



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen

Data storage in tunnel process control systems

Enregistrement des données de systèmes de supervision de tunnels

Amstein + Walthert Progress AG

Stephen Lingwood, Dipl. El. Ing. ETH
David Stokar, Dipl. Inf. Ing. ETH
Michael Moser, MSc. Geographie UZH

Forschungsauftrag VSS 2010/205_OBF auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen

Data storage in tunnel process control systems

Enregistrement des données de systèmes de supervision de tunnels

Amstein + Walthert Progress AG

Stephen Lingwood, Dipl. El. Ing. ETH
David Stokar, Dipl. Inf. Ing. ETH
Michael Moser, MSc. Geographie UZH

Forschungsauftrag VSS 2010/205_OBF auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Stephen Lingwood, Amstein + Walthert Progress AG

Mitglieder

Michael Moser, Amstein + Walthert Progress AG

David Stokar, Amstein + Walthert Progress AG

Federführende Fachkommission

Fachkommission 2: Projektierung

Begleitkommission

Präsident

Jean-Michel Ritzenthaler

Mitglieder

Cédric Joseph

Hans Meier

Markus Schuler

Stefan Wenger

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	9
	Summary	11
1	Einleitung	13
1.1	Ziele.....	13
1.2	Fragestellung.....	14
1.3	Schichtenmodell.....	14
1.4	Stellenwertstufen	18
1.5	Datenintegrität.....	20
1.6	Abgrenzung	20
1.7	Aufbau der Arbeit.....	21
2	Theoretische Grundlagen	23
2.1	Schicht der Anwendungsprozesse.....	23
2.2	Schicht der Benutzeroberflächen.....	31
2.3	Schicht der Programmierschnittstellen.....	38
2.4	Schicht der Örtlichkeiten	42
3	Methodik	53
3.1	Ziel.....	53
3.2	Lückenanalyse	53
3.3	Auswahl der stereotypen Anwendungen.....	55
3.4	Aufbau	57
4	Resultate	60
4.1	Stereotyper Anwendungsfall A: Integrationstest.....	60
4.2	Stereotyper Anwendungsfall B: Brandalarm.....	69
4.3	Stereotyper Anwendungsfall C: Auswertung Energie.....	78
4.4	Massnahmen zur Optimierung.....	87
5	Schlussfolgerungen	91
5.1	Umsetzung der Massnahmen.....	91
5.2	Beantwortung der Fragestellung.....	92
5.3	Empfehlungen und Handlungsbedarf.....	93
5.4	Ausblick	94
	Abkürzungen	95
	Literaturverzeichnis	97
	Projektabschluss	98
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	102

Zusammenfassung

Die bestehenden Tunnel-Prozessleitsysteme besitzen im Bereich der Ablage von Prozessdaten ein bisher ungenutztes Optimierungspotential. Die vorliegende Forschungsarbeit zeigt auf, dass dieses Potential durch den effizienteren Einsatz von Speichertechniken erschlossen werden kann.

Die Ablage von Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen präsentiert sich heute mehrheitlich dezentralisiert und birgt aus heutiger Sicht ein Potential zur weiteren Koordination und Effizienzsteigerung. Dahingegen hat sich im Dienstleistungsumfeld, das ebenfalls mit einem grossen Datenvolumen konfrontiert ist, eine koordinierte und zentralisierte Variante im Umgang mit Daten durchgesetzt. In dieser Forschungsarbeit wird untersucht, ob im Umfeld der Tunnel-Prozessleitsysteme ebenfalls eine Optimierung durch einen effizienteren Einsatz von Speichertechnik möglich ist.

Eine Möglichkeit zu optimieren besteht darin, die Speichertechnik noch besser an die technischen Anforderungen der Prozessdaten anzupassen. Als Instrument zur Optimierung wurde ein Stellenwertstufen-Modell entwickelt, welches es erlaubt, Prozessdaten auf Grund ihrer Eigenschaften wie Transaktionszuverlässigkeit und Transaktionsgeschwindigkeit zu beurteilen. Je höher diese Eigenschaften bewertet werden, desto höher ist die Stellenwertstufe. Mit diesem Instrument kann eine effizientere Speichertechnik abgeleitet werden.

Die Analyse hat ergeben, dass die untersuchten Tunnel-Prozessleitsysteme Prozessdaten aus heutiger Sicht meist nicht mehr mit der effizientesten Speichertechnik behandeln. Interessanterweise wurde bei allen Systemen ein ähnliches Optimierungspotential entdeckt, nämlich, dass die Daten tendenziell mit einer zu hohen und damit zu aufwändigen Stellenwertstufe behandelt werden. Diese Feststellung ermöglichte die Herleitung von drei Massnahmen, die bei allen heutigen und neuen Systemen umsetzbar sind:

- Die Kommunikation zwischen dem Tunnel-Prozessleitsystem und dem Arbeitsplatz in der Zentrale soll mit einer geringeren Stellenwertstufe als heute üblich, behandelt werden.
- Das Auslösen eines automatischen Reflexes soll auf eine Art und Weise gespeichert werden, welche eine Manipulation der Daten verunmöglicht.
- Das Abfragen von statistisch relevanten Daten soll mit der tiefst möglichen Stellenwertstufe behandelt werden.

Die obigen Massnahmen wurden so gewählt, dass das vorhandene Potential bereits grösstenteils erschlossen wird. Die Frage, ob für die Datenablage ein zentraler Ansatz wie im Dienstleistungsumfeld gewählt oder der bisher verwendete dezentrale Ansatz verwendet werden soll, kann und muss nicht abschliessend beantwortet werden. Es wird deutlich, dass der Aufwand die Speichertechnik anzupassen, den Nutzen bei bestehenden Tunnel-Prozessleitsystemen übersteigt. Allerdings kann bei Systemen, die sich in der Planung befinden, dieses Potential genutzt und die vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt werden.

Es wird empfohlen, bei der Konzeption von Tunnel-Prozessleitsystemen die Ablage von Prozessdaten mit der Anwendung der drei hergeleiteten Massnahmen effizienter zu planen und umzusetzen.

Résumé

Le stockage de données de processus présente un potentiel d'optimisation dans le domaine des systèmes de supervision et de commande des tunnels. Ce présent travail de recherche montre que ce potentiel peut être exploité grâce à une mise en œuvre plus efficace des techniques de stockage.

Le stockage de données de processus des systèmes de supervision et de commande des tunnels est aujourd'hui majoritairement réalisé de manière décentralisée et présente un potentiel de coordination et d'amélioration de l'efficacité. On observe par ailleurs qu'une variante de stockage centralisée s'est profilée dans le paysage de la fourniture de services. Dans ce travail, on a analysé la possibilité, dans domaine des systèmes de supervision et de commande des tunnels, de l'optimisation du stockage au moyen d'une mise en œuvre efficace.

Une des possibilités réside dans une meilleure adaptation des techniques de stockage en regard des exigences techniques posées par les divers types de données de processus. Un modèle de niveaux de priorités a été développé à ces fins. Il permet de classer les données de processus en fonction de caractéristiques telles que la sûreté ou la vitesse de transaction. Plus ces caractéristiques ont une importance, plus haute est le niveau de priorité. Avec cet instrument de modélisation, il est possible de dériver une proposition de technique de stockage plus efficace.

L'analyse reflète que les systèmes de supervision et de commande des tunnels étudiés ne gèrent pas les données de processus avec les techniques de stockage les plus efficaces. Il est intéressant de constater la tendance, dans tous les systèmes examinés, à donner un niveau d'importance trop élevé aux données. Ce constat a conduit à la formulation de trois mesures, qui peuvent être mises en œuvre dans tous les systèmes existants ou nouveaux:

- La communication entre les systèmes de supervision et de commande et les postes de travail dans les centrales doit être traitée avec un niveau de priorité inférieur à celui employé aujourd'hui.
- Les données concernant le déclenchement d'un réflexe automatique doivent être enregistrées d'une manière qui empêche toute manipulation.
- Les requêtes de données à des fins statistiques doivent être traitées avec le niveau de priorité le plus bas possible.

Ces mesures ont été choisies afin d'exploiter dès à présent ce potentiel d'optimisation. La question du stockage centralisé, comme dans le domaine des services, ou du stockage décentralisé, comme actuellement mis en œuvre dans les systèmes de supervision des tunnels, ne peut ni ne doit être conclue définitivement. Il est clair que la rentabilité de l'effort de modification des systèmes existants n'est pas donnée. Pour les systèmes en phase de planification, les mesures peuvent en revanche être appliquées aisément, avec effet immédiat.

Il est par conséquent conseillé de généraliser, en phase de planification et de conception, la prise en compte des trois mesures citées plus haut.

Summary

Existing tunnel control systems have an unused potential for optimizing data storage. This study reveals that this potential can be unlocked by a more efficient use of data storage technology.

Today's data storage in tunnel control systems is predominantly decentralised and has a potential for further coordination and efficiency enhancement. Regarding the storage of large data volumes, the service sector has already developed a coordinated and centralised handling in recent years. The aim of this study is to examine whether such an optimization can be reached by a more efficient use of data storage technology.

One possible way of optimizing is to adapt storage technology to the technical requirements of process data more accurately. The developed status level model combines characteristics of process data, such as transaction reliability and transaction velocity, in order to evaluate a more efficient data storage technology. The more important these characteristics are the higher is the status level.

The analysis revealed that current tunnel control systems do not use today's most efficient storage technology. Interestingly, in all examined systems the discovered potential for optimization is similar: Process data are handled with a status level that is too high. This fact allows the derivation of three measures that can be implemented in current and future tunnel control systems:

- Communication between the tunnel control system and the workstation can be approached with a lower status level.
- Triggering of tunnel reflexes needs to be stored in a way that data manipulation is impossible.
- The query of statistical data should be approached with the lowest possible status level.

The proposed measures unlock the main part of the existing potential. Whether data should be stored centralised as in the service field or decentralised as done so far can not be answered conclusively. It is made clear that the effort to adapt storage technology in current tunnel control systems exceeds its benefit. However, systems that are being planned can implement the proposed measures and make use of the existing potential.

It is therefore recommended to plan the storage of process data more efficiently by including the three derived measures.

1 Einleitung

Der Zugriff auf die Prozessdaten¹ spielt nicht nur bei der Untersuchung von Ereignisfällen in den Tunnels (z.B. Unfall, Brand, Systemausfall) eine Rolle. Jederzeit müssen die Ereignisfolgen mittels Daten in den Tunnel-Prozessleitsystemen rekonstruiert werden können. Das heisst, jede Handlung und jede Abweichung vom Normalzustand der Anlagen in den Tunnels werden in einer Form automatisch festgehalten, beispielsweise die Zustandsüberwachungen, die Schaltungen und die Konfigurationsänderungen auf Grund von Grenzwertüberschreitungen oder Ereignissen. Diese Datenflüsse², deren Verwaltung, Auswertung und Archivierung heute in der Praxis eher zu dezentral und unkoordiniert erfolgen, bilden den Forschungsgegenstand dieser Arbeit.

Das Dienstleistungsumfeld (z.B. Banken, Versicherungen) war vor 10 Jahren mit einer ähnlichen Situation konfrontiert. Heute hat sich eine koordinierte und zentralisierte Realisierung für Datenflüsse, deren Verwaltung, Auswertung und Archivierung durchgesetzt. Ein strategisches Ziel im Bereich der Datenablage ist daher die kontinuierliche Optimierung. Massnahmen dazu sind beispielsweise die Minimierung der technischen Übererfüllung der effektiven Anforderungen an die Speicherung der Daten durch den Einsatz von zu aufwändiger und zu teurer Speichertechnik. Dazu wird eine Maximierung der Koordination der Anforderungen an die Daten mit den Anforderungen an die Speichertechnik sowie die physische Zentralisierung der Speichertechnik angestrebt.

Der Zweck dieser Arbeit ist zu beurteilen, ob sich das Ziel der Optimierung im Bereich der Speichertechnik im Umfeld der Tunnel-Prozessleitsysteme ebenfalls erreichen lässt und relevante Vorteile bietet. Als Ausgangslage der Betrachtung dient der heutige Tunnel inklusive der Betriebs- und Sicherheitsausrüstung (BSA). Die BSA erfüllt unterschiedliche, den lokalen Gegebenheiten des Tunnel angepasste Aufgaben wie z.B. die Beleuchtung, die automatische Bildauswertung, die Belüftung, etc. Die BSA kann dabei einerseits autonom und andererseits zentral über ein sogenanntes übergeordnetes Leitsystem (UeLS) gesteuert werden. Das Tunnel-Prozessleitsystem ist dabei ein Teil des UeLS. Die heutige Heterogenität in der technischen Realisierung von Tunnel-Prozessleitsystemen ist das Ergebnis von einerseits historisch gewachsenen technischen und organisatorischen Anforderungen an die Tunnel und andererseits von der Vielfalt der Lieferanten und deren Lösungen. Weiter stellt die unterschiedliche Lebensdauer von BSA von 15-20 Jahren sowie der Leittechnik von 5-15 Jahre im Verhältnis zu den Innovationszyklen in der Speichertechnik von wenigen Jahren eine weitere Herausforderung dar.

Die Meilensteine der Arbeit umfassen die Erarbeitung einer Theorie und einer Methodik, um das relevante Optimierungspotential im Prozessdatenbereich zu beschreiben und zu identifizieren. In einem weiteren Schritt wird die Methodik getestet und zusammen mit Experten auf vier heutige Tunnel-Prozessleitsysteme angewendet. Es wird ein Ausblick gegeben, ob sich eine Erhöhung der Effizienz und Zentralisierung der Datenablage in Tunnel-Prozessleitsystemen in naher Zukunft besser realisieren lässt.

1.1 Ziele

Die Motivation für eine Optimierung der technischen Lösung der Ablage der Prozessdaten von Tunnel-Prozessleitsystemen ist das Senken des Aufwandes für die Errichtung und den Betrieb. Gesucht ist somit die effizienteste technische Speicherlösung, die die umfangreichen Anforderungen eines Tunnel-Prozessleitsystems erfüllt. Die Suche nach Möglichkeiten zur Optimierung soll systematisch erfolgen und für Dritte nachvollziehbar sein. Da eine solche Optimierungsmethodik im Bereich Datenablage in Tunnel-

¹ Prozessdaten in Tunnel-Prozessleitsystemen entstehen in automatisierten, technischen Prozessen durch Sensoren und Aktoren und dienen der Steuerung oder Überwachung der physischen Welt.

² Datenflüsse beschreiben die Übertragung von Datensätzen von beispielweise einem Messinstrument an ein Speicher- oder Auswertungsgerät. Der Datenfluss funktioniert selbstständig und ohne manuelle Tätigkeit des Menschen.

Prozessleitsystemen bisher nicht existiert, ist ein Ziel dieser Arbeit eine solche zu entwickeln, zu dokumentieren und anzuwenden. Die Optimierungsmethodik für die Ablage von Prozessdaten soll darauf zielen, optimierte zukünftige Lösungsvarianten (Soll-Anforderungen) zu beschreiben und einen nachvollziehbaren Abgleich mit bestehenden Tunnel-Prozessleitsystemen (Ist-Situation) zu ermöglichen. Ein Nebenprodukt der Methodik soll sein, die bestehende gemeinsame Sprache im Bereich der Tunnel-Prozessleitsysteme um definierte neue Begriffe zum Spezialthema der Ablage von Prozessdaten zu erweitern. Weiter sollen Massnahmen erarbeitet werden, die den Einsatz heutiger Speichertechniken optimieren und eine Aussage über deren Praxistauglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit erlauben.

Die konkreten Ziele umfassen das Erarbeiten einer Ist-Situationsanalyse, von künftigen Soll-Anforderungen, von technischen Lösungsvarianten sowie die Verwertbarkeit der Ergebnisse als Grundlage für eine Richtlinie. Die Betrachtung der Ist-Situation ermöglicht dabei eine Aussage über die sich in der Schweiz im Einsatz befindenden Tunnel-Prozessleitsysteme bezüglich der Ablage von Prozessdaten. Die Soll-Anforderungen beziehen Kriterien wie Praxistauglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit mit ein.

1.2 Fragestellung

Aus den obigen Zielsetzungen dieser Arbeit können drei generelle, zusammenhängende Fragestellungen abgeleitet werden:

1. **Existenz eines Optimierungspotentials.** Existiert effektiv in der heutigen Ist-Situation der Tunnel-Prozessleitsysteme ein Potential durch optimalere Anwendung von Speichertechniken?
2. **Beantwortbarkeit der obigen Frage.** Sofern ein Optimierungspotential vorhanden ist, kann es mit vertretbarem Aufwand bestimmt werden und ist die entwickelte Optimierungsmethodik dazu geeignet?
3. **Machbarkeit Massnahmen zur Realisierung.** Sind die Massnahmen, zwecks Erreichung der Optimierung aus Sicht Praxistauglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit sinnvoll?

