

Leistungsbeschreibung zu

FE 03.0631/2022/IRB

„Simulation und Vorbereitung eines Pilotvorhabens für innovative SBA-Strategien zur Stauvermeidung und -reduktion“

Teil A:

1. Problem/Ausgangslage:

Der Bericht des FGSV-Arbeitskreises 3.2.2. „Regelungslogik für Streckenbeeinflussungsanlagen“ (FGSV, 2025) trägt Forschungsergebnisse über neue innovative Regelungs- und Steuerungsverfahren zur Verbesserung von Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) auf Bundesautobahnen (BAB) zusammen und ordnet diese im Anwendungsbereich des „Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen“ (MARZ) gemäß BAST, 2018 ein. Potenziale neuer Verfahren werden im „Ersatz einer schwellenwertbasierten Steuerung durch Regelung bzw. Optimalsteuerung“ (FGSV, 2025, S. 45) gesehen. Außerdem heißt es „[m]ittelfristig könnten auch modellbasierte Ansätze für bestimmte Situationen, z. B. die Vermeidung des gebundenen Verkehrs, implementiert werden, wenn diese in der Lage sind mit den üblichen Verfahren nach MARZ [...] zurechtzukommen.“ (FGSV, 2025, S. 49)

Untersuchungen von HEGYI & HOOGENDOORN (2010) und FREJO & DE SCHUTTER (2018) sowie SCHWIETERING ET AL. (2021) belegen sowohl in Simulationen als auch in einem praktischen Feldversuch, dass SBA durch den Einsatz innovativer Regelungsansätze ihr Potenzial zur Vermeidung und schnellen Auflösung von Verkehrsproblemen deutlich steigern können. Die Einbindung geschlossener Regelkreise in SBA-Systeme zeigt dabei vielversprechende Effekte bei der Reduktion von Staus an stationären Engstellen sowie bei der Abschwächung von Schockwellen. Die hierfür entwickelten Regelungsverfahren – insbesondere solche auf Basis modellprädiktiver Optimierung – sind jedoch stark abstrahiert und beschränken sich häufig auf die Umsetzung einzelner Steuerungsziele. Dabei bleiben die komplexen Wechselwirkungen zwischen neuen Regelalgorithmen, bestehenden SBA-Strukturen und der gleichzeitigen Berücksichtigung mehrerer Verkehrszustände und Steuerungsoptionen weitgehend unbeachtet.

HEGEWALD (2025) entwickelt einen umfassenderen Ansatz, der bewährte Verfahren zur Stauabsicherung und Harmonisierung nach MARZ mit neuen Strategien zur Stauvermeidung und -auflösung kombiniert. Dabei wird in einer Regellogik die gezielte Reduktion des Zuflusses stromaufwärts einer Engstelle auf ein Niveau unterhalb ihres Abflusses angestrebt, um Überlastungen frühzeitig zu verhindern oder Störungen aufzulösen. Es wird für diesen Zweck vorgeschlagen, den Funktionsbereich 7 „Anforderungen an Verfahren zur Situationserkennung und -bewertung“ nach MARZ zu erweitern. Die Regellogik wählt auf Basis der streckenbezogenen Verkehrslage das lokal optimale Schaltverfahren direkt aus, anstatt die Ergebnisse aller Situationserkennungsverfahren im Funktionsbereich 8 „Abgleich von Ergebnissen der Situationserkennung“ nach MARZ lokal zu priorisieren. Im Unterschied zu anderen modelltheoretischen Ansätzen zeichnet sich dieses Verfahren dadurch aus, dass es sich konzeptionell in die bestehende MARZ-Systematik integrieren lässt und damit eine zentrale Voraussetzung für eine praxisnahe Erprobung erfüllt.

Es gibt somit Forschungsarbeiten, die bestehende Steuerungsprozesse verbessern könnten, deren tatsächlicher Wirksamkeitsnachweis jedoch die praktische Erprobung erfordert. Diese ist allerdings bis zum praktischen Nachweis der Wirksamkeit für den Betreiber mit dem Risiko verbunden, dass die gewünschten Effekte nicht wie erwartet eintreten oder unerwünschte Wechselwirkungen mit bestehenden Steuerungsverfahren bestehen. Der Zirkelschluss erschwert die Einführung von Innovationen. Um Innovationen dennoch zu fördern, beschreibt die FGSV (2025, S. 56ff) ein mögliches Vorgehen zur Integration neuer Regelungs- und Steuerungsverfahren in Verkehrszentralen. Derzeit liegen allerdings auch mit dieser allgemeinen Prozessbeschreibung gemäß FGSV (2025, S. 56ff) keine praktischen Erfahrungen vor. So erfordert beispielsweise die Übertragung von Forschungsergebnissen in eine praktische Erprobungsphase eine „simulativ umfangreiche“ Erprobung eines neuen Verfahrens – den genauen Umfang von Testfällen lässt die Prozessdefinition gemäß FGSV (2025, S. 56ff) jedoch offen, da auch streckenspezifische Aspekte beachtet werden müssen.

