-V2X)
 - GNSS mit D-GPS für sehr hohe Genauigkeit
 - 4G/LTE Modem
 - Bluetooth
 - WiFi
- Anschlüsse für Stromversorgung, Ethernet, CAN, RS485, VDV300, VDV 301, Digitale I/O
- Anbindung an IP-KOM-ÖV für automatische Übernahme von Linie / Route möglich

Yunex Traffic OBU2X
 C-ITS On-board Unit



Yunex Traffic OBU2X
Installation an der Windschutzscheibe

- Integriertes V2X Modul
- Integrierter GNSS Empfänger mit GPS/Galileo/GLONASS
- Integrierte 4G Module
- Bluetooth
- Powermanagement, Akku, Bewegungssensor
- Anschlüsse für Stromversorgung, CAN, RS485, Digitale I/O
- Anbindung an IP-KOM-ÖV für automatische Übernahme von Linie / Route möglich

5.2.2. Freie On-Board-Unit

Diese Variante ermöglicht es den Verkehrsunternehmen, eine am Markt verfügbare On-Board-Unit (OBU) nach eigener Wahl zu beschaffen und in ihre Fahrzeugflotte zu integrieren. Dabei bietet diese Lösung eine größere Flexibilität bei der Auswahl der Systeme und ermöglicht es den Unternehmen, individuell passende Lösungen zu implementieren, die ihren spezifischen Anforderungen und Rahmenbedingungen entsprechen.

Wesentlich ist jedoch, dass die gewählte OBU sowohl technisch als auch inhaltlich die Anforderungen der vorhandenen LSA-Steuerungen (Lichtsignalanlagen) erfüllt. Dies betrifft insbesondere die Unterstützung der relevanten Kommunikationsstandards, wie z. B. die V2X-Schnittstelle und die OCIT-Schnittstelle (Open Communication Interface for Road Traffic Control). Die Sicherstellung dieser Kompatibilität liegt in der Verantwortung des Verkehrsunternehmens.

Das Verkehrsunternehmen trägt ebenfalls die Verantwortung für die vollständige Integration der OBU in die Fahrzeuge und deren Anbindung an bestehende Geräte wie Bordrechner oder Kommunikationssysteme, sowie die Anbindung an die Infrastruktur der Stadt Heilbronn (V2X und OCIT). Hierzu sind eigenständig die erforderlichen Abstimmungen mit den verschiedenen beteiligten Partnern und Lieferanten, einschließlich Yunex, durchzuführen.

Die Beauftragung für spezifische technische Anpassungen oder Dienstleistungen – etwa für die Integration und Konfiguration der V2X- und OCIT-Schnittstellen – erfolgt direkt durch das Verkehrsunternehmen bei Yunex. Eine zentrale oder koordinierte Beschaffung dieser Leistungen ist nicht vorgesehen. Dadurch bleibt die Verantwortung für die Projektumsetzung und den technischen Betrieb bei den einzelnen Verkehrsunternehmen.

5.2.3. Integration in den Bordrechner

Diese Lösungsvariante sieht vor, dass die Funktionen einer On-Board-Unit (OBU) vollständig in den vorhandenen Bordrechner der Fahrzeuge integriert werden. Hierbei wird keine separate OBU-Hardware benötigt, da alle wesentlichen Funktionen, wie die Kommunikation mit den Lichtsignalanlagen (LSA) und die Unterstützung der V2X- und OCIT-Schnittstellen, direkt durch den Bordrechner abgedeckt werden.

Diese Lösung bietet den Vorteil einer reduzierten Hardwarekomplexität, da kein zusätzliches Gerät im Fahrzeug installiert werden muss. Dies kann sowohl die Kosten für Beschaffung und Wartung senken als auch potenzielle Fehlerquellen verringern, die durch die Integration externer Geräte entstehen könnten. Darüber hinaus ermöglicht diese Variante eine nahtlose Einbindung in bestehende Fahrzeug- und Kommunikationssysteme, was die Systemarchitektur vereinfacht und den technischen Support erleichtert.

Die vollständige Verantwortung für die Implementierung und Integration dieser Lösung liegt beim Verkehrsunternehmen. Dazu gehört die technische Anpassung des Bordrechners, um die Funktionen der OBU zu übernehmen und die Kompatibilität zu den LSA-Anlagen sicherzustellen. Hierbei müssen insbesondere die Anforderungen an die V2X- und OCIT-Schnittstellen erfüllt werden. Die notwendigen Abstimmungen zur Implementierung dieser Funktionen sind ebenfalls durch das Verkehrsunternehmen mit den relevanten Partnern, einschließlich Yunex, durchzuführen.

Die Beauftragungen für technische Anpassungen und Unterstützungsleistungen, die für die erfolgreiche Implementierung dieser Lösung erforderlich sind, erfolgen direkt durch das Verkehrsunternehmen. Auch bei dieser Variante wird keine zentrale Beschaffung vorgesehen, was den Unternehmen die Möglichkeit gibt, flexibel auf ihre eigenen technischen und organisatorischen Anforderungen einzugehen.

5.2.4. Hinweis zur Ansteuerung

In der Regel erfolgt die Ansteuerung der LSA über den Bordrechner des Fahrzeugs, was als bevorzugte Vorgehensweise betrachtet wird. Diese Vorgehensweise bietet die Vorteile einer zentralisierten Steuerung und einer einfacheren Integration in bestehende Fahrzeug- und Kommunikationssysteme. Dennoch ist diese Methode nicht zwingend erforderlich, da Verkehrsunternehmen bei Bedarf auch alternative technische Lösungen entwickeln und implementieren können.