Eine Verfeinerung der Fragestellung findet sich in den jeweiligen Unterkapiteln des Theorieteils (Kapitel 2). Die Beantwortung der Fragestellungen erfolgt in Zusammenarbeit mit Eignern und Lieferanten von bestehenden Tunnel-Prozessleitsystemen.

1.3 Schichtenmodell

Ein vereinfachtes Modell eines Tunnel-Prozessleitsystems dient als Referenz in dieser Forschungsarbeit und ist im nächsten Abschnitt beschrieben. Die Terminologie ist ein Teil des Modells. Es ermöglicht unter anderem die Nachvollziehbarkeit von den für die Analyse relevanten Quelle-Senke-Beziehungen von Datenflüssen innerhalb eines Tunnel-Prozessleitsystems.

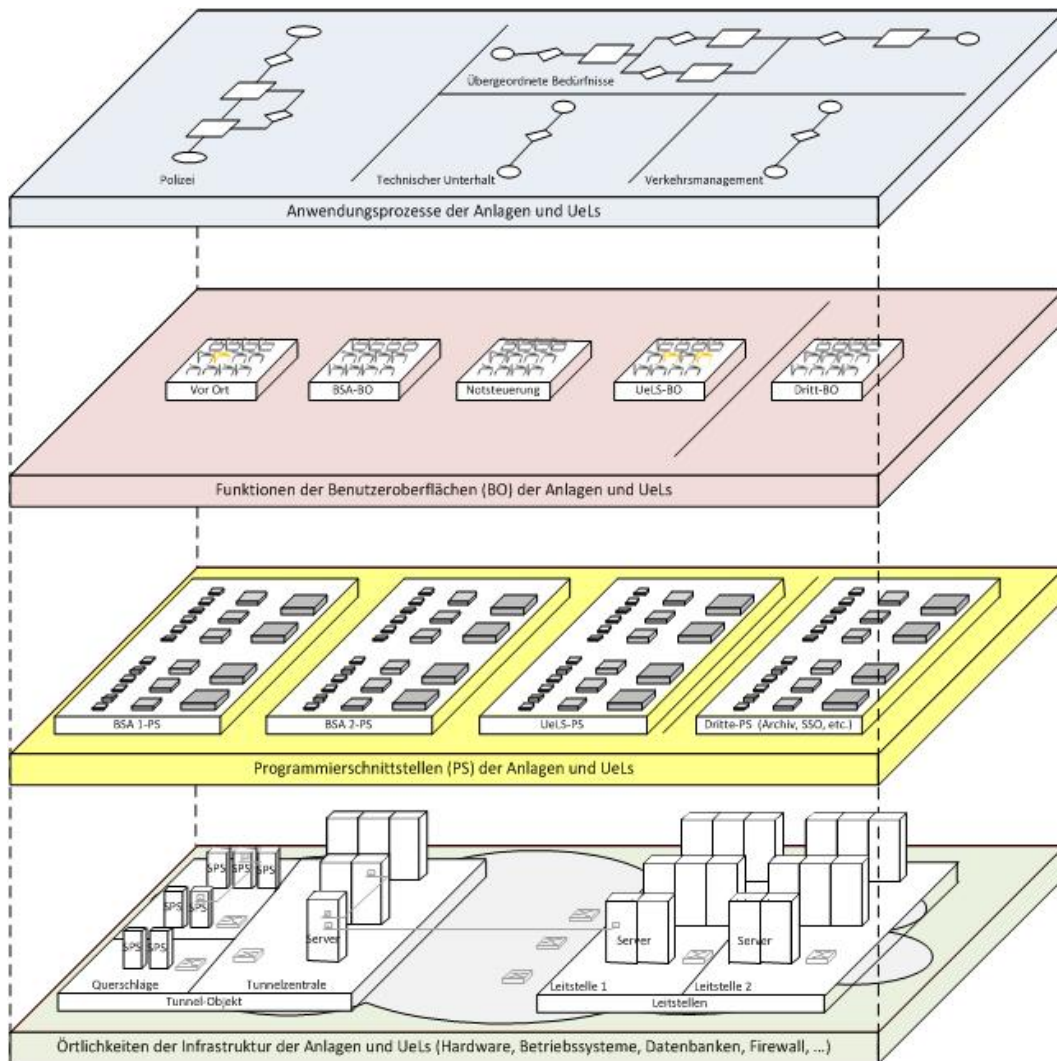


Abb. 1: Schichtenmodell der Anwendungsprozesse, Funktionen der Benutzeroberflächen, Programmierschnittstellen und Örtlichkeit der Anlagen und UeLS

Die obige Abbildung zeigt vereinfacht das Leittechnik-Schichtenmodell wobei die Schichten nicht den Hierarchieebenen eines Prozessleitsystems entsprechen. Das Schichtenmodell ist eine Adaption auf die Leittechnik und BSA vom Vorgehensmodell IT-Risikoanalyse des Fachstabs für Informatik der Treuhand-Kammer der Schweiz (Bitterli & Steuri, 2010). Es besteht analog aus vier Schichten:

Anwendungsprozesse der Anlagen und UeLS. In der obersten Schicht befinden sich alle wesentlichen (manuellen) Geschäftsprozesse / Anwendungsfälle im Bereich des Tunnel-Prozessleitsystems. Typischerweise entstehen diese Prozesse aus einer übergeordneten Strategie mit den Zielen für die Organisation. Die Prozesse können einerseits nach Organisationen, Unterprozessen und Interaktionen mit dem Tunnel-Prozessleitsystem und andererseits nach fachlicher und finanzieller Verantwortlichkeit klassifiziert werden.

Funktionen der Benutzeroberflächen der Anlagen und UeLS. In der zweiten Schicht befindet sich die oberste Schicht der automatisierten Teile der Geschäftsprozesse / Anwendungsfälle. Dies sind die Benutzeroberflächen von Tunnel-Prozessleitsystemen. Sie sind ein Teil der BSA sowie ein Teil des UeLS. Die Grösse einer Organisation (z.B. Personal, Anzahl Standorte) sind Rahmenbedingungen, die über den Anteil von automatisierten Geschäftsfällen / Anwendungsfällen entscheidet und den Umfang der Anwendungen vorgibt. Eine kleine Organisation bietet die Möglichkeit, dass alle Operatoren der verschiedenen Unterorganisationen an einem gemeinsamen Standort arbeiten. Für den

Anwendungsfall des sicheren Übersteuerns einer BSA kann die Absicherung mündlich abgesprochen werden. In einer grossen Organisation mit verschiedenen Standorten ist die mündliche Absprache nur telefonisch möglich und daher unsicher. Die Absicherung muss daher oftmals durch zusätzliche Funktionalität durch das UeLS sowie der involvierten BSA garantiert werden.

Programmierschnittstellen der Anlagen und UeLS. Die dritte Schicht umfasst die Programmierschnittstellen der verschiedenen BSA und des UeLS. Die Tunnel-Prozessleitsysteme zeichnen sich durch eine grosse Vielfalt möglicher IT-Plattformen auf denen die Benutzeroberflächen und BSA-Anwendungen aufbauen und laufen aus. Die meisten Anbieter passen für die Realisierung eines Tunnel-Prozessleitsystems die Oberflächen an die jeweiligen Rahmenbedingungen an und verwenden die gleichen BSA- oder UeLS-Basissysteme wieder. Der Datenfluss in dieser Schicht wird als logischer Datenfluss bezeichnet.

Örtlichkeiten der Infrastruktur der Anlagen und UeLS. In der untersten Schicht befinden sich die physischen Anlagen der BSA und UeLS-Infrastruktur. Die Infrastruktur umfasst die Hardware (speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), Server, und Industrie-PCs) und das Kommunikations-Netzwerk mit seinen Komponenten sowie technischen Überwachungssystemen. Der in dieser Schicht ablaufende Datenfluss wird als physischer Datenfluss bezeichnet.

Das Schichtenmodell wird nun auf das Szenario eines Integrationstests angewendet. Anhand des Beispiels soll die praktische Umsetzung des theoretischen Modells gezeigt und so das Verständnis für einzelnen Schichten und das Modell insgesamt vertieft werden.

In der Abbildung 2 ist das Szenario Integrationstest mit farbigen und nummerierten Pfeilen eingezeichnet. Dabei überprüft der Planer die Integration einer neuen Notruftelefonanlage (NT). Zuerst drückt ein Mitarbeiter im Tunnel den Sprechknopf einer NT (1). Die NT sendet eine Meldung an das UeLS, wodurch ein Operator in der Leitzentrale wenig später sieht, dass der Knopf gedrückt wurde (2, 3, 4, 8, 10). Gleichzeitig mit dem Absenden der Meldung an das UeLS wird ein Reflex ausgelöst und die Signalisation (SIG) auf der entsprechenden Fahrspur beginnt zu blinken (5). Die erfolgreiche Umsetzung des Reflexes wird ebenfalls an das UeLS gemeldet (6, 7, 9, 10).

Wie in Abbildung 2 ersichtlich wird, spielen die Schichten der Anwendungsprozesse und der Funktionen der Benutzeroberflächen³ für den Datenfluss eine untergeordnete Rolle. Sie dienen lediglich der Beschreibung der Organisation und der Oberfläche, die im Laufe des Szenarios verwendet werden. Im Beispiel ist dies ein Mitarbeiter des Planers, der den Sprechknopf vor Ort der Notruftelefonanlage drückt (1, 2) und so zwei Meldungen in Form von Datenflüssen auslöst und ein Operator in der Leitzentrale, der die ausgelösten Meldungen über die Benutzeroberfläche des UeLS erhält (8, 9, 10). Der Datenfluss (3 - 7) findet auf den unteren beiden Schichten statt. Der Datenfluss in der Schicht der Programmierschnittstellen wird in dieser Arbeit als logisch bezeichnet. Der logische Datenfluss durchläuft verschiedene BSA und UeLS -Entitäten, die auf der Schicht Programmierschnittstellen symbolhaft visualisiert sind. Diese Programmierschnittstellen befinden sich auf der physischen Hardware. Dies ist in der Schicht der Örtlichkeiten dargestellt. Der Datenfluss in dieser Schicht wird daher als physisch bezeichnet. Jeder Pfeil in der logischen Schicht muss zwingend in der physischen Schicht abgebildet sein⁴. Im Detail sehen der logische und der physische Datenfluss des Szenarios folgendermassen aus (Abbildung 2):

Pfeil 1. Der Mitarbeiter des Planers drückt vor Ort den Sprechknopf der Notruftelefonanlage.

Pfeil 2. Das Drücken des Sprechknopfs wird von der Notruftelefonanlage regis-

³ Die Begriffe Human Machine Interface (HMI) oder Mensch-Maschine-Interface (MMI) sind Synonyme.

⁴ Es ist theoretisch möglich, dass in der physischen Schicht mehr Prozesse ablaufen als auf der logischen Schicht eingezeichnet sind. Dies ist der Fall, wenn ein virtueller Prozess auf mehreren Netzwerk-Komponenten abläuft

triert. Dies löst den effektiven Datenfluss aus.

- Pfeil 3.** In der logischen Schicht löst die Registrierung einen BSA-internen Prozess aus. In der physischen Schicht tauscht die BSA Information von einem Industrie-PC zu einem weiteren Industrie-PC aus. Dieser Datenfluss spielt sich nach wie vor im Tunnel-Objekt selbst ab.
- Pfeil 4.** In der logischen Schicht geht der Datenfluss nun auf die Programmierschnittstelle des UeLS. In der physischen Schicht geht der Datenfluss vom Industrie-PC im Tunnelobjekt auf den Sever in der Leitstelle.
- Pfeil 5.** Das Drücken des Sprechknopfs löst einen Reflex aus, der in der logischen Schicht von der Programmierschnittstelle der NT an die Programmierschnittstelle der SIG geht. In der physischen Schicht geht der Reflex vom Industrie-PC der NT direkt auf die SPS der SIG.
- Pfeil 6.** Das Auslösen des Reflexes löst in der logischen Schicht einen BSA-internen Prozess aus. In der physischen Schicht wechselt der Datenfluss die Hardware innerhalb des Tunnel-Objekts (SPS - Industrie-PC).
- Pfeil 7.** Der logische Datenfluss wird nun von der Programmierschnittstelle der BSA an das UeLS übertragen. Der physische Datenfluss wechselt einerseits vom Tunnel-Objekt in die Leitstelle und vom Industrie-PC auf einen Sever
- Pfeil 8.** Die Meldung, dass das Notruftelefon aktiviert wurde, ist auf der Benutzeroberfläche des UeLS angezeigt. In der physischen Schicht ist dies mit einem Serverwechsel innerhalb der Leitstelle verbunden.
- Pfeil 9.** Die Meldung, dass der Reflex (Blinken der Signalisation) erfolgreich umgesetzt wurde, wird auf der Benutzeroberfläche des UeLS dargestellt. Der physische Datenfluss wechselt den Server innerhalb der Leitstelle.
- Pfeil 10.** Der Operator in der Leitzentrale der Polizei sieht beide Meldungen.

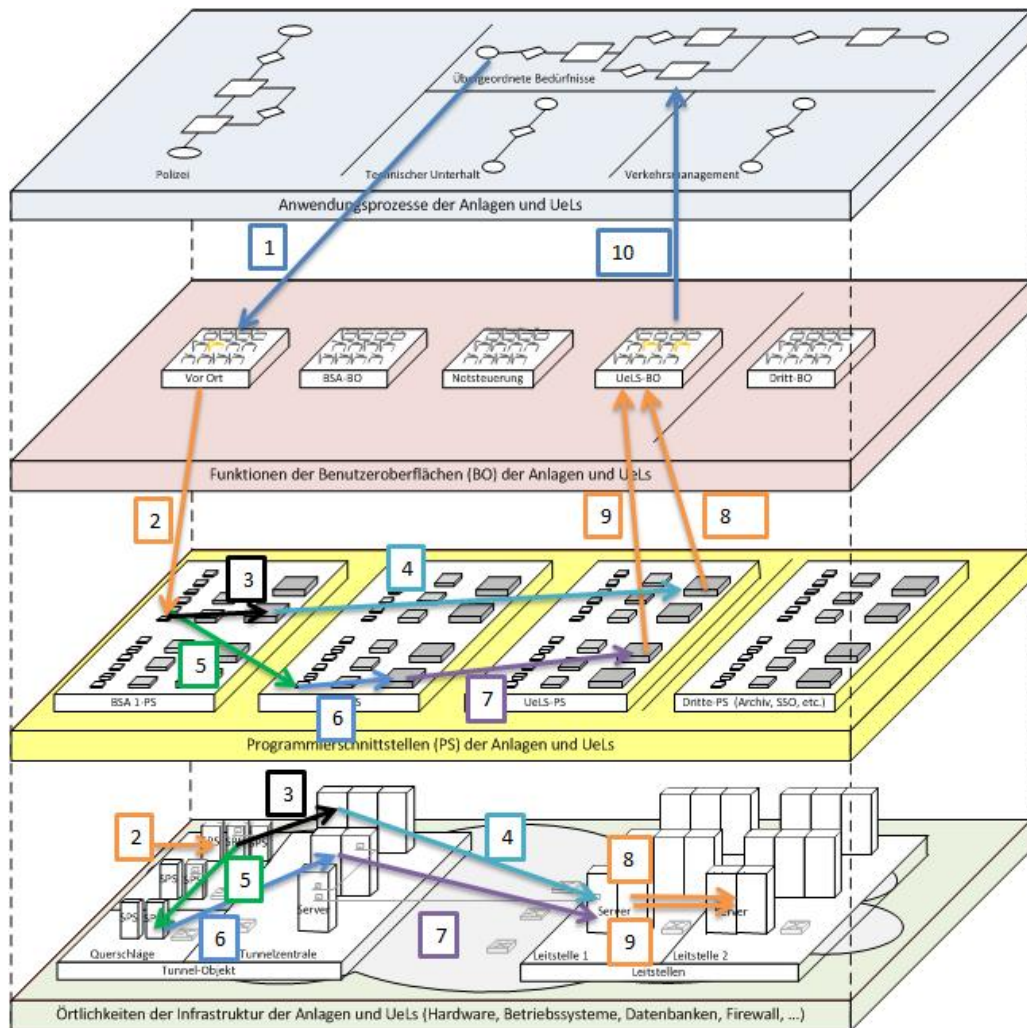


Abb.2: Schichtenmodell mit Szenario Integrationstest

1.4 Stellenwertstufen

Ein Tunnel-Prozessleitsystem produziert Daten, die gespeichert und verfügbar sein müssen. Die gewählte Speichertechnik hängt in erster Linie mit der benötigten Transaktionszuverlässigkeit der Daten im Ereignis, der Transaktionsgeschwindigkeit und dem Datenvolumen zusammen (Abbildung 3).