Das im Projekt adressierte Problem ist somit für eine bestimmte Regellogik die allgemeine Vorgehensweise weiterzuentwickeln und eine systematische Evaluation für einen definierten Anwendungsfall vorzunehmen (in Anlehnung an die Inbetriebnahmevorbereitung gemäß FGSV (2025, S. 57)). Dies soll konkret für die Regellogik von HEGEWALD (2025) für einen konkreten Streckenabschnitt einer Bundesautobahn erfolgen.

2. Ziel und Nutzen

Die FGSV (2025, S. 56ff) beschreibt ein mögliches Vorgehen zur Integration neuer Regelungs- und Steuerungsverfahren in Verkehrszentralen. Ein zentraler Bestandteil dieses Prozesses („Inbetriebnahmevorbereitung“) ist die vorgelagerte Simulation einer neuen Regellogik auf einer potenziellen Einsatzstrecke, um Funktionalität und Wirkung unter realitätsnahen Bedingungen zu prüfen. Dieser Prozessschritt soll im Rahmen des Projekts für die von HEGEWALD (2025) entwickelte Regellogik in einer mikroskopischen Verkehrsflusssimulation erfolgen. Ziel ist es, die Leistungsfähigkeit und Praxistauglichkeit dieses Verfahrens für einen Autobahnabschnitt mit zwei Tunneln und einem Autobahnkreuz auf der BAB A7 im Großraum Hamburg zu bewerten. Auf diesem Streckenabschnitt zwischen Beginn der SBA-Strecke in Schleswig-Holstein bis Beginn der Arbeitsstelle Baufeld Altona-Tunnel (siehe Anlagen schematische Lagepläne „Schema SCT“ und „Schema STT“), in Fahrtrichtung Süden (Hannover) werden streckenspezifische Wirksamkeitsanforderungen verfolgt, die im Projekt simulativ mit dem Einfluss der Regellogik geprüft werden sollen:

- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung den aus Schleswig-Holstein kommenden Verkehr auf der A7 (ohne Geschwindigkeitsbeschränkung) derart harmonisiert, dass im Übergangsbereich zur stromabwärtigen Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit (in den Tunnelabschnitten) mit Regellogik Staus möglichst vermieden werden (präventiver Ansatz).
- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung im Fall bestehender Störungen im Schnelsen- oder Stellingentunnel zufließenden Verkehr temporär zurückhält, so dass sich die bestehenden Störungen in den Tunneln zügiger auflösen. Insbesondere im Fall von Staus in Tunneln, in deren Folge ein Fahrstreifen temporär gesperrt wird, soll die Auflösung der Staus mit Regellogik

beschleunigt und damit die Dauer der Fahrstreifensperrung reduziert werden (reaktiver Ansatz).

- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung den Verkehr der BAB A7 in Fahrtrichtung Süden stromaufwärts des Autobahndreiecks Hamburg-Nordwest (BAB A7/A23) harmonisiert und dosiert, so dass Verflechtungsvorgänge im Autobahnkreuz auf der A7 weniger Staus zur Folge haben (präventiver Ansatz) oder durch gezielte temporäre Zuflussminderung auf der BAB A7 stromaufwärts schneller aufgelöst werden (reaktiver Ansatz).
- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung die stromaufwärtigen Auswirkungen der Arbeitsstelle im Bereich Altona-Tunnel (mit Fahrstreifenreduktion und Geschwindigkeitsbeschränkung) reduziert, indem der Zufluss stromaufwärts in Fahrtrichtung Süden situativ auf die Leistungsfähigkeit dieser Engstelle angepasst wird (präventiver Ansatz).

Es sollen im Projekt geeignete Parameter der Regellogik im Rahmen der Simulation ermittelt werden. Im Projekt soll simulativ untersucht werden, ob und in welchem Maße die o.g. streckenspezifischen Wirksamkeitsanforderungen durch die Regellogik erfüllt werden. Der Vergleich der simulierten Regellogik soll außerdem mit dem aktuellen Stand der Technik gemäß MARZ auf Basis der archivierten Verkehrs- und Schaltdaten (siehe Anlagen) erfolgen, um belastbare Aussagen zum potenziellen Nutzen und zur Wirtschaftlichkeit zu erhalten. Im Rahmen des Projektes sollen insbesondere die absehbaren Herausforderungen bei der Integration neuer Steuerungs- und Regelungslogiken in bestehende Prozesse der Verkehrszentrale (VRZ) systematisch betrachtet werden – insbesondere mögliche Synergien und Konflikte zwischen etablierten und neuen Verfahren.

Die in diesem Projekt angestrebten Ergebnisse sind:

- der Vergleich einer neuen Regellogik beschrieben von HEGEWALD (2025) mit dem Stand der Technik hinsichtlich ihrer Wirkungspotenziale am Beispiel der o.g. Tunnelstrecke,
- die Analyse von Wechselwirkungen mit bestehenden Steuerungsprozessen, insbesondere im Hinblick auf funktionale Anpassungsbedarfe,
- sowie die Erarbeitung eines Lastenhefts als Grundlage für eine mögliche Pilotanwendung der Regellogik.