Verkehrsunternehmen haben dabei die Möglichkeit, gemeinsam mit ihren Herstellern alternative Ansätze umzusetzen, sofern dabei die technische und inhaltliche Qualität der Lösung gewahrt bleibt. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass die gewählte Alternative die relevanten Anforderungen, wie die Unterstützung der V2X- und OCIT-Schnittstellen sowie die zuverlässige Kommunikation mit den LSA-Steuerungen, erfüllt. Eine gründliche Abstimmung mit den involvierten Partnern und Lieferanten bleibt auch bei dieser Vorgehensweise unerlässlich, um eine reibungslose Umsetzung und den langfristigen Betrieb sicherzustellen.

5.2.5. Anforderungen an OBU oder Bordrechner

Die hybride Priorisierung (GSM/DSRC) im öffentlichen Personennahverkehr dient dazu, unterschiedliche Priorisierungsansätze in der vorhandenen Infrastruktur zu ermöglichen. In Anwesenheit einer RoadSideUnit (RSU) kann die Priorisierungsanfrage von der OBU (oder den Bordrechner) über RSU direkt an das Steuergerät der Lichtsignalanlage gerichtet werden. An Lichtsignalanlagen, die hingegen nicht mit RSUs ausgestattet sind, wird der Priorisierungswunsch einer hybriden OBU über Mobilfunk an den Server der vorhandenen LSA-Zentrale in Heilbronn übermittelt.

Notwendige Leistungseigenschaften

- Kommunikationsschnittstellen:
 - 2x IEEE 802.11p 5.9 GHz WLAN
 - 1x LTE 4G Zelluläres Netzwerkmodul
 - 1x Bluetooth 4.0
 - GNSS-Subsystem mit Anschluss an eine externe Antenne
 - Bluetooth
 - Stromversorgungseinheit (ggf. mit Backup-Batterie und Bewegungserkennung)
 - Sicherheits- und Manipulationserkennung
 - Sicherheitsmodul (SAM)
 - Schnittstelle für die Anbindung an das Netzwerk im Fahrzeug (Ethernet für VDV 301 oder zukünftige MQTT basierte VDV Schnittstelle) zur bidirektionalen Kommunikation mit einem vorhandenen Bordrechner
- Das GNSS-Subsystem verwendet standardmäßig GPS, GLONASS und Galileo parallel.
- Power Supply
 - Versorgungsspannung: 8V – 32 V
- Backup Batterie (optional)

Die OBU oder der Bordrechner muss über eine Backup-Batterie verfügen, die den Betrieb des Geräts bei fehlender externer Stromversorgung für eine begrenzte Zeit ermöglicht. Die Backup-Batterie wird aufgeladen, wenn die OBU oder der Bordrechner in Betrieb ist, und wird von einer externen Stromquelle gespeist, wenn die Umgebungsbedingungen ein sicheres Laden erlauben. Die Backup-Batterie muss austauschbar sein.

Die OBU oder Bordrechner muss für die Umgebung von Automobilen (z. B. Busse und Lastwagen) konzipiert sein und daher über den erforderlichen Schutz von Schnittstellen und Stromeingängen sowie Schutz vor Strahlung und Empfang elektromagnetischer Störungen verfügen. Sie muss der Schutzklasse IP54 gemäß IEC 60529 in allen Betriebszuständen mit unbeschädigter Steckerabdeckung entsprechen.

Für die ÖPNV Priorisierung ist es notwendig die Linien und Routeninformation über die Applikation einzugeben oder aus dem Bordrechnersystem automatisch zu übernehmen.

Für eine Inbetriebnahme muss die Applikation in der Lage sein Testmessages zu generieren und über den ITS G5 Standard auszusenden.

Für einen Servicefall muss die Applikation eine Möglichkeit zur Verfügung stellen, eine einfache Diagnose zu ermöglichen (Anzeige Fehlermeldungen, Anzeige Status, Anzeige GPS Empfang).

Unterstützte Meldungstypen WLAN 802.11p

ITS-G5: CAM, DENM, SPATEM, MapEM, IVIM

5.2.6. Technische Umsetzung Server zu Server

In dieser Lösungsvariante erfolgt die Ansteuerung der zentralen LSA-Steuerung über eine Server-zu-Server-Kommunikation zwischen dem ITCS (Intermodal Transport Control System) des Verkehrsunternehmens und der zentralen Steuerung der LSA. Die Stadt, als Betreiber dieser Infrastruktur, fungiert hierbei als Master der Schnittstelle und legt die technischen Vorgaben und Dateninhalte fest.

Das Verkehrsunternehmen trägt die Verantwortung für die Integration der Schnittstelle in das eigene ITCS-System. Dazu gehört die technische Anpassung und Konfiguration der Schnittstelle, um eine nahtlose Kommunikation zwischen den Systemen sicherzustellen. Darüber hinaus ist das Verkehrsunternehmen für die Koordination der beteiligten Partner zuständig. Dies umfasst die Abstimmungen mit Herstellern und Dienstleistern sowie die Beauftragung von Anpassungen und Implementierungsleistungen, die für den Betrieb der Lösung erforderlich sind.

Durch diese klare Rollenverteilung wird sichergestellt, dass sowohl die städtische Infrastruktur als auch die betrieblichen Anforderungen der Verkehrsunternehmen optimal berücksichtigt werden.,