- **Transaktionszuverlässigkeit.** Wie wichtig ist die Wahrnehmbarkeit der Verantwortlichkeit in Anbetracht eines Ereignisses (z.B. Tunnelbrand)? In dieser Forschungsarbeit wird davon ausgegangen, dass je höher die Relevanz einer Anlage für die Sicherheit ist, desto wichtiger ist die Wahrnehmbarkeit der Verantwortlichkeit einzustufen. Die Interventionsfähigkeit durch den Operator mittels Steuerung muss so lange wie möglich wahrnehmbar bleiben (hohe Transaktionszuverlässigkeit resp. zwingend verfügbar). Technische Realisierungen die eine hohe Verfügbarkeit ermöglichen sind aufwändig und teuer und umfassen beispielsweise die Redundanz der Netzwerkverbindung, die lokale Prozessdatenhaltung oder eine hohe Autonomie der Anlage. Die Unterteilung erfolgt in zwingend verfügbar, möglichst verfügbar und unkritisch.
- **Transaktionsgeschwindigkeit.** Wie gross ist die Bedeutung einer hohen Transaktionsgeschwindigkeit auf die Prozessdaten für die Wahrnehmung der Verantwortlichkeit? In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, dass die Transaktionsgeschwindigkeit mit dem verfügbaren Zeitrahmen für die Verarbeitung der benötigten Daten zusammenhängt. So müssen beispielsweise die Daten zur Feinsteuerung von Aggregaten sofort verfügbar sein (Millisekunden), während Daten für die Berechnung

von Verkehrsqualitäten für die Auslösung von Verkehrsmanagementplänen eine tiefe Transaktionsgeschwindigkeit eher tolerieren (Minutenbereich). Basierend auf der ersten Annahme, wird gefolgert, dass je tiefer die Anforderung an die Transaktionsgeschwindigkeit von Informationen, desto tiefer darf die Transaktionsgeschwindigkeit der entsprechenden Daten sein. Die Unterteilung erfolgt in hohe, mittlere und tiefe Transaktionsgeschwindigkeit. Wiederum gilt grundsätzlich, dass je höher die Transaktionsgeschwindigkeit, desto höher sind die Aufwände und Kosten.

- **Datenvolumen.** Wie gross ist das benötigte Datenvolumen für die Wahrnehmung der Verantwortlichkeit? In Abhängigkeit der Verantwortlichkeit werden unterschiedlich grosse Datenvolumen für einen Prozess benötigt. So braucht es für die Auswertung des jährlichen Energieverbrauchs eines Tunnels ein grosses Datenvolumen, während das Abfragen des Zustands der Tunnelbeleuchtung im Vergleich dazu ein kleineres Datenvolumen benötigt. Im Rahmen der Definition der Stellenwert-Stufen, wird eine Unterteilung in grosse, mittlere sowie kleine Datenvolumen vorgeschlagen.

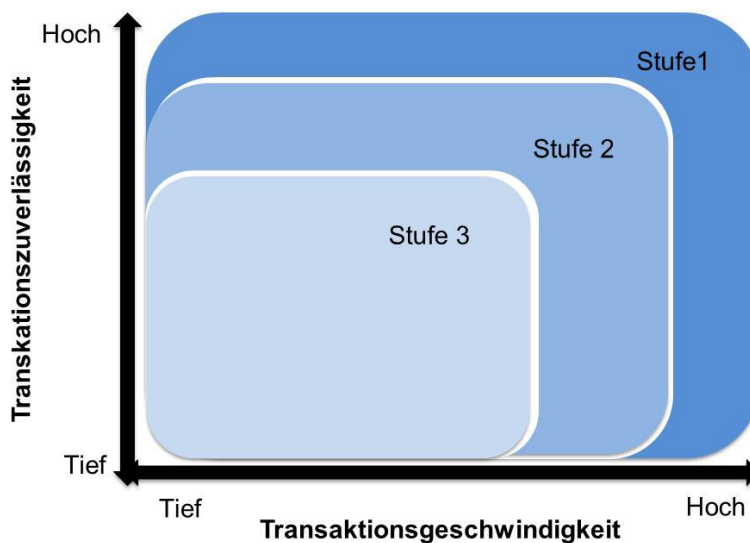


Abb. 3 Stellenwert von Prozessdaten

Basierend auf der definierten Transaktionszuverlässigkeit und der Definition der Transaktionsgeschwindigkeit der Daten, sollen Datenflüsse in maximal drei Stufen unterteilt werden. Die neun möglichen Kombinationen werden als Definition zu drei sogenannten Stellenwert-Stufen zugeordnet. Es wird angenommen, dass diese drei Stellenwert-Stufen für die Klassifizierung der Prozessdaten zur Optimierung der Speichertechnik ausreichen:

- **Stufe 1.** Der Datenfluss ist entweder zwingend verfügbar oder benötigt eine hohe Transaktionsgeschwindigkeit. Es können auch beide Eigenschaften zutreffen. Das erwartete Datenvolumen ist klein.
- **Stufe 2.** Der Datenfluss ist entweder möglichst verfügbar oder verfügt über eine mittlere Transaktionsgeschwindigkeit. Es können auch beide Eigenschaften zutreffen. Es wird ein mittleres Datenvolumen erwartet.
- **Stufe 3.** Die Verfügbarkeit des Datenflusses ist entweder unkritisch oder die benötigte Transaktionsgeschwindigkeit ist tief. Es können auch beide Eigenschaften zutreffen. Es wird von einem grossen Datenvolumen ausgegangen.

Grundsätzlich gilt im Bereich der Speichertechnik, dass je höher die zu erfüllenden Anforderungen bezüglich Verfügbarkeit und die Transaktionsgeschwindigkeit sind, desto aufwändiger und teurer ist die Speicherung pro Dateneinheit. Aus diesem Grund soll zwecks Optimierung der Speicherung von Daten in Tunnel-Prozessleitsystemen nur ein möglichst geringes Datenvolumen mit einer solchen Technologie gespeichert werden:

- **Stufe 1.** Die verwendete Speicherkapazität ist teuer und für ein eher kleines Datenvolumen geeignet.

- **Stufe 2.** Die verwendete Speicherkapazität befindet sich im mittleren Preissegment und kann ein mittleres Datenvolumen speichern.
- **Stufe 3.** Die verwendete Speicherkapazität ist günstig und kann ein grosses Datenvolumen speichern.

1.5 Datenintegrität

Viele Datenflüsse, die im Tunnel-Prozessleitsystem ablaufen, müssen für die unterschiedlichsten Zwecke gesichert und archiviert werden. Die Archivierung dient der Aufbewahrung von Datensätzen über längere Zeit im Tunnel-Prozessleitsystem. Alle Daten, die länger als drei Tage lang unverändert im Tunnel-Prozessleitsystem verbleiben, werden als 'archiviert' bezeichnet. Die Prozessdaten unterscheiden sich in der Lebensdauer; i.e. die Zeit, die zwischen der Entstehung in einer Quelle und der finalen Verwertung in einer Senke vergeht. Die Lebensdauer oder die potentiell maximal notwendige Lebensdauer ist ein Parameter, der die Anforderungen an eine Archivierung vorgibt.

Unter den Datenflüssen die archiviert werden, gibt es die spezielle Kategorie jener Datenflüsse, die als 'Beweis' archiviert werden müssen. Die Beweissicherung erfolgt heute mittels technischer, spezieller Speicherung der Datensätze von mehrheitlich Audio- und Videosignalen. Sie werden so gesichert, dass diese in einem allfälligen gerichtlichen Verfahren als Beweis verwertet werden können. Datensätze, die als Beweis abgelegt werden, unterstehen speziellen Anforderungen der Datenintegrität:

- Datensätze die beweissicher archiviert sind, müssen als solche gekennzeichnet werden.
- Es muss klar ersichtlich sein, woher der Datensatz stammt und welcher Operator den Befehl gegeben hat, der diesen Datensatz erzeugt hat.
- Der Zugriff auf diese Datensätze soll eingeschränkt sein.
- Es muss sichergestellt werden, dass eine Manipulation der Datensätze durch spezifischen Zugriffsberechtigten nachgewiesen und zurückverfolgt werden kann.

Im Rahmen der Archivierung sollen beispielsweise alle Video- und Audiosignale von Verkehrsfernsehanlagen oder Notruftelefonanlagen sowie auch gewisse Befehle der Reflexmatrix automatisch als Beweis gesichert werden. Damit würden sie den obigen Anforderungen unterstehen. Damit die Integrität solcher Datensätze sichergestellt ist, müssen die zugriffsberechtigten Operatoren, Administratoren und Wartungsunternehmen identifizierbar sein.

Des Weiteren sind in den heutigen Tunnel-Prozessleitsystemen Reflexmatrizen immer öfters in der Software integriert und können durch die Operatoren, Administratoren und Wartungsunternehmen parametrierbar werden. Auch in diesem Fall spielt die Datenintegrität eine wichtige Rolle, da Fehlfunktionen in Ereignisfällen aufgeklärt werden können müssen. Zu diesem Zweck muss klar ersichtlich sein, welcher Zugriffsberechtigte als letzten einen Reflex parametrierbar hat.

1.6 Abgrenzung

Der Fokus dieser Forschungsarbeit liegt auf dem Optimierungspotential im Umgang mit Prozessdaten in Tunnel-Prozessleitsystemen. Es sollen aber nicht primär die verwendeten Speichertechniken, sondern deren Einflussmöglichkeiten auf den Umgang mit Prozessdaten in den Tunnel-Prozessleitsystemen beleuchtet werden. Die spezifischen technischen Merkmale wie Speichervolumen, Transaktionsgeschwindigkeit oder Transaktionszuverlässigkeit der verschiedenen Technologien stehen daher nur soweit im Vordergrund, dass dieses Zusammenspiel ausgeleuchtet werden kann und werden deshalb lediglich auf einer ordinalen Skala einander gegenüber gestellt. Es wird deshalb weder eine Analyse der technischen Spezifikationen der untersuchten Speichertechniken durchgeführt noch Empfehlungen für deren Verbesserungen abgegeben.

Im Vordergrund steht die ganzheitliche Betrachtung des Umgangs mit Prozessdaten in

Tunnel-Prozessleitsystemen mittels dem Top-Down Ansatz des präsentierten Schichtenmodells. Die Schichten der Programmierschnittstellen und der Örtlichkeit der Anlagen spielen bei der Ablage von Prozessdaten eine zentrale Rolle, da in diesen Schichten die Stellenwertstufe eines Datenflusses bestimmt wird. Die Stellenwertstufe ist das zentrale Optimierungskriterium dieser Forschungsarbeit.

Die Verbesserung der Funktionalität oder der technischen Überwachung, beispielsweise der Auslöser (z.B. Brand) eines Datenflusses spielen in dieser Forschungsarbeit keine Rolle. Ebenso die Verbesserung der Detektion oder die Behebung eines Ereignisses werden in dieser Forschungsarbeit nicht besprochen, da diese in keinem direkten Zusammenhang mit dem Ziel der Erhöhung der Effizienz bei der Ablage von Prozessdaten stehen. Auch befasst sich diese Forschungsarbeit ausschliesslich mit der Ablage von Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen. Die offenen Strecken werden in dieser Forschungsarbeit nicht betrachtet.

1.7 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Forschungsarbeit lässt sich in vier grössere, aufeinander aufbauende Teile gliedern.

Als erstes werden die verschiedenen Schichten eines Tunnel-Prozessleitsystems aus der Sicht der Prozessdaten betrachtet und mittels theoretischer Überlegungen vermittelt (Kapitel 2). Die Einführung in die verschiedenen Schichten bietet eine verständliche Grundlage für die anschliessenden Kapitel.

Das Kapitel 3 zeigt auf, wie sich eine vertiefte Analyse des Umgangs mit der Speicherung von Prozessdaten durchführen lässt. Die Funktionsweise der Methodik und die zu erwartenden Ergebnisse einer Anwendung werden an vier konkreten Tunnel-Prozessleitsystemen aus der Praxis dokumentiert.

Im Kapitel 4 werden die relevanten Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den untersuchten Systemen in den jeweiligen Schichten und mithilfe von Grafiken visualisiert. Dadurch soll das Verständnis der teilweise komplexen Zusammenhänge erleichtert werden.

Im abschliessenden Kapitel 5 wird aufgezeigt, was für bestehende und künftige Systeme unternommen werden kann, um eine Optimierung der Effizienz der Ablage von Prozessdaten zu ermöglichen.

2 Theoretische Grundlagen

Die systematische Aufbereitung des State of the Art im Bereich der 'Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen' für die Schweiz ist in anderen Arbeiten bisher nicht erfolgt. Diese erste Betrachtung gleicht die laufenden technischen Entwicklungen im Bereich Speichertechnik, Speichermedien im Nicht-Tunnelleitsystemumfeld (Banken, Versicherungen, Industrie) mit den speziellen Anforderungen der Tunnel-Prozessleitsysteme ab.

Die Struktur der theoretischen Grundlagen folgt dem Schichtenmodell (Abbildung 1). Zuerst werden die Organisationen und Nutzer des Tunnel-Prozessleitsystems eingegrenzt sowie deren Interaktionen beschrieben. In der Analyse der zweitobersten Schicht wird betrachtet, auf welcher Benutzeroberfläche die Interaktionen erfolgen, gefolgt von der Darstellung des daraus abgeleiteten logischen Austausch von Informationen zwischen den Entitäten des Tunnel-Prozessleitsystems (logischer Datenfluss). Auf der untersten Schicht des Modells findet sich die eingesetzte Speichertechnik. Es wird dargestellt, welche Freiheitsgrade in der Entscheidung der physischen Realisierung der logischen Datenflüsse bestehen und wie diese mit der Wahl der physischen Speichertechnik zusammen hängen.

2.1 Schicht der Anwendungsprozesse

Zusammenhang mit der Fragestellung

Die Beantwortung der Fragestellung 1 'Existenz eines Optimierungspotentials' umfasst die Beschränkung auf die effizienteste technische Speicherlösung, die die Anforderungen der Interaktion der Nutzer eines konkreten Tunnel-Prozessleitsystems erfüllt. Die Bedeutung, die Freiheitsgrade und der Umfang dieser Anforderungen werden in diesem Kapitel untersucht und dokumentiert. Da die effektiven Anforderungen entlang der Freiheitsgrade von einer Leitsystem-Realisierung zur anderen sowie über die Lebensdauer eines Tunnels variieren, wurden sie in dieser Arbeit generalisiert und fixiert.

Die Beantwortung der zweiten Fragestellung 2 'Beantwortbarkeit von Fragestellung 1' erfolgt an Hand dieser generalisierten Auflistung von Anforderungen in der Schicht der Anwendungsprozesse und umfasst somit explizit nicht alle Detailanforderungen aus der jeweiligen Einsatzpraxis einer Leittechnik, sondern bietet eine abstrahierte Grundlage als Ausgangspunkt für die Suche nach der generellen optimalen Speichertechnik. Als Folge der Generalisierung und Abstraktion erheben die in diesem Kapitel aufgeführten Organisationen und Interaktionen für die Untersuchung einer spezifischen Realisierung weder einen Anspruch auf Vollständigkeit, noch sind sie unbedingt klar voneinander abgrenzbar. Sie ermöglichen aber die Bewertung bestehender Tunnel-Prozessleitsysteme aus einer einheitlichen Anwendungsperspektive und dienen als mögliche Soll-Anforderungen für die Gestaltung von zukünftigen Systemen. In diesem Fall sollte darauf geachtet werden, die Gestaltungsentscheidungen von zukünftigen Systemen nicht völlig auf diese zu fixieren, sondern Priorisierungen oder Ergänzungen der hier aufgelisteten Organisationen oder Interaktionen zu zulassen.

Organisationen und Nutzer

Die verschiedenen Organisationen und Nutzer mit Zugriff auf Tunnel-Prozessleitsysteme sind anschliessend aufgeführt und aus Sicht der Anforderungen an die Datenablage analysiert.

Kontroll- und Vorgabestelle. Die Kontroll- und Vorgabestelle koordiniert die Aktivitäten im Bereich der Erstellung der Vorgaben für die Tunnel-Prozessleitsysteme auf der Strasse. Sie handelt Verträge mit dem Betreiber sowie mit den Wartungs- und Realisierungsunternehmen aus. Sie organisiert die operative Überwachung der vertraglichen Bedingungen der Betriebs- und Wartungsverträge und übernimmt die Rechte der Eigentümerin gegenüber Dritten. Sie hat keinen direkten Zugriff auf das UeLS.

Bezüglich der Datenablage existieren seitens der Kontroll- und Vorgabestelle keine speziellen Anforderungen.

Verkehrsmanagement. Die Art des Verkehrsmanagements hat einen Einfluss auf die Anwendungsfälle, die ein Tunnel-Prozessleitsystem unterstützen soll. In der Schweiz unterscheidet man zwischen lokalem, kantonalem und nationalem Verkehrsmanagement. Beispielsweise findet das lokale Verkehrsmanagement typischerweise in anderen Organisationen und mit anderen Anwendungsfällen statt als ein Nationales und hat so andere Ansprüche an die Unterstützung ihrer Aufgabe durch ein Tunnel-Prozessleitsystem.