Ziel des Projektes ist die umfassende simulative Bewertung der Regellogik sowie eine ausschreibungsfähige Dokumentation der Regellogik in Form eines Lastenhefts exemplarisch für den Streckenabschnitt der BAB A7 in Fahrtrichtung Süden zwischen Betriebskilometer 137 bis 152 (Beginn der SBA-Strecke bis Beginn Arbeitsstelle Altona-Tunnel, siehe Anlage „Schematischer Lageplan“). An diesem Beispiel sollen die oben beschriebenen streckenspezifischen Wirksamkeitsanforderungen, wie die mögliche Stauvermeidung im Tunnel, die Verflechtung im Autobahnkreuz mit der BAB A 23 und die Effekte zur Reduktion der Dauer bzw. Häufigkeit von Fahrstreifensperrungen im Fall eines Staus im Tunnel, untersucht werden.

Der Nutzen des Projekts ist, die Lücke zwischen modelltheoretischer Entwicklung einer Regellogik aus Forschungsperspektive und realer Anwendung in einer Verkehrszentrale zu schließen.

TEIL B:

3. Leistungsgegenstand:

Gegenstand des Vertrages ist die Bearbeitung des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens unter Berücksichtigung der Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis¹. Dies umfasst im Wesentlichen

- die wissenschaftliche Bearbeitung des Themas in Abstimmung mit der AG,
- die organisatorische Durchführung des Projekts,
- die Teilnahme an projektbegleitenden Sitzungen in der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (ggf. online) unter Beteiligung eines Betreuerkreises,
- die fortlaufende Dokumentation des Projektfortschritts und der Projektzwischenenergebnisse
- die abschließende Dokumentation der Projektergebnisse in einem wissenschaftlichen Schlussbericht (< 150 Seiten) und eines separaten Lastenheftes in Vorbereitung einer potentiellen Pilotanwendung der untersuchten Regellogik in Abstimmung mit der AG.

4. Vorgehen

4.1. Mögliches Vorgehen

Der Auftragnehmer erhält zur Bearbeitung des Projektes archivierte Verkehrs- und Schaltdaten von ausgewählten Mess- und Anzeigequerschnitten auf der Hauptfahrbahn der A 7 für ausgewählte kurze Zeiträume ab Juli 2025. Der Ausschreibung liegt ein exemplarischer Auszug bei, der die Datenstruktur der im Projekt verfügbaren Schalt- und Verkehrsdaten veranschaulicht (Anlage SCT-Verkehrsdaten-251103.csv sowie SCT-Verkehrsdaten-251103-Beispiel.pdf und SCT-Schaltdaten-251103.csv sowie SCT-Schaltdaten-251103-Beispiel.pdf). Es werden keine Verkehrs- und Schaltdaten zu den Zu- bzw. Abflüssen der Anschlussstellen bzw. der A 23 zur Verfügung gestellt.

Die Untersuchung soll sich auf den Streckenabschnitt zwischen Beginn der SBA-Strecke in Schleswig-Holstein bis Beginn der Arbeitsstelle Baufeld Altona-Tunnel (siehe Anlagen schematische Lagepläne „Schema SCT“ und „Schema STT“), in Fahrtrichtung Süden (Hannover) beschränken.

Die Bereitstellung der Schalt- und Verkehrsdaten erfolgt durch Die Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung Nord in Abstimmung mit dem Auftragnehmer nach Projektbeginn. Zu diesem Zweck kommuniziert der Auftragnehmer der Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung Nord, seine Anforderungen an die Schalt- und Verkehrsdaten (Umfang/Zeiträume/Messquerschnitte) mit ausreichendem zeitlichen Vorlauf (mind. 4 Wochen). Die Projektkonzeption des Bieters soll sowohl Verzögerungen in der Datenbereitstellung als auch die (temporäre) Nicht-Verfügbarkeit von angeforderten Schalt- und Verkehrsdaten aus einzelnen Zeiträumen/Messquerschnitten berücksichtigen

Die Auswahl der Zeiträume sowie der konkreten Mess- und Anzeigequerschnitte auf der Hauptfahrbahn der A 7, für die dem Auftragnehmer Schalt- und Verkehrsdaten zum Zweck der Projektdurchführung zur Verfügung gestellt werden, erfolgt nach Projektbeginn durch Die Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung Nord (in Abstimmung mit dem Auftragnehmer). Der

¹ DFG-Kodex „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“, einsehbar z. B. unter <https://doi.org/10.5281/zenodo.6472827>

Auftragnehmer formuliert hierfür die projektspezifischen Anforderungen zur Auswahl der Zeiträume. Dabei wird vom Auftragnehmer berücksichtigt, dass der zu untersuchende Streckenabschnitt zwischen Beginn der SBA-Strecke in Schleswig-Holstein bis Beginn der Arbeitsstelle Baufeld Altona-Tunnel (siehe Anlagen schematische Lagepläne „Schema SCT“ und „Schema STT“), in Fahrtrichtung Süden (Hannover) liegt. Die Wahl der Zeiträume, für die Daten angefordert werden, berücksichtigt die streckenspezifischen Wirksamkeitsanforderungen: Es soll in der Simulation geprüft werden,

- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung den aus Schleswig-Holstein kommenden Verkehr auf der A7 (ohne Geschwindigkeitsbeschränkung) derart harmonisiert, dass im Übergangsbereich zur stromabwärtigen Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit (in den Tunnelabschnitten) mit Regellogik Staus möglichst vermieden werden (präventiver Ansatz).
- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung im Fall bestehender Störungen im Schnelsen- oder Stellingentunnel zufließenden Verkehr temporär zurückhält, so dass sich die bestehenden Störungen in den Tunneln zügiger auflösen. Insbesondere im Fall von Staus in Tunneln, in deren Folge ein Fahrstreifen temporär gesperrt wird, soll die Auflösung der Staus mit Regellogik beschleunigt und damit die Dauer der Fahrstreifensperrung reduziert werden (reaktiver Ansatz).
- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung den Verkehr der A7 in Fahrtrichtung Süden stromaufwärts des Autobahndreiecks Hamburg-Nordwest (A7/A23) harmonisiert und dosiert, so dass Verflechtungsvorgänge im Autobahnkreuz auf der A7 weniger Staus zur Folge haben (präventiver Ansatz) oder durch gezielte temporäre Zuflussminderung auf der A7 stromaufwärts schneller aufgelöst werden (reaktiver Ansatz).
- dass die Regellogik zusätzlich zum bestehenden Funktionsumfang der SBA- und Tunnelsteuerung die stromaufwärtigen Auswirkungen der Arbeitsstelle im Bereich Altona-Tunnel (mit Fahrstreifenreduktion und Geschwindigkeitsbeschränkung) reduziert, indem der Zufluss stromaufwärts in Fahrtrichtung Süden situativ auf die Leistungsfähigkeit dieser Engstelle angepasst wird (präventiver Ansatz).

Die seitens des Auftragnehmers im Projekt aufgestellten Anforderungen an Schalt- und Verkehrsdaten sollen auf das für die Erfüllung der Aufgabenstellung erforderliche Maß beschränkt und begründet sein. Im Angebot wird dies zum Beispiel in Form eines kompakten Datenbedarfskonzept (Zeiträume/Messquerschnitte/Backup bei Datenlücken) dargestellt, welches erkennen lässt, wie und auf welcher Grundlage der Datenbedarf im Projekt ermittelt wird.

Für die Simulation der Regellogik soll die funktionale Beschreibung der Regellogik von Hegewald (2025, S. 85-122) die Grundlage bilden. Der Auftragnehmer wählt hierfür eine geeignete Simulationsumgebung.

Bei der Konzeption der Bearbeitung sollen nachfolgende Aspekte berücksichtigt werden:

- (1) Literaturrecherche und Festlegung des Regelungsumfangs: Sichtung relevanter Fachliteratur zu Regellogiken für SBA, insbesondere zum Verfahren nach HEGEWALD (2025, S. 85-122) zur Definition des funktionalen Umfangs der zu simulierenden Regellogik unter Berücksichtigung bestehender Funktionalitäten der Unterzentralen (nach MARZ).

- (2) Funktionale Umsetzung und ggf. Weiterentwicklung der Regellogik nach Hegewald (2025, S. 85-122): Sollten sich im Zuge der Implementierung Unklarheiten oder fehlende Details zur Regellogik ergeben, sind diese durch geeignete Annahmen oder Konkretisierungen zu ergänzen. Erforderliche Weiterentwicklungen oder Präzisierungen sollen in Abstimmung mit dem Auftraggeber vorgenommen und nachvollziehbar dokumentiert werden. Ziel ist eine vollständige, funktionsfähige und validierte Umsetzung der Regellogik, die den Anforderungen der Simulation entspricht.
- (3) Konzeption der Simulation Entwicklung eines methodischen Rahmens für die Durchführung der mikroskopischen Simulation. Es werden seitens der Tunnelbetriebszentrale für ausgewählte Zeiträume zwischen Juli 2025 und Beginn des Projektes für relevante Störungsereignissen in Absprache mit dem AN die Schalt- und Verkehrsdaten (fahrstreifenbezogene Minutendaten, Beispiel siehe Anlage zur Ausschreibung) zur Verfügung gestellt (archiviert). Dies umfasst u.a.
- a. Modellierung der Strecke: Aufbau und Parametrierung eines Streckenmodells für den Autobahnabschnitt A7, hier Betriebskilometer 137 bis 152, in einer geeigneten mikroskopischen Simulationsumgebung und Integration der Mess- und Anzeigequerschnitte.
 - b. Kalibrierung und Validierung des Befolungs-/Fahrverhaltensverhaltens (für trockene Fahrbahn / offenporigen Asphalt) und der Verkehrsnachfrage für die Untersuchungszeiträume auf Basis der in Abstimmung bereitgestellten Verkehrs- und Schaltdaten
 - c. Implementierung der Regellogik nach Hegewald (2025, S. 85-122) bzw. Zugriff auf archivierte Schaltdaten in der Simulation je nach Simulationsszenario: Die Regellogik ist auf Basis der funktionalen Beschreibung (inkl. Programmablaufbilder und textlicher Erläuterungen) in einer mikroskopischen Verkehrssimulation umzusetzen.
 - d. Definition und Implementierung von Testfällen (ohne Witterungseinfluss): siehe streckenspezifische Wirksamkeitsanforderungen beschrieben in Abschnitt „Ziel/Nutzen“
 - e. Festlegung von Bewertungskriterien: Entwicklung geeigneter Kriterien zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit der Regellogik. Bei Bedarf systematische Betrachtung der Effekte unterschiedlicher Parameter der Regellogik auf die Wirksamkeitskriterien.
- (4) Durchführung aller Simulationsszenarien mit geeigneten Parametern gemäß Konzeption der Simulation: Bewertung der Regellogik anhand der definierten streckenspezifischen Wirksamkeitsanforderungen und Vergleich mit der bestehenden Schaltstrategie für den Autobahnabschnitt der A7 auf Basis der archivierten Schaltungen. Es werden seitens der Tunnelbetriebszentrale für ausgewählte Zeiträume die Schalt- und Verkehrsdaten (fahrstreifenbezogene Minutendaten, Beispiel siehe Anlage zur Ausschreibung) zur Verfügung gestellt. Die Simulationsergebnisse sind auf Basis mehrerer unabhängiger Zufallsstartwerte zu ermitteln, sodass die statistische Stabilität der Ergebnisse gewährleistet ist.
- (5) Analyse und Diskussion der Ergebnisse: Darstellung funktionaler Unterschiede sowie Unterschiede in der Wirksamkeit gegenüber dem Stand der Technik. Einordnung der streckenspezifischen Randbedingungen, sowie von Zuverlässigkeit, Stabilität und Robustheit und Zusammenwirken mit bestehenden Steuerungskonzepten nach MARZ und der Tunnelsteuerung.