Das nationale Verkehrsmanagement erfolgt durch Operatoren der Verkehrsmanagementzentrale Schweiz (VMZ-CH). Diese haben verschiedene Möglichkeiten des Leitens, Lenkens, Steuerns und Informierens der Verkehrsteilnehmer zu koordinieren (Münger & Münster, 2010). Dazu soll mittelfristig im Rahmen der ASTRA Projekte SA-CH und INA die entsprechenden Infrastrukturen unter anderem für den Zugriff auf die Tunnel-Prozessleitsysteme aufgebaut werden. Das Verkehrstelematik Leitbild 2012 (Rapp, 2005) gibt vor, dass das Einsatzgebiet der Verkehrsleitzentrale Schweiz den gesamten geographischen Perimeter der Schweiz umfasst, nicht aber das nahe Ausland (z.B. Stauräume in Deutschland, Zollinformationen, Verkehrslage auf Zuflüssen, etc.). Da die heutigen übergeordneten Leitsysteme der Schweiz jeweils nur einen Teilperimeter der Schweiz abdecken und damit eine Teilmenge aller Tunnels, soll eine integrierte Bedienoberfläche für die VMZ-CH entstehen. Diese soll sämtliche für die Auftragserfüllung notwendigen Informationen und Bedienmöglichkeiten für die Strassen der Schweiz insgesamt und somit ebenfalls die wichtigen Strassentunnels zur Verfügung stellen. Wichtige Anwendungsfälle des nationalen Verkehrsmanagements für Tunnel-Prozessleitsysteme sind

- Aufgaben im Zusammenhang mit dem Verkehr auf den Nationalstrassen des gesamten motorisierten Individualverkehrs auf dem geographischen Perimeter der Schweiz, wo nicht ein lokales Verkehrsmanagement diese übernimmt.
- Aufgaben im Zusammenhang mit der Übernahme der Verantwortung für das Verkehrsmanagement des gesamten Schwerverkehrs auf den Nationalstrassen der Schweiz. Im Tunnel kann dies unter anderem die Integration in eine Verkehrsdosierungsanlage, dynamische Signalisation (Temporeduktion, Überholverbot), dynamische Wegweisung (Wechselwegweiser) und dynamische Information (Wechseltextanzeige, Verkehrsinformation) umfassen.

Seitens des Verkehrsmanagements bestehen folgende Anforderungen an die Datenablage:

- Permanenter Zugriff auf die gespeicherten Datensätze die für das Verkehrsmanagement relevant sind.
- Für die Steuerungsaufgaben wird hohe Transaktionsgeschwindigkeit der Datensätze und eine mittlerer Transaktionszuverlässigkeit erwartet.
- Für die statistischen Auswertungen werden weder die Transaktionsgeschwindigkeit noch die Transaktionszuverlässigkeit als hoch eingestuft

Betrieb und Unterhalt. Der Betrieb und Unterhalt übernimmt im Normalfall nach dem Abschluss einer Realisierung einer Tunnelanlage die Verantwortung für einen reibungslosen und wirtschaftlichen Betrieb, die langfristige Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit und des Wertes, der schnellen Abwicklung der Dienste Dritter (z.B. Wartungsunternehmen) sowie der Verwaltung der Daten. Er führt selbständig kleinere Reparaturen durch oder bietet das jeweilige Wartungsunternehmen für die Anlage auf. Die vorliegende Arbeit geht davon aus, dass keine Aufgaben im Bereich Verkehrsmanagement und keine polizeilichen Aufgaben durch die Betriebs- und Unterhaltsorganisation aus einer Unterhaltszentrale wahrgenommen werden müssen, sondern durch eine kantonale oder regionale Verkehrsleitzentrale, die VMZ-CH oder die kantonale Polizei. Wichtige Anwendungsfälle der Tunnel-Prozessleitsysteme sind:

- Die Nutzung des Tunnel-Prozessleitsystems aus einer Unterhaltszentrale oder vor Ort zwecks Systemüberwachung, Abfrage von Zuständen oder der Steuerung der Tunnelanlagen bei Wartungsaufgaben oder Arbeiten vor Ort.
- Aufgaben im Zusammenhang mit dem Verkehr auf den Strassen umfassen die technische Bewirtschaftung der Anlagen im Bereich BSA und Leittechnik des zugewiesenen geographischen Perimeters. Dies schliesst neben der Technik in den Strassentunnels ebenso die offene Strecke mit ein, die in dieser Arbeit nicht betrachtet wird. Weitere spezielle Anwendungsfälle umfassen objektübergreifende Anlagen wie Videoanlagen, Netzwerke oder Notruftelefone.
- Aufgaben im Zusammenhang mit der Organisation des Betriebs in eine Tagesstruktur und eine Pikett-Organisation für die sonstige Zeit (z.B. Nacht, Wochenende).
- Der gleichzeitige Zugriff von mehreren Personen auf ein Tunnel-Prozessleitsystem. Denn im Nationalstrassenumfeld wird die Verantwortlichkeit des Betrieb und Unterhalts durch die Gebietseinheiten wahrgenommen, deren Einsatzgebiet mehrere kantonale geographische (Teil-)Perimeter mit mehreren Tunnelobjekten und Betriebsleitzentralen umfassen kann. Die Gebietseinheit bedient somit im normalerweise mittels übergeordnetem Leitsystem die Tunnel-BSA mehrere Objekte mit mehreren Operatoren gleichzeitig.

Seitens des Betrieb und Unterhalts bestehen folgende Anforderungen an die Datenablage:

- Zugriff auf die gespeicherten Datensätze die für den Betrieb und Unterhalt relevant sind.
- Für die Steuerungsaufgaben wird eine hohe Transaktionszuverlässigkeit verlangt.
- Für die statistischen Auswertungen werden weder die Transaktionsgeschwindigkeit noch die Transaktionszuverlässigkeit als hoch eingestuft.

Kantonale Polizei (Einsatzleitzentralen). Die kantonalen Polizeien sind die Hauptnutzer des Tunnel-Prozessleitsystems. Sie übernehmen im Verbund die Verantwortung für die Entgegennahme von nicht technischen Alarmen der Tunnel-Prozessleitsysteme und koordinieren die Erstintervention. Die Erstintervention kann das Aufbieten der Feuerwehr, Sanität und weitere Notfalldienste umfassen. Die verwendete Generalisierung geht davon aus, dass keine Verantwortlichkeiten im Bereich Verkehrsmanagement durch die kantonale Polizei aus der Einsatzzentrale wahrgenommen werden, sondern durch andere Organisationen: die kantonale oder regionale Verkehrsleitzentrale oder die VMZ-CH. In der Praxis ist diese strikte Trennung heute nicht gegeben, entspricht aber den Zielen von SA-CH. Wichtige Anwendungsfälle der Tunnel-Prozessleitsysteme sind

- Aufgaben im Zusammenhang mit dem Verkehr auf den Nationalstrassen.
- Aufgaben im Zusammenhang mit der Entgegennahme von nicht technischen Alarmen der Tunnel-Prozessleitsysteme

Die kantonalen Polizeien haben folgende Anforderungen an die Datenablage:

- Zugriff auf die gespeicherten Datensätze die für Polizei relevant sind.
- Für die Steuerungsaufgaben wird eine die höchst mögliche Transaktionszuverlässigkeit und Transaktionsgeschwindigkeit verlangt.

Wartungsunternehmen. Die Wartungsunternehmen sind meistens die Lieferanten der Betriebs- und Sicherheitsausrüstung oder der Betriebs- und Knotenrechner des UeLS. Meistens haben nur diese das Know-How mit Hilfe spezieller Diagnosetechniken oder Wartungsschnittstellen weitere Prozessdaten zwecks Fehlerlokalisierung zu verwalten, zu nutzen oder aus internen Archiven zu aktivieren und tieferegehende Änderungen an der Konfiguration der UeLS-Komponenten vorzunehmen. Die Leistungen erfolgen im Rahmen eines Wartungsvertrags, der zwischen der Controlling- und Vergabestelle und dem Wartungsunternehmen abgeschlossen wird. Der Koordinations- und Kontrollaufwand für die Leistungen fallen einerseits bei den Mitarbeitern der Kontrollstelle sowie andererseits bei der Aufsicht durch die Mitarbeiter des Betriebs und Unterhalts an. Wichtige Anwen-

dingungsfälle der Tunnel-Prozessleitsysteme sind

- Die Nutzung des Tunnel-Prozessleitsystems aus einer Unterhaltszentrale oder vor Ort zwecks Systemüberwachung, Abfrage von Zuständen oder der Steuerung der Tunnelanlagen bei Wartungsaufgaben oder Arbeiten vor Ort.

Seitens der Wartungsunternehmen bestehen folgende Anforderungen an die Datenablage:

- Zugriff auf die gespeicherten Datensätze das jeweilige Wartungsunternehmen relevant sind. Dabei ist weder eine hohe Transaktionsgeschwindigkeit noch eine hohe Transaktionszuverlässigkeit von Relevanz.

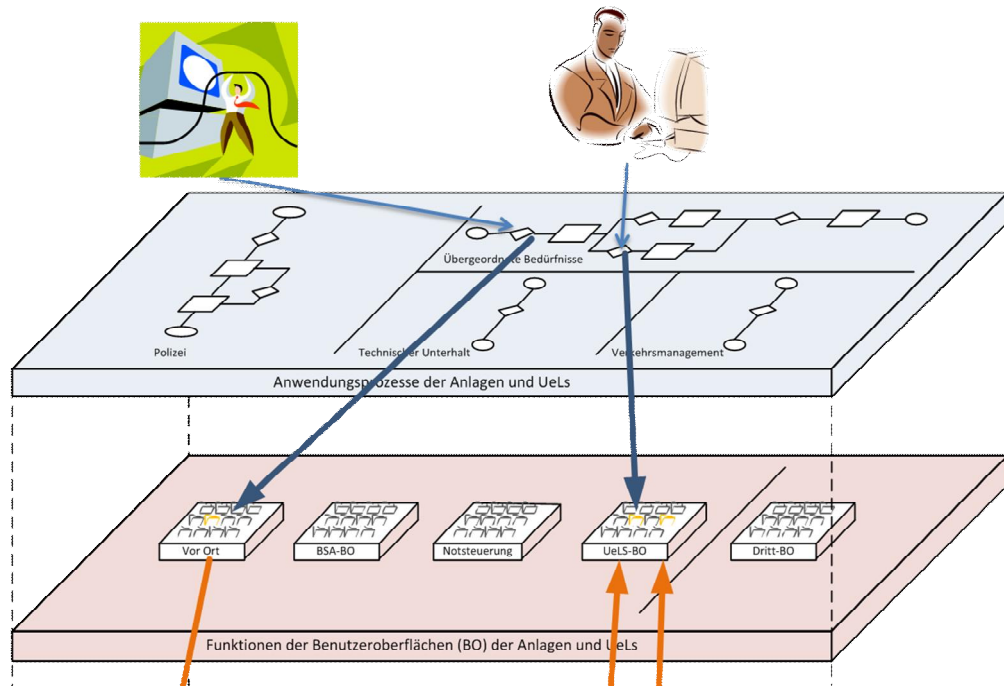


Abb. 4: Tunnel-Schichtenmodell auf der obersten Stufe der Organisation. Die Organisationen greifen im Rahmen von Anwendungsfällen auf die Benutzeroberflächen der BSA-Anlagen und des UeLS zu um den Tunnel zu steuern, zu überwachen oder anderweitig zu verwenden

Interaktionen mit dem Tunnel-Prozessleitsystem

Im Rahmen der Wahrnehmung ihrer Verantwortlichkeiten verwenden verschiedene Organisationen das Tunnel-Prozessleitsystem (Verkehrsmanagement, Betrieb und Unterhalt, Polizei). Die wichtigsten Verantwortlichkeiten sind anschliessend beschrieben und zeigen an Hand von Interaktionen mit dem Tunnel-Prozessleitsystem auf, welche Anforderungen technische Realisierungen erfüllen müssen. Die Untersuchung der Wahrnehmung der Verantwortung fokussiert dabei auf die Alarmierung, Situationsbeurteilung, die Reaktion sowie die Konsequenz eines Ausfalls der Leittechnik.

Verantwortung für verkehrliche 'Blaulicht-Ereignisse'. Die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem im Rahmen der Übernahme der Verantwortung für verkehrliche 'Blaulicht-Ereignisse' umfasst die automatische Alarmierung, die Situationsbeurteilung und angemessene Reaktion durch das Personal der kantonalen Polizei.

Die Alarmierung basiert teilweise auf der automatischen Detektion von Verkehrssicherheitsereignissen durch die Sensoren der BSA. Die Alarmierung durch das Tunnel-Prozessleitsystem unterstützt die Arbeit des diensthabenden Operators indem sie in Form einer Visualisierung und teilweise eines akustischen Signals höchster Priorität auf der Benutzeroberfläche des UeLS angezeigt werden. Die verwendete Benutzeroberfläche ist somit jene des UeLS. Der logische Datenfluss führt von der detektierenden Tun-

nel-BSA als Quelle zum Arbeitsplatz des Operators des UeLS als Senke. Der angezeigte Alarm ist oftmals ein verdichteter Datenpunkt und gehört somit zu den Prozess-Sekundärdaten⁵. Die Verdichtung der Prozessdaten in Sekundärdaten umfasst die interne Logik beispielsweise der Brandmeldeanlage mit Schwellwerten für den Sichtrübungs-Messwert.

Die Situationsbeurteilung basiert im Wesentlichen auf dem visuellen Prüfen mittels Verkehrsfernsehen, dessen Kamera sich möglichst nahe an der Alarmquelle befindet. Der Operator kann sich das Verkehrsfernsehbild auf der Benutzeroberfläche des UeLS anzeigen lassen. Der verantwortliche Operator kann weiter telefonisch Rücksprache mit den anderen Organisationen beispielsweise dem Unterhalt des Tunnel-Prozessleitsystems halten, um eine allfällige technische Störung abzuklären oder um die Einsatzkräfte zu koordinieren.

Die angemessene Reaktion auf einen Alarm umfasst oftmals eine Interaktion des Operators via UeLS-Benutzeroberfläche um Schaltbefehle von vorkonfigurierten und BSA-übergreifenden Betriebszuständen zur Gefahrenreduktion am Ort des Ereignisses zu schalten (z.B. Tunnelsperrung, starten der Absauglüftung, aktivieren der Notbeleuchtung). Teilweise umfasst die Reaktion, dass der verantwortliche Operator bei gewissen UeLS-Typen mittels Interventionssystem die Plausibilität der automatisch detektierten Ereignissen manuell überprüfen muss, um bei Falschdetektionen das Aufbieten von Einsatzkräften und das unnötige Stellen von Betriebszuständen zu verhindern. Wenn kein Interventionssystem dazwischen geschaltet ist, schalten die BSA im Ereignisperimeter auf Grund der hinterlegten Konfiguration (z.B. Reflexmatrix) automatisch die Betriebszustände zur Gefahrenreaktion.

Kann der Operator z.B. durch den Ausfall der Benutzeroberfläche nicht mehr diese Verantwortung wahrnehmen, dann sollten die wichtigsten Vorgänge und Betriebszustände vollautomatisch vor Ort im Tunnel gestellt werden. Weiter steht für gewisse Tunnel-BSA als Rückfallebene in der Einsatzleitzentrale eine Notsteuerung zur Verfügung.

Temporäre technische Systemüberwachung Tunnel-Prozessleitsystem bei Abwesenheit Unterhalt. Die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem im Rahmen der Systemüberwachung bei Abwesenheit des Unterhalts umfasst die automatische technische Alarmierung, die Situationsbeurteilung und angemessene Reaktion durch das Personal der kantonalen Polizei.

Die technische Alarmierung z.B. bei einem Defekt der Energieversorgung, Belüftung, Messeinrichtungen und Lichtsignalanlagen erfolgt bei normalen Arbeitszeiten beim Betrieb und Unterhalt. Die Verdichtung und Kombination von Prozessdaten machen Ausfälle von Anlagen und andere technischen Defekte teilweise zentral überwachbar. Die technischen Störungsmeldungen mit der höchsten Priorität werden im Zeitfenster der Abwesenheit des Betriebs und Unterhaltes als Alarmer an die Polizei weitergeleitet. Der Operator verwendet für die Übernahme dieser Verantwortung die Benutzeroberfläche des UeLS für alle Tunnels und nicht die einzelnen Oberflächen der BSA. Der logische Datenfluss fließt somit vom Ort der detektierten technischen Störung zur Benutzeroberfläche des UeLS.

Die Lagebeurteilung muss bei Abwesenheit des Unterhalts durch die Polizei erfolgen. Es wird davon ausgegangen, dass der Ausbildungsschwerpunkt der Polizei auf der Ereignisbewältigung und nicht auf Spezialwissen über die technischen Details der Anlagen liegt. Deswegen sollte der Operator möglichst verdichtete Prozess-Sekundärdaten erhalten, aus denen eine Handlungsempfehlung ersichtlich wird. Als Reaktion bietet der Operator je nach Risikoeinschätzung einen Mitarbeiter des Unterhalts ausserhalb der normalen Arbeitszeiten auf. Der Mitarbeiter des Unterhalts empfiehlt weitere Interventionen (z.B. Tunnelsperrung bei Ausfall der Lüftung).