- (6) Integration- und Inbetriebnahmeplanung für die Regellogik: Diskussion möglicher Integrationsschritte für die Regellogik in bestehende VRZ-Prozesse sowie Definition von Abbruchkriterien und relevante Verkehrsszenarien für eine mögliche Inbetriebnahmephase einer Pilotanwendung der neuen Regellogik.
- (7) Erstellung eines Lastenhefts: Ausarbeitung eines Lastenhefts für die Regellogik zur Unterstützung einer möglichen Pilotanwendung am Beispiel der simulierten Autobahnstrecke.
- (8) Dokumentation der Forschungsergebnisse: Fortlaufende Dokumentation sowie abschließende Aufbereitung der Ergebnisse in geeigneten Formaten (Abschlussbericht und ausschreibungsfähiges Lastenheft)

Die in diesem Projekt angestrebten Ergebnisse sind:

- der Vergleich einer neuen Regellogik beschrieben von HEGEWALD (2025) mit dem Stand der Technik hinsichtlich ihrer Wirkungspotenziale am Beispiel der o.g. Tunnelstrecke,
- die Analyse von Wechselwirkungen mit bestehenden Steuerungsprozessen, insbesondere im Hinblick auf funktionale Anpassungsbedarfe,
- sowie die Erarbeitung eines ausschreibungsfähigen Lastenhefts als Grundlage für eine mögliche Pilotanwendung der Regellogik.

4.2. Zwingendes Vorgehen/zwingende Anforderungen

Dabei ist zwingend zu berücksichtigen (Nichtberücksichtigung führt zum unmittelbaren Ausschluss vom Vergabeverfahren):

- der Leistungsgegenstand (siehe 3.) muss vollständig abgedeckt werden.
- Kostenrahmen darf inkl. 19% MwSt. max. 275.000,00 € betragen
- Die Analyse und Simulation sowie die Erstellung des Lastenhefts muss zwingend für den Streckenabschnitt zwischen Beginn der SBA-Strecke in Schleswig-Holstein bis Beginn der Arbeitsstelle Baufeld Altona-Tunnel (siehe Anlagen schematische Lagepläne „Schema SCT“ und „Schema STT“), in Fahrtrichtung Süden (Hannover) erfolgen.

4.3. Anforderung an die Übergabe der Projektergebnisse

4.3.1. Anforderungen an (Geo-)Daten

4.3.1.1. Grundsätzliche Datenanforderung:

- a. Daten sind grundsätzlich in elektronischer, maschinenlesbarer Form zu übergeben.
- b. Die Daten sind mittels Metadaten zu beschreiben (entsprechende Vorlagen können bei der AG angefordert werden).
- c. Es ist für jedes einheitsbehaftete Attribut eine Beschreibung inkl. SI-Einheit anzugeben.
- d. Die Daten sind grundsätzlich in offenen Formaten zu übergeben, z.B.:

- I. Daten (insb. Tabellendaten) mit geringer Tabellenanzahl sollten möglichst im CSV-Format² geliefert werden. Bei größerer Tabellenanzahl sollten die Daten in einer Datenbank (siehe II.) geliefert werden.
- II. Datenbanken sollten in Form einer SQLite/Spatialite-DB oder eines PostgreSQL/PostGIS pgDump (in SQL) geliefert werden³.
- e. Audio, Bild- oder Videodaten sind in offenen Formaten mit offenen Codecs zu übergeben.
- f. In Ergänzung zu den o.a. Datenformaten können die Daten auch in einem weiteren Übergabeformat übergeben werden.
- g. Große Datenmengen sollen mithilfe offener Programme komprimiert werden (z.B. mittels ZIP oder 7z).
- h. Die für die Datenverwendung durch die AG erforderliche Software sollte Open-Source-Software und/oder kostenfrei nutzbar sein. Falls dies nicht umsetzbar ist, ist dies vorab ggü. der AG zu begründen.

4.3.1.2. Anforderungen an georeferenzierte Daten (zusätzlich):⁴

- a. Geodaten (in Deutschland) sind grundsätzlich im amtlichen Lagereferenzsystem ETRS89/UTM32 (Nord), EPSG: 25832 zu liefern. Bei passenden nur regionalen Geodaten sind auch EPSG 25831 (ETRS89/UTM31) oder 25833 (ETRS89/UTM33) zugelassen.
- b. Bei Geodaten zum oder am klassifizierten Straßennetz (Autobahn, Bundesstraße, Landesstraße, Staatsstraße, Kreisstraße) ist zusätzlich die ASB-Referenz (Sektor, Station, Richtung etc.) zu liefern. Unterstützung zu entsprechenden Werkzeugen (o.a. Sample Code) können durch die AG bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.
- c. Datenformate: Bei zahlenmäßig wenigen Tabellen sind diese in offenen Formaten (z.B. als GeoJSON oder Geopackage, bei komplexerem Umfang in Abstimmung mit der AG in SQLite/Spatialite oder PostgreSQL/PostGIS-SQL-Dump) zu liefern.

Werden im Rahmen des Projektes Daten im Sinne des § 4 Abs. 1 Geodatenzugangsgesetz (GeoZG)⁵ an die AG übermittelt, so hat der AN diese „INSPIRE-konform“ aufbereitet zu übermitteln. Dies richtet sich nach dem folgenden Buchstaben:

- d. Weiterhin sollen für Daten, die in einer Karte bzw. kartografischen Darstellung angezeigt werden, entsprechende Symbolbeschreibungen (passend zu den gelieferten Datenstrukturen) im SLD-Format mitgeliefert werden (Berücksichtigung der INSPIRE-Richtlinie bzw. dem GeoZG).

4.3.2. Anforderungen an den wissenschaftlichen Schlussbericht

Der Inhalt des Schlussberichts ist mit der AG abzustimmen. Hierzu ist der AG ein vollständiger Entwurf des Schlussberichts drei Monate vor Projektabschluss zuzuleiten. Die nachfolgenden Anforderungen sind bereits bei Erstellung und Abgabe des Entwurfs zu berücksichtigen und zielen darauf ab, den Schlussbericht zeitnah nach Projektabschluss veröffentlichen zu können.

Für die Anfertigung der Berichte sind die Vorgaben zum Layout gemäß der „Anforderungen an die Erstellung von BAST-Forschungsberichten“ in der bei Vertragsabschluss geltenden Fassung zu berücksichtigen. Die BAST stellt ab Projektbeginn eine entsprechende Dokumentenvorlage zur Verfügung.

² Anmk. Semikolon als Trenner, Anführungszeichen als Text einschließen

³ Anmk. Struktur sollte min. der 3. Normalform nach Codd genügen

⁴ Georeferenzierung im Sinne der Zuweisung raumbezogener Informationen, insb. Koordinaten

⁵ Eine Hilfestellung für das Vorliegen von Daten i.S.d. § 4 Abs. 1 Nr. 4 GeoZG geben die Steckbriefe unter „<https://wiki.gdi-de.org/pages/viewpage.action?pageId=671678608>“

Bericht und ggf. Anhänge sind in elektronischer, maschinenlesbarer, editierbarer Form zu übergeben: z.B. docx, odf, indd.

Alle Bild- und Grafikdateien müssen als Einzeldateien in einem gängigen Format vorliegen (z.B. jpg, png, svg, tif)

Die gelieferten Dateien müssen soweit möglich barrierefrei sein. Dies umfasst insbesondere die folgenden Punkte:

- Zur Formatierung der einzelnen Bereiche müssen klassifizierte Formatvorlagen genutzt werden (z.B. müssen Überschriften, Textpassagen etc. entsprechend gekennzeichnet sein).
- Bilder: Alle Bilder/Grafiken müssen über Alternativtexte verfügen.
- Tabellen: Tabellen müssen als echte Tabellen im Dokument hinterlegt sein und nicht als Bilder. Tabellen dürfen nicht für Layoutzwecke genutzt werden.

Der Schlussbericht ist auf der Grundlage von Inhalten zu erstellen, die der AN **eigenständig**, d.h. ohne Nutzung von **Drittinhalten** (alle Bestandteile des FE-Ergebnisses, die ein Dritter entwickelt hat), entworfen hat. Soweit dies nicht möglich oder sinnvoll ist, dürfen nur solche Inhalte verwendet werden, an denen der AN die erforderlichen Rechte hat (insb. nach UrhG, MarkenG, DesignG und PatentG) und der AG auch einräumen kann. Insbesondere muss der AG die vertragsgemäße Nutzung dieser Drittinhalte möglich sein. Hierfür werden ihr von dem AN, an **eigenen Teilen und Drittinhalten**, einfache, zeitlich und örtlich unbeschränkte, unwiderrufliche, unkündbare, übertragbare und unterlizenzierbare Nutzungsrechte für gewerbliche und nicht gewerbliche Zwecke eingeräumt. Insbesondere darf die BAST den wissenschaftlichen Schlussbericht sowie dessen Anhänge auf der BAST-Website oder in Online-Repositoryen öffentlich wiedergeben. Sie darf den Bericht insbesondere auch erstveröffentlichen. Die BAST darf, beispielsweise als Teil der gedruckten Schriftenreihe, den Bericht vervielfältigen, verbreiten und ausstellen i.S.d. § 15 Abs. 1 UrhG.