Kann der Operator z.B. durch den Ausfall der Benutzeroberfläche diese Verantwortung

⁵ Daten die durch Verdichtung, Aggregation, Plausibilisierung und Interpretation von Prozessdaten entstehen.

nicht mehr wahrnehmen, dann alarmiert er den Betrieb und Unterhalt. Weiter steht für fast alle Tunnel-BSA als Rückfallebene in der Tunnelleitzentrale oder via Browserzugriff auf die Benutzeroberfläche der BSA zur Verfügung.

Verantwortung für verkehrliche Betriebsmeldungen. Die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem im Rahmen der Übernahme der Verantwortung für die verkehrlichen Betriebsmeldungen umfasst die kontinuierliche Beurteilung der verkehrlichen Meldungen des Tunnels und den Abgleich mit Geschehnissen um den Tunnel. Gerade die Geschehnisse um den Tunnel sind im Tunnel-Prozessleitsystem nicht ersichtlich sondern unter anderem im UeLS, in das die vorhandenen Verkehrsbeobachtungsanlagen der offenen Strecke ebenso integriert sind.

Bei einer verkehrlichen Störung im Perimeter des Tunnels, wie beispielsweise ein Stauende im Tunnel, liegt die Verantwortung für die Sichtung der Gesamtsituation und einer angemessenen Gesamtreaktion aus Sicht Verkehrsmanagement bei der geographisch zuständigen Verkehrsleitzentrale. Der verantwortliche Operator möchte die Gesamtsituation bewerten und greift dazu auf die Benutzeroberfläche einer darauf spezialisierten Drittanlage beispielsweise des Verkehrsrechners zu. Er sieht aggregierte, angereicherte, plausibilisierte oder interpretierte Kenngrößen. Die Veredelung von verschiedenen Messwerten als Prozessdaten erfolgt z.B. für die Berechnung von Prozess-Sekundärdaten wie verkehrlichen Ganglinien, die Berechnung von Eingangsgrößen für Verkehrssimulationen oder die Qualitätsüberwachung. Das UeLS und die Verkehrslenkung-BSA führen diese Veredelung durch und enthalten entsprechende Archive und Konfigurationen (z.B. Schwellwerte, Interpretationsmuster). Der logische Datenfluss beginnt dazu, alle im Gesamtperimeter relevanten Informationsquellen zur verkehrlichen Situation (Schlaufen, Zähler, Videodetektion) zu sammeln und aggregiert diese zu einem auf das notwendige reduzierten Gesamtbild, beispielsweise einer Visualisierung der Gesamtverkehrslage. Der Anteil von Informationen, die dabei aus einer Tunnel-BSA kommen, darf als tief betrachtet werden im Vergleich zu Informationen zu den Auf- und Abfahrten auf die Nationalstrassen, der Anzahl stehender Fahrzeuge vor den Lichtsignalanlagen im urbanen Raum oder der Staudetektion mittels Schleifen auf der offenen Strecke. Die teilweise automatische Anzeige auf der Benutzeroberfläche des UeLS oder der Gesamtverkehrslage von verkehrlichen Störungen mittels Betriebsmeldungen von BSA wie Stau, stockender Verkehr, Unfälle, reduzierter Kapazität durch Spursperrungen im Tunnel unterstützt die Arbeit des Operators der Verkehrsleitzentrale.

Die Lagebeurteilung erfolgt durch den verantwortlichen Operator der Verkehrsleitzentrale, basierend auf der Gesamtbetrachtung. Benötigt dieser Detailinformationen über die verkehrliche Situation in einem Tunnel, greift er dazu oftmals auf die Benutzeroberfläche der Signalisationsanlage zu. Die Oberfläche zeigt die verschiedenen Schaltzustände der Signalisationsanlagen im Tunnel und in den Vorzonen aggregiert an. Der logische Datenfluss bleibt hier also meistens innerhalb der Signalisationsanlage. In der Praxis hält der Operator bei der Lagebeurteilung oftmals Rücksprache mit der zuständigen Polizei um diese über die Gründe zu informieren und sich über allfällige laufende Polizeieinsätze ins Bild zu setzen. Dies erfolgt aber nicht mittels Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem. Eine weitere Art um die Signalisation im Tunnelbereich zu ändern ohne Interaktion mit Tunnel-Prozessleitsystem, ist die Unterstützung der Polizei. Sie setzt vor Ort mit Hilfe einer Patrouille z.B. die Reduktion der Geschwindigkeit, eine temporäre Schliessung eines Bauwerks oder einer Ableitung des Verkehrs von der Nationalstrasse durch.

Kann der Verkehrsmanager z.B. durch den Ausfall einer Benutzeroberfläche die Verantwortung nicht mehr wahrnehmen, dann alarmiert er den Betrieb und Unterhalt. Im Normalfall steht für das Verkehrsmanagement keine Rückfallebene zur Verfügung. Ein wirksames Verkehrsmanagement braucht beispielsweise alle 10-20 Minuten eine Erneuerung der Gesamtverkehrslage. Die Transaktionsgeschwindigkeit ist daher eher tief.

Schalten & Konfigurieren von Verkehrsmanagementplänen. Die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem im Rahmen des Schalten und Konfigurieren von Verkehrsmanagementplänen umfasst heute einen semi-automatisierten Prozess. Während bei gewissen Tunnels die Signalisations-BSA tatsächlich eine Schnittstelle für Schaltbefehle zu

Drittverkehrsrechner wie dem System zur Verkehrsbeeinflussung haben, sind die meisten ausschliesslich in das UeLS integriert. Der Zugriff auf die Signalisation-BSA ist somit über dessen Benutzeroberfläche (BSA-Benutzeroberfläche) möglich. Der Verkehrsmanager kontaktiert im zweiten Fall den Operator und bittet ihn gemäss Verkehrsmanagementplan die Schaltungen via BSA-Benutzeroberfläche vorzunehmen.

Die verkehrliche Lagebeurteilung zur Auslösung, Anpassung oder Abschaltung eines Verkehrsmanagementplans erfolgt im Rahmen der Wahrnehmung für die Verantwortlichkeit für die verkehrlichen Betriebsmeldung.

Die Herausforderung im Bereich von Verkehrsmanagementplänen liegt darin, dass zwecks Zielerreichung (z.B. best mögliche Netzauslastung) die auf einem regionalen oder überregionalen Perimeter vorhandenen Möglichkeiten der Einflussnahme wie beispielsweise die Verkehrstelematik kontinuierlich optimal koordiniert einzusetzen. Die Ziele umfassen eine Prävention oder Reduktion von komplexen verkehrlichen Störungen, die nicht durch eine punktuelle und isolierte Massnahme erreichbar sind. Die Verkehrsleitzentrale darf dazu auf einander abgestimmte Betriebszustände anordnen oder sofern möglich, selber schalten (z.B. Temporeduktion, Umleitungen, Dosierungen). Die Auslösung erfolgt in den meisten Fällen nicht im Tunnel-Prozessleitsystem sondern allenfalls bei einem benachbarten Verkehrsrechner. Zwecks automatischer Berechnung der Auslösekriterien oder der Abschaltkriterien des Plans sind verschiedene Messwerte, Prozessdaten und Sekundär-Prozessdaten aller beteiligten Elemente notwendig. Die Tunnel-Prozessleitsysteme bieten dazu, je nach Ausbaustandard und verkehrlichen Relevanz des jeweiligen Tunnels, solche Möglichkeiten der Verkehrslenkung an.

Die Auswirkungen der Aktivitäten auf die verkehrliche Situation werden wiederum von der Verkehrsleitzentrale überwacht, z.B. durch eine sich ändernde Verkehrslage. So geschaltete Betriebszustände oder Einzelsignalschaltungen dürfen Schaltungen der Polizei von Tunnelreflexen und der Betriebs- und Unterhaltsorganisationen nicht übersteuern, da ansonsten die Sicherheit vor Ort im Tunnel nicht gewährleistet werden kann. Die Auswirkungen dürfen das Verkehrssicherheitsniveau nicht reduzieren oder die Arbeiten des Betriebs und Unterhalts einschränken oder überschneiden.

Der logische Datenfluss fließt bei integrierten Tunnel-Prozessleitsystemen beispielsweise von den Verkehrszählern zur Berechnung der Gesamtverkehrslage oder von der Signalisationsanlage zur Gesamtverkehrssteuerung. Damit überschreitet der logische Datenfluss die Grenze des Tunnel-Prozessleitsystems.

Kann der Verkehrsmanager z.B. durch den Ausfall einer semi-manuellen Schnittstelle auf das Tunnel-Prozessleitsystem im Sinne des Verkehrsmanagementplans nicht mehr Zugriff nehmen, dann alarmiert er den Betrieb und Unterhalt. Im Normalfall stehen für Verkehrsmanagementpläne mehrere 10 Minuten zur Umsetzung bereit, da sie oftmals manuelle Massnahmen auf der Strasse involvieren und von der Veränderung der Gesamtverkehrslage abhängen. Die Transaktionsgeschwindigkeit ist daher eher tief.

Verantwortung für technische Störmeldungen. Die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem im Rahmen der Verantwortung für die technischen Störmeldungen umfasst die Koordination der Wiederherstellung der Soll-Gebrauchstauglichkeit, die Informationsbeschaffung über den Zustand der Anlagen als Entscheidungsgrundlage für eine angemessene Reaktion sowie die Feststellung des Ausmasses des technischen Defekt auf die Verkehrstauglichkeit des Gesamtbauwerks. Ist diese nicht mehr gegeben, erfolgt die Aufforderung an die Polizei zur temporären Schliessung des Bauwerks. Weitere Massnahmen auf Grund von technischen Störmeldungen können sein, das Aufbieten von Dritten z.B. zwecks Wartungstätigkeiten, kleinerer Reparaturen oder Garantietätigkeiten.

Die Unterstützung der Arbeit der Betriebs- und Unterhaltsorganisation erfolgt durch das Tunnel-Prozessleitsystem zusammenfassend mittels teilweiser automatischer Detektion von technischen Störungen der Tunnelanlagen mittels Störungsmeldungen sowie der Unterstützung in der Verifikation und Einschätzung der Störungsmeldung. Die Anzeige von weiteren Prozessdaten, Prozess-Sekundärdaten, Messwerten oder aktiven Schaltbefehlen lassen sich auf der UeLS-Benutzeroberflächen oder auf der BSA-Benutzeroberfläche

in einer detaillierten Auflösungsstufe anzeigen und ergänzen. Der Operator interagiert oftmals zur Übersicht des Gesamtbauwerks mit der UeLS-Benutzeroberfläche und wechselt für die detailliertere Auflösungsstufe jeweils auf die BSA-Benutzeroberfläche der betroffenen Anlage.

Der logische Datenfluss fließt bei integrierten Tunnel-Prozessleitsystemen beispielsweise von der defekten Brandmeldeanlage zur Gesamtbauwerk-Störungsübersicht des UeLS. Allfällige Stellbefehle oder detailliertere Betrachtungen von konkreten Messwerten, Prozessdaten oder Sekundärdaten erfolgt mittels BSA-Benutzeroberfläche. Der logische Datenfluss dieser Daten verbleibt somit innerhalb der BSA.

Kann der Operator z.B. durch den Ausfall der UeLS-Benutzeroberfläche nicht mehr auf die Störungsmeldungen Zugriff nehmen, dann kann er versuchen, direkt auf die BSA-Benutzeroberfläche zu zugreifen. Ist die Verkehrstauglichkeit eines Bauwerks auf Grund einer technischen Störung nicht mehr gegeben und eine Tunnelspernung notwendig, ist dies in weniger als einer Minute festzustellen. Bei defekten Signalen kann die Zeitspanne im Bereich von Tagen und bei kleineren Mängeln im Bereich von Wochen liegen.

Schalten von Betriebszuständen oder Einzelsignalen zwecks Absicherung von Arbeiten vor Ort. Die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem im Rahmen der Verantwortung für das Schalten von Betriebszuständen, Einzelsignalen oder Ausschalten von Anlagen zwecks Absicherung von Arbeiten im Tunnel umfasst das Schützen der Menschen vor Ort beispielsweise bei der Behebung von technischen Mängeln, Begehungen oder Wartungsarbeiten im Tunnel vor den Auswirkungen des Verkehrs oder der Technik. Da immer eine Person des Betrieb und Unterhalts Dritte begleitet, schaltet dieser die speziellen Zustände von BSA vor Ort oder aus der Unterhaltszentrale via BSA-Benutzeroberfläche oder UeLS-Benutzeroberfläche. Solche Schaltungen umfassen unter anderem Einzelsignale (z.B. Spurspernung, Warnblinken, Temporeduktion), Ausschalten von Anlagen zur Gefahrenreduktion (z.B. Abschalten Lüftung). Die Polizei und das Verkehrsmanagement sehen auf der UeLS-Benutzeroberfläche die Schaltung auf dieser Detailebene oftmals nicht, da es für ihre Aufgaben nicht von Relevanz ist sofern keine Rückwirkungen auf die regionale verkehrliche Situation erwartet und die Verkehrssicherheit für die Verkehrsteilnehmer nicht eingeschränkt wird. Die Spurspernung ausserhalb der Spitzenzeiten entspricht einer solchen Schaltung ohne Bedeutung für das Verkehrsmanagement und die Überwachung der Verkehrssicherheit.

Der logische Datenfluss fließt von der jeweiligen Benutzeroberfläche zu den BSA-Anlagen, die in die Absicherung involviert sind. Die transportierten digitalen Informationen umfassen oftmals Schaltbefehle für spezielle Betriebszustände oder Einzelsignalschaltungen. Organisatorisch oder technisch muss sichergestellt werden, dass zum Schutze der Menschen vor Ort im Tunnel die Absicherung nicht durch Dritte oder durch automatische Tunnelreflexe aufhebbar ist.

Ansprechpartner / Help Desk für Verwender des Tunnel-Prozessleitsystems. Die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem im Rahmen der Verantwortung als Ansprechpartner für die Polizei oder Dritte des Tunnel-Prozessleitsystems umfasst keine Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem. Es kommt dazu die Büroautomation und Drittanwendungen zum Zuge.

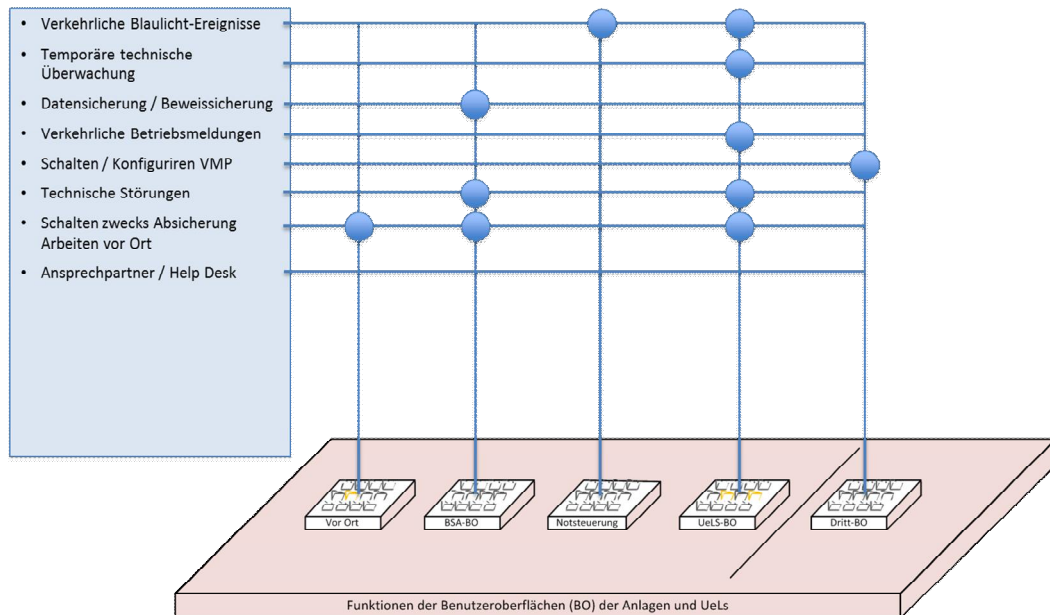


Abb. 5: Verwendung der Benutzeroberflächen des Tunnel-Schichtenmodells bei der Warnung von wichtigen Verantwortlichkeiten. Ein blauer Punkt bedeutet, dass beispielsweise die Wahrnehmung der Verantwortlichkeit für die verkehrlichen Blaulicht-Ereignisse die Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem via der UeLS-Benutzeroberfläche sowie der Notsteuerung erfolgt, aber nicht via der vor Ort Benutzeroberfläche

Abgrenzungen

Im Gegensatz zur Forschungsarbeit 'Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen' (Moser et al., 2012) wird in dieser Forschungsarbeit vermehrt auf die technischen und organisatorischen Aspekte eines Tunnel-Prozessleitsystems eingegangen. Die Interaktion des Operators mit der Benutzeroberfläche des UeLS ist in dieser Forschungsarbeit nicht von Belang. Ebenso wenig spielen der Aufbau der Benutzeroberfläche oder der Transaktionsablauf eine Rolle.

Synergien können vor allem in der gemeinsamen Sprache und der Methodik genutzt werden. Ähnlich wie die Forschungsarbeit zur Harmonisierung, werden auch in dieser Arbeit Begriffe definiert und so für die Praxis zugänglich gemacht. Verschiedene Begriffe (z.B. Prozessbeteiligte, Bedienorte) kommen in beiden Forschungsarbeiten vor und konnten aufeinander abgestimmt werden. Ein weiterer Punkt, bei dem Synergien genutzt werden können ist die Methodik. Die Interview- und Workshop-Erfahrungen aus der Harmonisierung konnten in dieser Forschungsarbeit wiederverwendet und verfeinert werden.

Eine wichtige Schnittstelle stellt der Einfluss der Prioritätsstufen auf die Stellenwertstufen dar. Es wird hier davon ausgegangen, dass je höher die Prioritätsstufe einer Meldung ist, desto höher ist auch ihre Stellenwert-Stufe. Es sollte geprüft werden, wie sich diese beiden eigenständigen Kategorien sinnvoll verbinden lassen.

2.2 Schicht der Benutzeroberflächen

Die Benutzeroberflächen dienen den Interaktionen mit dem Tunnel-Prozessleitsystem zwecks Übernahme der Verantwortung im Rahmen der Anwendungsfälle. Die verschiedenen Arten von Benutzeroberflächen sind anschliessend aus Sicht der logischen Datenflüsse mit den in Kapitel 2.1 aufgeführten Verantwortlichkeiten in Verbindung gebracht. Die Arbeit unterscheidet fünf Typen von Benutzeroberflächen. Diese Unterscheidung entstand aus der Perspektive der Lieferanten. So wird vereinfacht davon ausgegangen, dass die Lieferanten eines Tunnel-Prozessleitsystems ausschliesslich aus einem BSA- und einem UeLS-Lieferanten besteht. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die Notsteuerung, vor Ort und BSA-Benutzeroberfläche vom BSA-Lieferanten realisiert werden und die UeLS-Benutzeroberfläche vom UeLS Lieferanten. Unter dem Sammelbegriff

Drittbenutzeroberfläche werden solche von Drittherstellern verstanden.

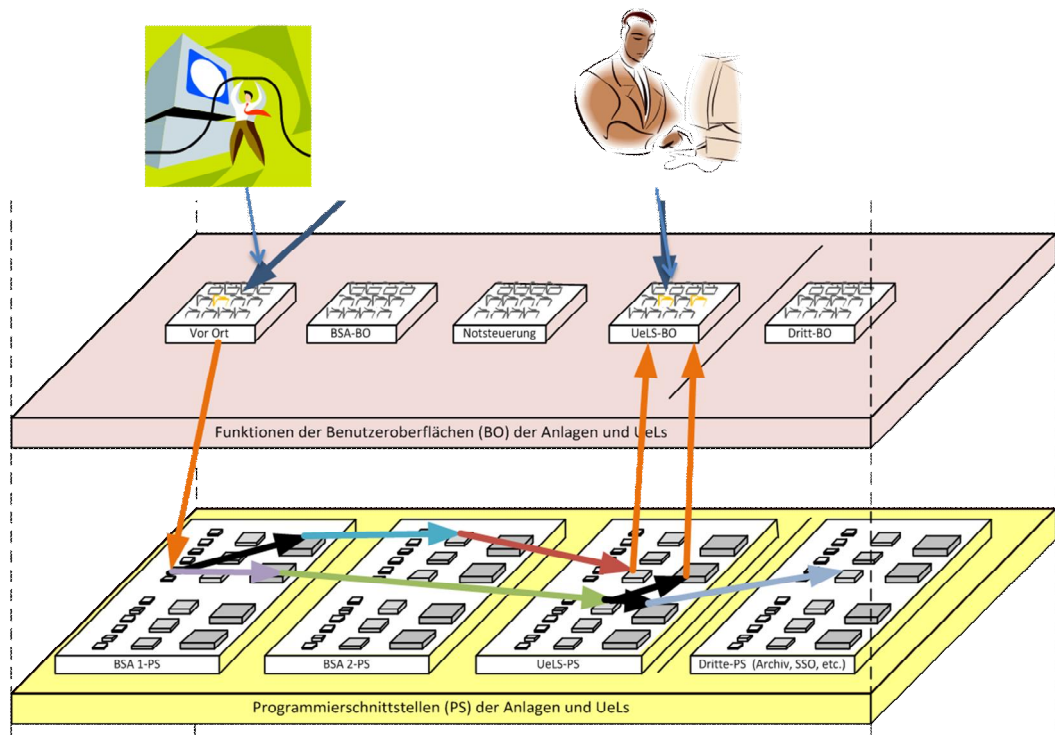


Abb. 6: Tunnel-Schichtenmodell auf der zweitobersten Stufe der Benutzeroberflächen. Die Benutzeroberflächen der BSA, des UeLS sowie von Drittapplikationen (Dritt-Benutzeroberfläche) werden im Rahmen von Anwendungsfällen durch Anwender verwendet um den Tunnel

Zusammenhang mit der Fragestellung

Die Beantwortung der Fragestellung 1 'Existenz eines Optimierungspotentials' umfasst die Beschränkung auf die effizienteste technische Speicherlösung, die die Anforderungen der Interaktion der Nutzer eines konkreten Tunnel-Prozessleitsystems erfüllt. Der Ort dieser Interaktion, die verschiedenen Benutzeroberflächen, wird in diesem Kapitel untersucht, dokumentiert sowie abstrahiert. Die Variationen der Interaktion als Folge von Unterschieden im Konzept der Benutzeroberflächen zwischen konkreten Tunnel-Prozessleitsystemen wurden im Rahmen der Forschungsarbeit 'Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen' untersucht und sind beträchtlich. Gründe sind unterschiedlich aufgebaute Benutzeroberflächen je nach Lieferant sowie die Anzahl der angeschlossenen Bedienörtlichkeiten (beispielsweise Leitstellen) (Moser et al., 2012).

Die Annahme der Fragestellung 2 'Beantwortbarkeit von Fragestellung 1' erfolgt somit an Hand der hier vorgestellten generalisierten Auflistung eines möglichen Konzepts der Benutzeroberflächen inklusive den Örtlichkeiten. Das vorgestellte Konzept kann somit explizit nicht alle verschiedenen Benutzer-Interaktion-Konfigurationen aus der Praxis umfassen, sondern ist eine angemessene Grundlage als Ausgangspunkt für die Suche nach der generischen optimalen Speichertechnik. Die in diesem Kapitel aufgeführte Liste von Benutzeroberflächen erhebt somit wiederum keinen Anspruch auf Vollständigkeit, noch sind die Einträge je nach Verwendung unbedingt klar voneinander abgrenzbar (beispielsweise BSA-Oberfläche und UeLS-Oberfläche). Sie ermöglicht aber die Bewertung bestehender Tunnel-Prozessleitsysteme aus einer einheitlichen Perspektive und dient als mögliche Soll-Anforderung für die Gestaltung von zukünftigen Systemen. In diesem Fall sollte darauf geachtet werden, die Gestaltungsentscheidungen von zukünftigen Benutzeroberflächen nicht völlig auf diese Generalisierung zu fixieren, sondern im konkreten Fall andere Priorisierungen oder Ergänzungen zu zulassen.

UeLS-Benutzeroberfläche

Die Verwendung der Benutzeroberfläche des UeLS als Teil eines Tunnel-Prozessleitsystems erfolgt im Rahmen der Anwendungsfälle 'Verkehrliche Blaulicht Ereignisse', 'Temporäre technische Überwachung', 'Verkehrliche Betriebsmeldungen', 'Technische Störungen' sowie 'Schalten zwecks Absicherung vor Ort' primär durch Vertreter der Organisationen kantonale Polizei und Betrieb und Unterhalt.

In diesen verschiedenen Anwendungsfällen stellt die Benutzeroberfläche eine umfassende Senke für Informationen aus dem Gesamttunnel dar. Die angezeigten Informationen umfassen die detektierten Ereignisse wie Brand, Lüftungsdefekt oder stehendes Fahrzeug aller BSA. Das Ereignis Brand führt beispielsweise zu einer Anzeige verdichteter Prozess-Sekundärdaten aus der Brandmeldeanlage. Die Information basiert auf ursprünglichen Prozessdaten wie dem Messwert eines Sichtsichtrübung-Sensors. Der in Abbildung 7 eingezeichnete Datenfluss fließt somit von einer BSA-Programmierschnittstelle zu einer Schnittstelle des UeLS und wird von diesem angezeigt. Der darauf durch den Nutzer vorgenommene Stellbefehl 'Tunnelbrand' erfolgt mittels der Benutzeroberfläche des UeLS als Quelle und fließt zu allen Senken der involvierten BSA. Sobald eine Zustandsänderung einer BSA erfolgt, ist dies potentiell auf den Benutzeroberflächen vor Ort im Tunnel oder der einzelnen BSA sichtbar (orange Pfeile nach oben in Abbildung 7).

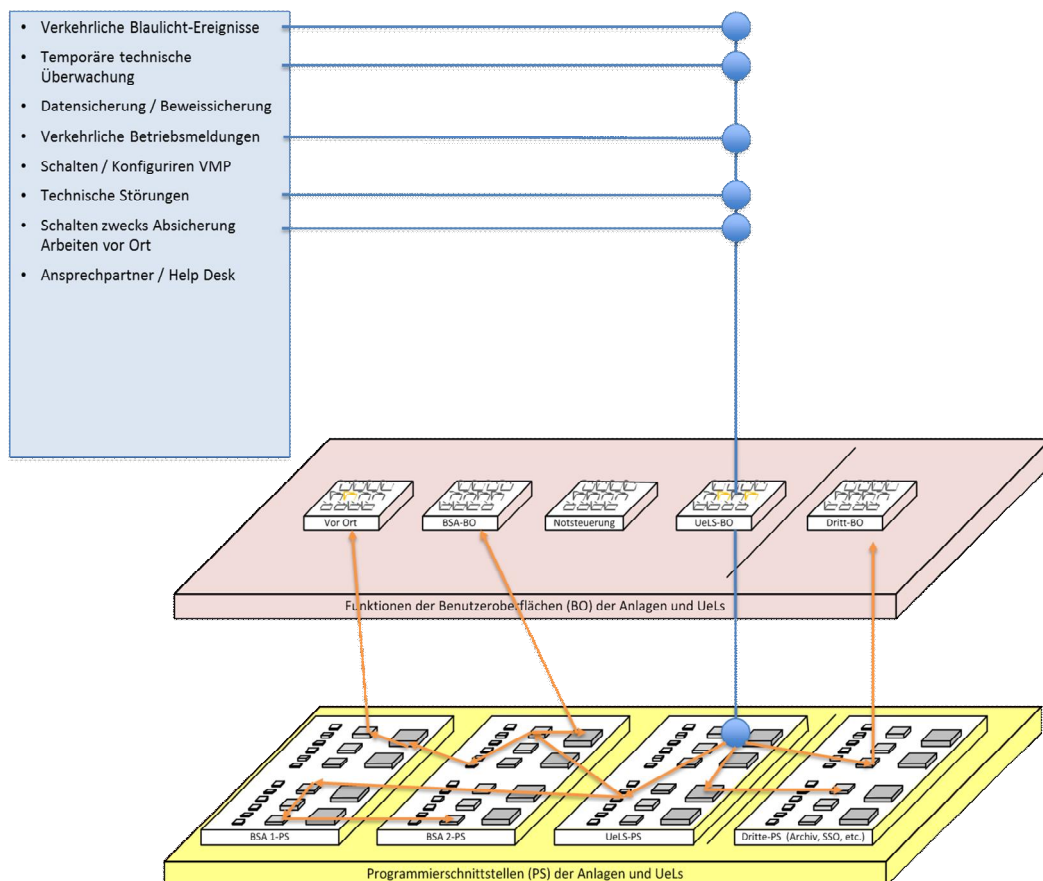


Abb. 7: Die Benutzeroberfläche des UeLS dient zur Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem und führt zu logischen Datenflüssen zu BSA sowie Drittsystemen sichtbar auf deren Benutzeroberflächen vor Ort, aus der Leitstelle oder an Drittrlichkeiten

BSA-Benutzeroberfläche

Die Verwendung der Benutzeroberfläche einer einzelnen BSA als Teil eines Tunnel-Prozessleitsystems erfolgt im Rahmen der Anwendungsfälle 'Datensicherung', 'technische Störungen' sowie 'Schalten zwecks Absicherung vor Ort' primär durch den Betrieb und Unterhalt.

In diesen verschiedenen Anwendungsfällen stellt die Benutzeroberfläche eine Senke für Informationen aus einer Teilanlage eines Tunnel dar. Die Interaktion ist auf die Teilanlage beschränkt und isoliert. Die Benutzeroberfläche zeigt die Daten einer BSA oftmals detaillierter an, z.B. mehr Messwerte, mehr Prozess- und Sekundärdaten. Der in Abbildung 8 eingezeichnete Datenfluss fließt somit primär von einer BSA internen Programmierschnittstelle zu einer weiteren internen Schnittstelle derselben BSA. Sie bietet weitere und umfangreiche Interaktionsmöglichkeiten, beispielsweise den Zugriff auf ein internes Archiv oder eine physische Datenschnittstelle zwecks Beweissicherung. Durch den Nutzer vorgenommene Stellbefehl auf der BSA, beispielsweise lokales 'Warnblinken', ist sicherlich auf den Benutzeroberflächen vor Ort im Tunnel oder allenfalls auf dem UeLS sichtbar (orange Pfeile nach oben in Abbildung 8).

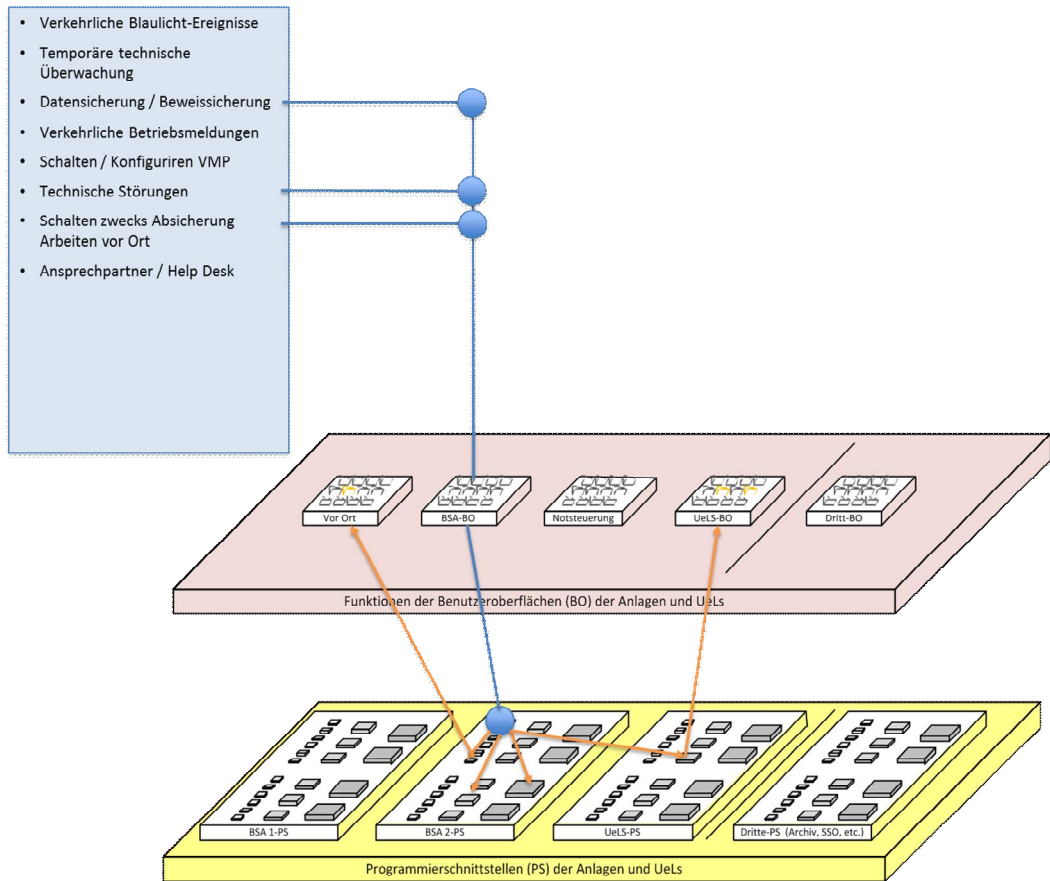


Abb. 8: Die Benutzeroberfläche der BSA dient zur Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem und führt zu logischen Datenflüssen innerhalb der BSA sowie zum UeLS sichtbar auf der Benutzeroberfläche vor Ort der BSA und teilweise auf der Oberfläche des UeLS

Benutzeroberfläche 'vor Ort'

Die Verwendung der vor Ort Benutzeroberfläche einer einzelnen BSA als Teil eines Tunnel-Prozessleitsystems erfolgt im Rahmen der Anwendungsfälle 'Datensicherung', 'Technische Störungen' sowie 'Schalten zwecks Absicherung vor Ort' primär durch den Betrieb und Unterhalt.