Soweit Drittinhalte mit der vorgenannten Nutzung in Konflikt stehen, ist dies der BAST schriftlich anzuzeigen.

Eine durch den Einsatz von Drittinhalten für eine Verbreitung und Unterlizenzierung etwaig zu zahlende Vergütung erhöht in keinem Fall die Vergütung, die der Auftraggeber an den Auftragnehmer entrichtet.

4.4. Leistungen der BAST:

Für den unter Punkt 3 genannten Betreuerkreis können die Räumlichkeiten in der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen in Bergisch Gladbach im Rahmen der Verfügbarkeit kostenfrei genutzt werden.

Anlagen zur Ausschreibung:

- schematische Lagepläne „Schema SCT“ und „Schema STT“: Im Anhang finden Sie zwei PDFs (Schema-SCT.pdf und Schema-STT.pdf), die beginnend mit 4 Anzeigequerschnitten der SBA in Schleswig-Holstein die Tunnelkette Schnelsen und Stellingen bis zum Baufeld „Altona“ schematisch darstellen. In den Plänen steht immer Hannover als Fahrtrichtung, welches der Fahrtrichtung Süden entspricht. Die Lage und Bezeichnung der Mess- und Anzeigequerschnitte ist mit Bezug auf die Betriebskilometrierung abgebildet.
- Exemplarischer Verkehrsdatenauszug (SCT-Verkehrsdaten-251103.csv und SCT-Verkehrsdaten-251103-Beispiel.pdf): umfasst Fahrstreifenbezogene minütlich gemittelte

Verkehrsdaten zu Belegungsgrad, Kfz-Verkehrsstärke, Lkw-Verkehrsstärke und Geschwindigkeit von Pkw- und Lkw-ähnlichen Fahrzeugen.

- Exemplarischer Schaltdatenauszug (SCT-Schaltdaten-251103.csv und SCT-Schaltdaten-251103-Beispiel.pdf) zum Zustand der Wechselverkehrszeichen

TEIL C:

5. Anforderungen an die Gestaltung des Angebots:

5.1. Gliederung

Bitte gliedern Sie Ihr Angebot wie folgt:

1. Stand der Wissenschaft und Technik, Literaturangaben
2. Gesamtziel
3. Vorgehen
4. Organisation
5. Meilenstein- und Zahlungsplan
6. Erläuterungen zur Kalkulation und zum Zahlungsplan

5.2. Inhaltliche Anforderungen

Bitte beschreiben Sie ausführlich und in eigenen Worten Ihre favorisierte wissenschaftliche Herangehensweise. Bitte gehen Sie dabei insbesondere ein auf

- Problemfeld und Zielsetzung
- Allgemeine Projektkonzeption
- Fachliche Projektkonzeption
- Projektorganisation

5.3. Organisatorische Anforderungen

Bitte beschreiben Sie außerdem die organisatorische Durchführung des Projekts und gehen Sie dabei insbesondere auf folgende Punkte ein:

- Zeitplanung

Bitte beachten Sie, dass im Rahmen der Zeitplanung Termine für Projektstart, Projektlaufzeit, die Abgabe von Berichten sowie Sitzungen eingeplant und angeboten werden müssen.

Der Projektstart soll möglichst zeitnah nach Zuschlagserteilung erfolgen. Im Hinblick auf die Einhaltung der Zeitplanung soll dem Fachbetreuer zum Projektstart ein aktualisierter, monatscharfer Zeitplan vorgelegt werden, der neben den Berichtsterminen auch Vorschläge für die geplanten Besprechungen enthält. Abweichungen von der Zeitplanung sollen frühzeitig kommuniziert werden.

Es wird empfohlen, bei der Zeitplanung hinreichende Rücklaufzeiten für Abfragen von Daten und Unterlagen zur Untersuchungsstrecke bei Dritten zu berücksichtigen. Es sind zudem Vorlaufzeiten für die Einladungen zu den Terminen zu berücksichtigen.

Die Projektlaufzeit soll nach Möglichkeit 15 Monate nicht überschreiten.

- Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten und Sitzungen
Unmittelbar nach dem Projektbeginn soll eine Startbesprechung in der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen stattfinden. Weitere Sitzungen sind online möglich.

Zudem soll das Projekt von einem forschungsbegleitenden Ausschuss (Betreuerkreis) betreut werden; hierzu sollen nach Erreichen der Zwischenergebnisse Besprechungen und Präsentationen (in der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen oder online) eingeplant und angeboten werden.