In diesen verschiedenen Anwendungsfällen stellt die vor Ort Benutzeroberfläche eine Senke für Informationen aus einer Teilanlage eines Tunnel dar. Die Interaktion ist auf die Teilanlage beschränkt und isoliert. Die Benutzeroberfläche zeigt oftmals in rudimentärer graphischer Art und Weise und weniger detailliert die Daten der BSA an, z.B. weniger Messwerte, weniger Prozess- und Sekundärdaten als auf der umfassenderen Benutzeroberfläche der BSA. Der in Abbildung 9 eingezeichnete Datenfluss ist grösstenteils analog zu Abbildung 8 und fließt somit primär von einer BSA internen Programmierschnittstelle zu einer weiteren. Allenfalls bietet sie Interaktionsmöglichkeiten wie den Zugriff auf

ein internes Archiv oder eine physische Datenschnittstelle zwecks Beweissicherung. Durch den Nutzer vorgenommene Stellbefehl auf der vor Ort Benutzeroberfläche beispielsweise lokales 'Warnblinken', ist meistens nicht überstellbar und auf der Benutzeroberfläche der BSA oder allenfalls auf dem UeLS sichtbar (orange Pfeile nach oben in Abbildung 9).

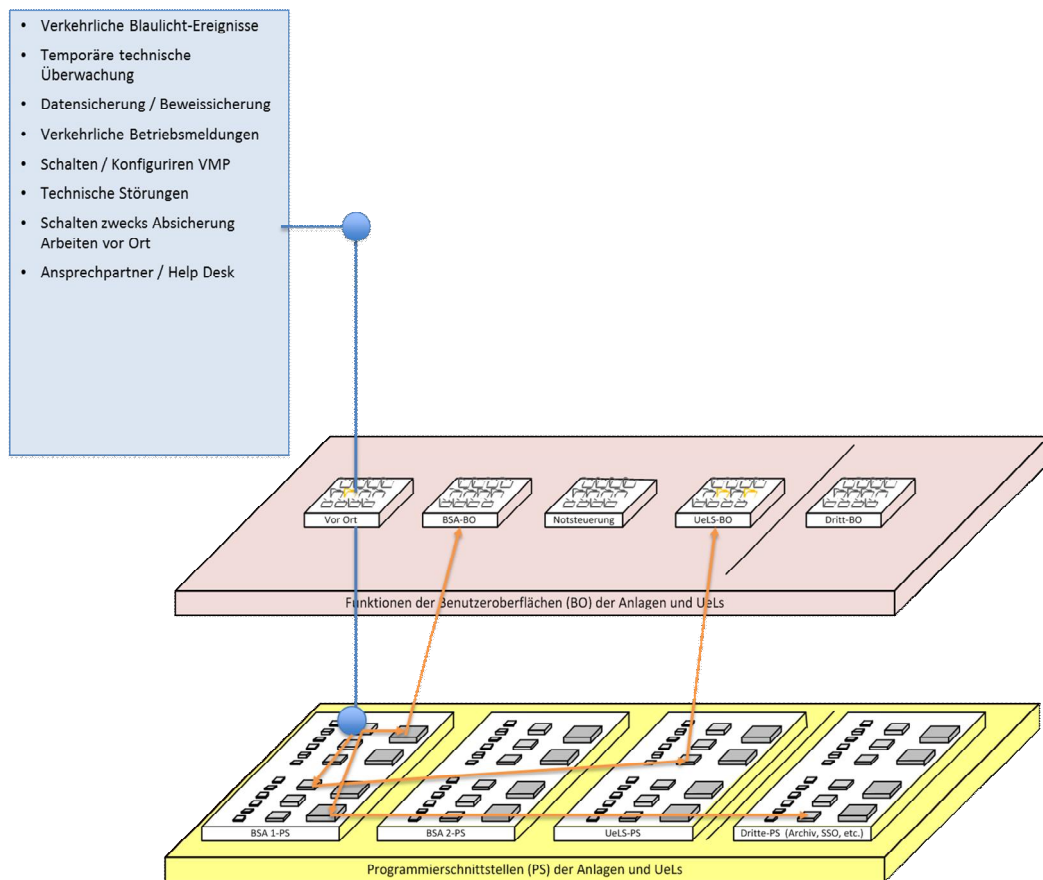


Abb. 9: Die Benutzeroberfläche vor Ort einer BSA dient zur Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem und führt zu logischen Datenflüssen innerhalb der BSA und allenfalls zum UeLS und Drittsystemen sichtbar auf der Benutzeroberfläche aus der Leitstelle der BSA oder des UeLS

Notsteuerungs-Benutzeroberfläche

Die Verwendung der Notsteuerung einer einzelnen BSA als Teil eines Tunnel-Prozessleitsystems erfolgt im Rahmen des Anwendungsfalls 'Verkehrliche Blaulicht-Ereignisse' primär durch die kantonale Polizei.

In diesem Anwendungsfall stellt die Benutzeroberfläche der Notsteuerung eine minimale höchstverfügbare Senke für einzelne Informationen aus einer Teilanlage eines Tunnels dar (Anlage an, aus). Die Interaktion ist auf die Teilanlage beschränkt und isoliert. Die Benutzeroberfläche zeigt Informationen der BSA oftmals in rudimentärster graphischer Art und Weise an, z.B. Signalisation 'Tunnel Rot' an oder aus. Der in Abbildung 10 eingezeichnete Datenfluss ist grösstenteils analog zu Abbildung 8 und fliesst somit primär von einer BSA internen Programmierschnittstelle zu einer weiteren. Durch den Nutzer vorgenommene Stellbefehl auf der Notsteuerung beispielsweise 'Tunnel Rot', ist normalerweise nicht überstellbar und auf der Benutzeroberfläche der BSA oder allenfalls auf dem UeLS als 'Notsteuerung aktiviert' sichtbar (orange Pfeile nach oben in Abbildung 10).

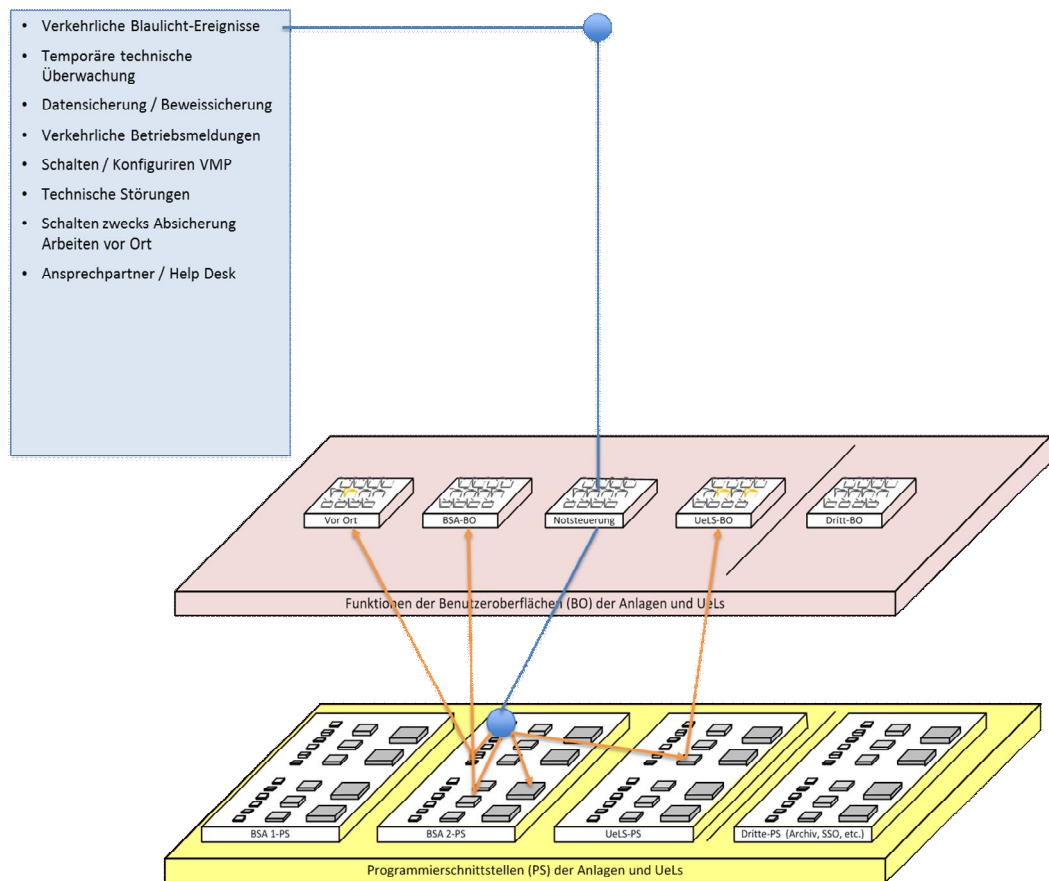


Abb. 10: Die Benutzeroberfläche der Notsteuerung einer BSA dient zur Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem und führt zu logischen Datenflüssen innerhalb der BSA und allenfalls zum UeLS sichtbar auf der Benutzeroberfläche vor Ort und aus der Leitstelle der BSA oder des UeLS

Drittbenutzeroberfläche

Die Verwendung von Drittbenutzeroberflächen als erweiterter Teil eines Tunnel-Prozessleitsystems erfolgt im Rahmen des Anwendungsfalls 'Schalten und Konfigurieren von Verkehrsmanagementplänen (VMP)' primär durch das Verkehrsmanagement.

In diesem Anwendungsfall stellt eine Drittbenutzeroberfläche eine Senke für einzelne Informationen aus einem Tunnel oder einer Teilanlage dar. Die Interaktion ist auf die Aufgaben des jeweiligen Anwendungsfalls beschränkt und isoliert. Die Benutzeroberfläche zeigt oftmals in umfassender Art und Weise integrierte Information verschiedener Tunnel-Prozessleitsysteme in Kombination mit Anlagen der offenen Strecke an z.B. 'Verkehrslage'. Der in Abbildung 11 eingezeichnete Datenfluss umfasst Prozessdaten, Messwerte oder Sekundärdaten und fließt somit primär von den BSA beispielsweise Signalisation, Verkehrsfernsehen oder Verkehrsdatenerfassung zur Programmierschnittstelle der Drittapplikation. Durch den Nutzer vorgenommene Stellbefehl in der Drittapplikation beispielsweise eine grossräumige Umlenkung, erfolgt normalerweise direkt auf der Drittbenutzeroberfläche und ist teilweise auf der BSA oder allenfalls auf dem UeLS als 'VMP aktiviert' sichtbar (orange Pfeile nach oben in Abbildung 11).

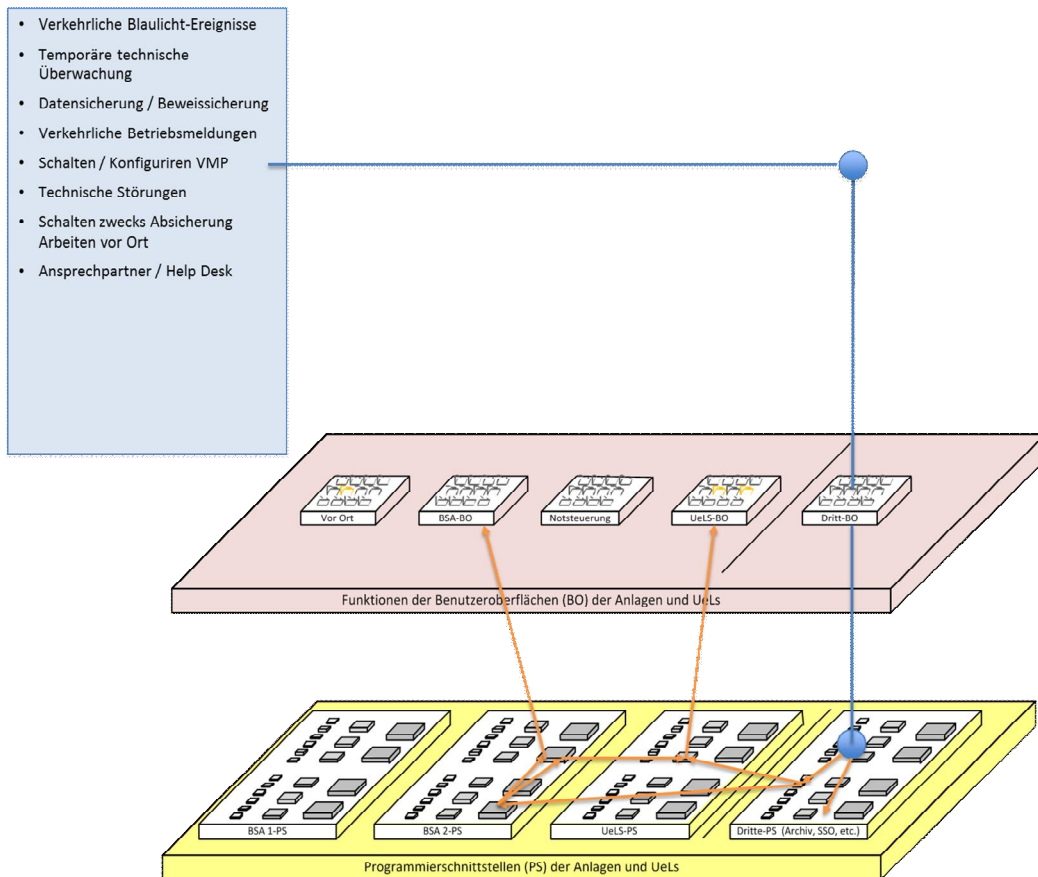


Abb. 11: Die Benutzeroberfläche der Drittsysteme dient zur indirekten Interaktion mit dem Tunnel-Prozessleitsystem und führt zu logischen Datenflüssen innerhalb der Drittsysteme und allenfalls zu ausgewählten BSA sichtbar auf der Benutzeroberfläche aus der Leitstelle der BSA oder des UeLS

Integrations-Benutzeroberfläche

Das Ausmass der Verwendung der BSA-Benutzeroberfläche variiert je nach Grad der Integration mit der Benutzeroberfläche des UeLS. In den betrachteten Anwendungsfällen wurde beispielsweise angenommen, dass der Zugriff auf die Beweissicherung einer BSA via die BSA-Benutzeroberfläche erfolgt. Es gibt aber Tunnel-Prozessleitsysteme bei denen diese Funktionalität ebenfalls auf der Benutzeroberfläche des UeLS angeboten wird. Wie und wo die Interaktion des jeweiligen Anwendungsfalls tatsächlich erfolgt, hängt daher vom grundsätzlichen Integrationsgrad ab. Die Abbildung 12 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

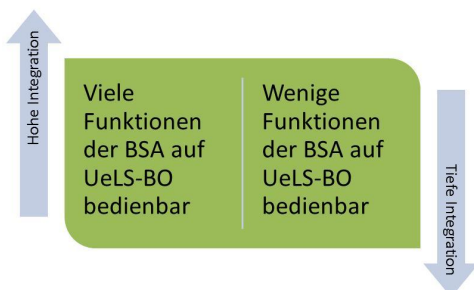


Abb. 12: Die Benutzeroberflächen-Integration zwischen UeLS und BSA entscheidet über den Bedienort. Eine hohe Integration führt dazu, dass fast jegliche Interaktion auf einer vom UeLS-Lieferanten erstellten Benutzeroberfläche erfolgt und umgekehrt

2.3 Schicht der Programmierschnittstellen

Der logische Datenfluss ist so definiert, dass er jeweils mindestens eine Quelle beispielsweise eine BSA und eine Senke beispielsweise das UeLS umfasst. Er beinhaltet also die Abhängigkeiten zwischen den Hauptentitäten eines Tunnel-Prozessleitsystems aus Sicht Informationsaustausch ohne das Reflektieren über die konkrete unterstützende Speichertechnik oder die physische Lokalität und Art der Anlage. Er trägt die Perspektive des Endanwenders und der Anforderungen aus der Anwendungsdomäne in sich (obere Schichten des Schichtenmodells).