- Dokumentation
Bitte beachten Sie, dass die Forschungsergebnisse laufend dokumentiert und nach dem Erreichen von Zwischenergebnissen in Form von Zwischenberichten vorgelegt werden sollen. Termine sollen im Projektverlauf eingeplant und angeboten werden.
Zum Projektende ist ein wissenschaftlicher, veröffentlichungsfähiger Schlussbericht zu verfassen. Die Entwürfe der Schlussberichtsunterlagen (inkl. ausschreibungsfähigem Lastenheft) sollen spätestens 3 Monate vor Projektende vorgelegt werden. Sie sollen in Form und Inhalt einem veröffentlichungsfähigem Schlussbericht entsprechen und können in Abstimmung mit der AG überarbeitet werden.
- Dokumentation und Übergabe weiterer FE-Ergebnisse
Zusätzlich zum Abschlussbericht soll die Abgabe eines Lastenheftes für die pilothafte Erprobung der Regellogik auf Basis der im Rahmen der Projektlaufzeit ausgewerteten Daten sowie durchgeführten Arbeiten zum Abschluss der Projektlaufzeit erfolgen.
- Maßnahmen zur Qualitätssicherung
Mit dem Angebot ist ein Konzept vorzulegen, welche Maßnahmen ergriffen werden sollen, um Folgendes sicherzustellen:
 - Einhaltung der Zeitplanung, insb. bei Prozessen mit hohem Abstimmungsaufwand,
 - eine gute wissenschaftliche Qualität der Ergebnisse sowie
 - eine gute sprachliche und redaktionelle Qualität der Berichte.
 - Zur Sicherstellung einer guten wissenschaftlichen und sprachlichen Qualität der Ergebnisse und des Berichts sollen neben den Projektbearbeitenden weitere Personen (z. B. Fachkolleginnen und -kollegen und/oder Lektorinnen und Lektoren) eingesetzt sowie die Qualitätssicherung in der Zeitplanung berücksichtigt werden.
- Ressourcenplanung
Bitte beschreiben Sie die Verteilung der Personal- und Sachmittel auf die einzelnen Arbeitspakete.

5.4. Finanzielle Abwicklung

Für die Leistungen soll ein Festpreis vereinbart werden (Projektpreis auf Seite 1 des Angebotsformulars, Liste der Vergabe- und Vertragsunterlagen Nr. 2).

Die Vereinbarung von Abschlagszahlungen i. S. d. § 17 Nr. 2 VOL/B ist möglich. Die Vereinbarung von Abschlagszahlungen setzt den Empfang einer entsprechenden Gegenleistung (z. B. Dokumentation von Zwischenergebnissen) voraus und darf maximal dem Wert der empfangenen Leistung entsprechen. Zur Vereinbarung entsprechender Abschlagszahlungen fügen Sie dem Angebot einen Meilenstein- und Zahlungsplan bei, der die o. g. Voraussetzungen berücksichtigt und mindestens folgende Informationen enthält:

- Bezeichnung des Meilensteins
- kurze Beschreibung des zugehörigen Leistungsinhalts
- Form des Ergebnisses
- Höhe der Abschlagszahlung netto/brutto
- Zusammensetzung des Abschlags hinsichtlich Personalkosten inkl. Gemeinkosten, Sachkosten, Fremdleistungen und Reisekosten
- Zeitpunkt für die Erreichung des Meilensteins

Der letzte Meilenstein muss die Erstellung und Vorlage der Schlussberichtsunterlagen enthalten. Für diese Leistungen müssen mindestens 5 % der Angebotssumme berücksichtigt werden. Die Zahlungsfrist für die Schlussrechnung beginnt erst mit Abnahme des Schlussberichtes (vgl. § 17 i.V.m § 13 VOL/B).

Wird (ggfs. auch auf Nachforderung) kein Meilenstein- und Zahlungsplan vorgelegt, wird die Leistung grundsätzlich erst bei Projektabschluss (nach Abnahme des Schlussberichtes) vergütet.

Sollte gem. VOPR 30/53 ausnahmsweise die Vereinbarung eines Selbstkostenpreises erforderlich sein, so sind die Leistungen entsprechend der Vorgaben der Leitsätze für die Vereinbarung von Preisen aufgrund von Selbstkosten (LSP) zu kalkulieren. Auf Anforderung des Auftraggebers ist die Kalkulation hinsichtlich der Zusammensetzung des Gesamtpreises sowie der Zusammensetzung der Teilleistungen entsprechend aufgeschlüsselt vorzulegen.

6. Quellen:

BAST, 2012. Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

BAST, 2018. Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

FGSV, 2025. Arbeitspapier zu Regelungslogiken in der Streckenbeeinflussung. Köln: Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

Frejo, J. R. D. & De Schutter, B., 2018. A logic-based speed limit control algorithm for Variable Speed Limits to reduce traffic congestion at bottlenecks. Miami Beach, FL, USA, IEEE Conference on Decision and Control (CDC).

- Hegewald, J., 2025 Konzeption einer algorithmischen Einbindung neuer Regellogiken in die Funktionsbereiche von Streckenbeeinflussungsanlagen. Aachen: Lehrstuhl und Institut für Straßenwesen (ISAC), RWTH Aachen, verfügbar unter <https://publications.rwth-aachen.de/record/1020776/files/1020776.pdf>
- Hegy, A. & Hoogendoorn, S. P., 2010. Dynamic speed limit control to resolve shock waves on freeways – Field test results of the SPECIALIST algorithm. Annual Conference on Intelligent Transportation Systems.
- Schwietering, C., Maier, F., Hakenberg, M., Pyta, L. & Abel, D., 2021. Streckenbeeinflussungsanlagen – Entwurf eines regelungstechnischen Modells zur verbesserten Harmonisierung des Verkehrsablaufs. Bergisch Gladbach: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft V 338.