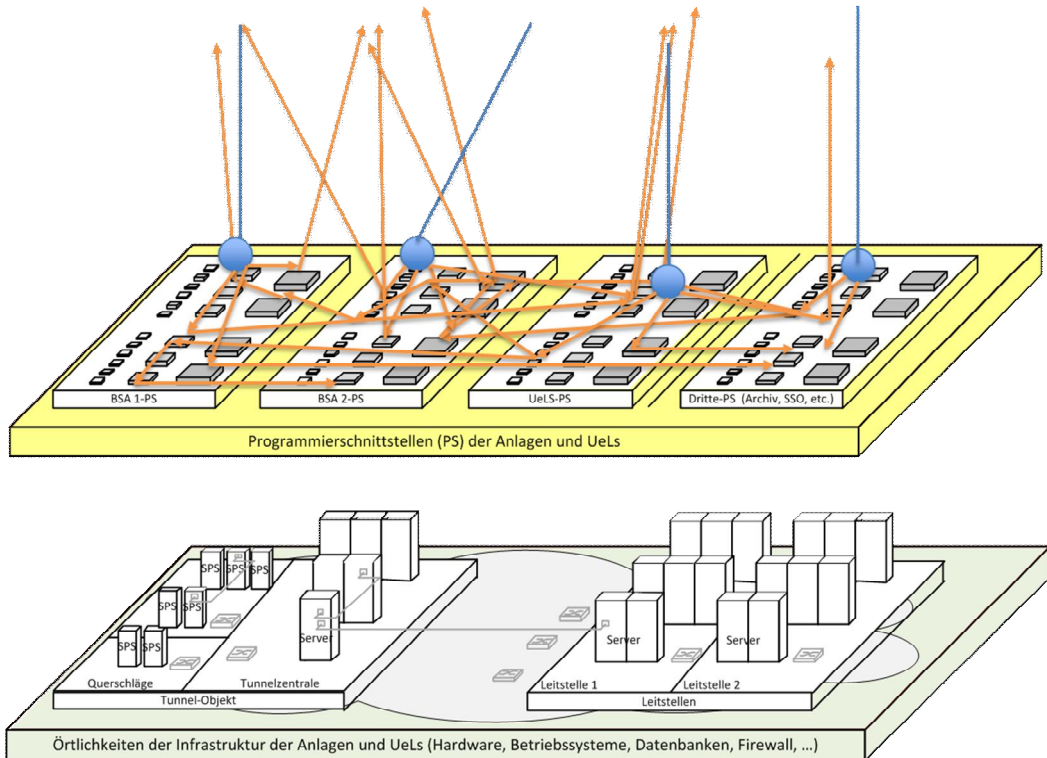


Abb. 13: Die logischen Datenflüsse als Folge der Interaktionen dienen zur Kategorisierung und zur Priorisierung. Auf der Schicht der Programmierschnittstellen zeigen sie alle Einstiegspunkte sowie Interaktionen mit den Benutzeroberflächen in der Schicht darüber

Zusammenhang mit der Fragestellung

Die Beantwortung der Fragestellung 1 'Existenz eines Optimierungspotentials' umfasst die Beschränkung auf die effizienteste technische Speicherlösung, die die Anforderungen Tunnel-Prozessleitsystems erfüllt. Diese Anforderungen sind in generalisierter Form im Unterkapitel zur Schicht Organisation und Benutzeroberflächen festgehalten. Eine Übersetzung der Anforderungen in eine technischere Notation ist der logische Datenfluss.

Die Annahme von Fragestellung 2 'Beantwortbarkeit von Fragestellung 1' kann sich auf diese Übersetzung beziehen und stellt sie als generalisierte logische Datenflüsse in einem Tunnel-Prozessleitsystem dar. Diese Notation des logischen Datenflusses bietet eine einheitliche Grundlage als Rahmen für die Suche nach der effizientesten technischen Umsetzung des Tunnel-Prozessleitsystems insgesamt und der Speichertechnik insbesondere. Die Bewertung bestehender Tunnel-Prozessleitsysteme an Hand eines Vergleichs derer logischen Datenflüsse mit den hier dokumentierten generalisierten logischen Datenflüssen ermöglicht die Definition einheitlicher Bewertungsmerkmale aus einer einheitlichen Perspektive und gleicht gleichzeitig alle generalisierten Soll-Anforderungen für die Gestaltung von Systemen mit dem Spezialfall ab.

Entitäten-Austausch

Der logische Datenfluss hilft vereinfacht Quelle-Ziel Beziehungen von ausgetauschten Informationen zwischen den Entitäten des Tunnel-Prozessleitsystems darzustellen. Der Entstehungsort, die Quelle, von Prozessdaten, Prozess-Sekundärdaten oder Stellbefehlen kann sich dabei sowohl in einer einzelnen BSA im UeLS oder in einem Drittsystem befinden. Die möglichen verwendeten Typen zum logischen Austausch zwischen den verschiedenen Entitäten sind in Abbildung 14 dargestellt und anschliessend erklärt:

- **BSA-Intern.** Die Quelle und die Senke des logischen Datenflusses liegen beide innerhalb der gleichen BSA. So kann z.B. der PID-Regler der Lüftungs-BSA eine Senke des logischen Datenflusses des Geschwindigkeitsmessungssensors des Lüftungsrohrs sein.
- **BSA-zu-BSA / Reflexe.** Die Quelle und die Senke des logischen Datenflusses liegen zwar innerhalb der BSA, wobei es sich dabei nicht um die gleiche BSA handelt. BSA-zu-BSA stellt daher eine Integration oder Kopplung zweier BSA-Prozessleitsysteme dar. Logische BSA-zu-BSA Datenflüsse müssen die jeweilige Reflexmatrix eines Tunnel-Prozessleitsystems abbilden. Es kann aber nicht davon ausgegangen werden, dass alle Reflexe automatisch ohne manuelle Freigabe, Bestätigung oder Zeitgrenze ausgeführt werden. Bei der Abbildung der Reflexmatrix in logische Datenflüsse ist daher die Unterscheidung zwischen Reflexen 1. Stufe und 2. Stufe zu berücksichtigen. Oftmals sind für die physische Umsetzung von Reflexen Richtlinien vorhanden, beispielsweise das bestimmte BSA-zu-BSA (Quelle-Senke) Datenflüsse eine physische Redundanz benötigen. Die Redundanz dient dazu, dass sich bei Fehler in der Übertragung durch Verfälschung oder Verlust der logische Datenfluss dennoch gewährleistet werden kann.
- **BSA-zu-UeLS.** Die Quelle des logischen Datenflusses befindet sich in der BSA und die Senke im UeLS. Der logische Datenfluss dient dazu z.B. die aktuelle Verfügbarkeit der technischen Funktionsfähigkeit einer BSA an die Zentrale zu kommunizieren und Abweichungen vom Normalzustand zu melden.
- **UeLS-zu-BSA.** Die Quelle des logischen Datenflusses liegt im UeLS und die Senke in einer BSA. Zwecks Stellbefehlen zur Intervention und manueller Steuerung des Prozessleitsystems der BSA kann der Operator je nach Benutzeroberflächen-Integrationsgrad mittels UeLS Befehle absetzen. Die Befehle dienen im Tunnel-Prozessleitsystem zur Steuerung und Überwachung von Prozessen und entsprechen ebenfalls einem logischen Datenfluss.
- **BSA-zu-Drittsystemen.** Die Quelle des logischen Datenflusses befindet sich in einer BSA und die Senke in einem Drittsystem. Mögliche Drittsysteme sind beispielsweise zukünftige Zustandserfassungsapplikationen oder ein Austausch mit einer externen Verkehrsmanagement-Applikation (Verkehrslage).
- **Drittsystem-zu-BSA.** Die Quelle des logischen Datenflusses liegt in einem Drittsystem und die Senke in einer BSA. Zwecks Intervention oder manueller Steuerung des Prozessleitsystems der BSA kann das Drittsystem teilweise Stellbefehle an dieses absetzen. Ein Beispiel ist der Ansatz mit dem sogenannten kantonalen VM-Rechner im Rahmen der Systemarchitektur BSA Schweiz (SA-CH).
- **UeLS-Intern.** Die Quelle und die Senke des logischen Datenflusses liegen innerhalb des UeLS. Im UeLS werden oftmals weitere Verdichtungen, Zusammenfassungen, Plausibilisierungen oder Interpretationen von Prozessdaten, Sekundär-Prozessdaten oder von Stellbefehlen vorgenommen. Dafür können BSA-zu-UeLS Datenflüsse über die verschiedenen Ebenen und Komponenten des UeLS weiterverteilt werden.
- **UeLS-zu-Drittsystemen.** Die Quelle z.B. von abgeleiteten oder für den gesamten Perimeter zusammengefassten logischen Datenflüssen liegt innerhalb des UeLS und kann von Interesse für eine Zustandserfassungsapplikation der Erhaltungsplanung und für den Austausch mit einer künftigen Systemarchitektur BSA Schweiz (SA-CH) sein.
- **Drittsystem-zu-UeLS.** Die Quelle des logischen Datenflusses liegt in einem Drittsystem und die Senke in einem UeLS. Die Intervention eines Operators in einer Drittsystem-Applikation führt zu einem automatischen Stellbefehl an das Prozessleitsystems einer BSA. Sendet die Polizei z.B. via E-Mail eine Aufforderung zum Stellen einer WTA (Wechseltextanzeige), stellt dieses Mail keinen logischen Datenfluss dar. Wenn

die Polizei hingegen eine Verkehrsinformations-Applikation verwendet, die automatisch einen WTA-Stellbefehl an das entsprechende UeLS sendet, entspricht diese einem logischen Datenfluss zum Tunnel-Prozessleitsystem.

- **Drittsystem-intern.** Die Quelle und Senke liegt innerhalb eines Drittsystems z.B. Systemarchitektur BSA Schweiz (SA-CH).
- **Drittsystem-zu-Drittsystem.** Die Quelle und Senke liegt innerhalb zweier Drittsysteme z.B. Systemarchitektur BSA Schweiz (SA-CH) und Erhaltungsplanungsapplikation.
- **UeLS-zu-UeLS.** Die Quelle und die Senke des logischen Datenflusses befinden sich zwar beide in einem UeLS, nur handelt es sich dabei um zwei unterschiedliche. Im Rahmen dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass kein Austausch von logischen Datenflüssen mit anderen UeLS erfolgt.

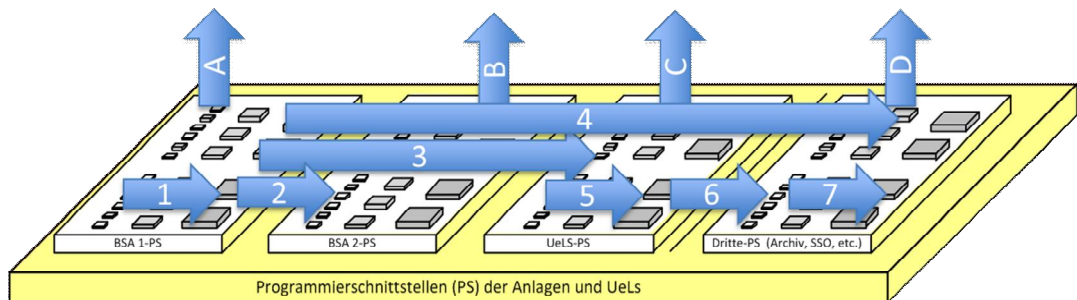


Abb. 14: Die Typen der logischen Datenflüsse zum Austausch zwischen den Entitäten

Weitere Unterscheidungsmerkmale

Weitere Freiheitsgrade und somit Unterscheidungsmerkmale für logische Datenflüsse innerhalb eines Tunnel-Prozessleitsystems umfassen beispielsweise die Bedeutung für Drittabnehmer, die Tunnelsicherheit sowie die technische Funktionsüberwachung und sind hier kurz definiert sowie anhand eines Beispiels verdeutlicht.

- **Drittabnehmer**

- **Definition.** Die logischen Datenflüsse unterscheiden sich in der Bedeutung für Organisationen ausserhalb der in diesem Dokument aufgelisteten (z.B. MISTRA). Bestimmte Daten aus den Tunnel-Prozessleitsystemen haben z.B. eine Bedeutung für die verantwortlichen Wartungsunternehmen, für die nachgelagerte Verwertung zwecks Verkehrsplanung, für die Analyse des Energieverbrauchs, die Kontrolle der Bewirtschaftung der Gebietseinheit durch die Erhaltungsplanung, etc.
- **Bedeutung.** Zusätzliche Abnehmer die Zugriff auf Prozessdaten haben, haben weitere funktionale und qualitative Anforderungen. Diese gilt es in einer Entscheidung z.B. für die Notwendigkeit einer BSA-zu-UeLS Schnittstelle zu beachten.
- **Beispiel.** Der Stromverbrauch der verschiedenen BSA Anlagen und besonders der Lüftungen ist beträchtlich. Seit der Strommarktliberalisierung für Grosskunden hat die Eigentümerin, das ASTRA, die Möglichkeit diesen zentral beschaffen. Dazu benötigt es genaue Angaben über das besondere Bedürfnis.

- **Hierarchie**

- **Definition.** Örtlichkeit der Quellen und Senken von Prozessdaten in den verschiedenen Schichten der Hierarchie des Modells eines Tunnel-Prozessleitsystems.
- **Bedeutung.** Die Hierarchie gibt Hinweise über die Freiheitsgrade in der Wahl der Technologie.
- **Beispiel.** So kann beispielsweise in einem Rundschlag eines Tunnels kein Server installiert werden.

- **Datenschutz**

- **Definition.** Die Entwicklungen im Bereich Datenschutz (Bäriswil, 2010) umfassen Themen, die einen Rahmen geben für Verkehrsüberwachungs- und Verkehrsbeobachtungsanlagen. Prozessdaten mit einem Bezug zu Persönlichkeitsrechten sind speziell zu behandeln.

- **Bedeutung.** Für Prozessdaten mit erkennbaren Personen (z.B. via Fahrzeug-Nummernschildauswertung) ist der Umgang im Rahmen der Zulassung durch das Bundesamt für Metrologie solcher Anlagen zu klären (Bundesamt für Metrologie, 2009).
 - **Beispiel.** Hochauflösende Verkehrsfernsehen-Aufnahmen, die die Identifikation von Nummernschildern oder Gesichter ermöglichen, unterstehen dem Datenschutz.
- **Tunnelsicherheit**
 - **Definition.** Die BSA der Tunnels dienen zu einem grossen Teil der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer im Tunnel.
 - **Bedeutung.** Die richtige Umsetzung der Reflex-Matrix sowie die Funktionsbereitschaft der Anlagen bei kritischen Ereignissen (z.B. Tunnel-Brand) bedeuten spezifische Vorgaben für die Wahl der Technologie in der Umsetzung.
 - **Beispiel.** Die Umsetzung eines logischen Datenflusses vom Typ BSA-zu-BSA muss teilweise redundant erfolgen.
- **Technische Funktionsüberwachung**
 - **Definition.** Die verschiedenen Anlagen in Tunnel ermöglichen einzeln, im Verbund oder in Subgruppen Funktionen. Diese Funktionalität ist eingeschränkt, wenn technische Mängel vorliegen.
 - **Bedeutung.** Eine Vielzahl der logischen Datenflüsse dient daher der Überwachung der technischen Funktionalität und erfasst Abweichungen.
- **Auflösung**
 - **Definition.** Die logischen Datenflüsse unterscheiden sich in der zeitlichen Auflösung. Die Auflösung entspricht dem Zeitschritt zwischen zwei Generationen von Datenflüssen.
 - **Bedeutung.** Es macht keinen Sinn die Geschwindigkeit der Erneuerung eines Messwertes höher zu wählen als der Operator diesen wahrnimmt. D.h. die Geschwindigkeit sollte aus den Anforderungen an die Interaktion oder der Reflexmatrix folgen. So muss ein Drittsystem z.B. verkehrliche Ganglinien für eine dynamische Signalisation alle 5 Minuten neu berechnen oder die Drehzahlmessung als Eingabegrösse für die Lüftungsanlaufsteuerung mit bis zu 2000 Datenpunkten pro Sekunde versorgen. Die Quellen der Prozessdaten müssen den höchsten Erneuerungstakt der Senken erfüllen.
 - **Beispiel.** Die Anlaufsteuerung einer Lüftung benötigt eine zeitlich hohe Auflösung im Bereich von Millisekunden z.B. für die Überwachung und Koordination der verschiedenen involvierten Akteure. Die Verkehrssteuerung-BSA benötigt eine Auflösung beim Stellen der Signale im Bereich von mehreren Sekunden (1000x weniger) und Minuten im Bereich des Berechnen von neuen Geschwindigkeitsregimes.

Verdichtung von Prozessdaten (Sammelmeldung)

Die Verdichtung von beispielsweise Prozessdaten entspricht dem Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe Prinzip (EVA). Die Daten verschiedener Quellen dienen als Eingabe. Mittels hinterlegter Verarbeitungslogik und deren aktuellen Konfiguration werden diese im Verarbeitungsschritt 'verdichtet'. Als Ausgabe entstehen z.B. vereinfachte, abgeleitete, plausibilisiert oder interpretierte Informationen. Die verdichteten Informationen sind für die Steuerungen und Anwender der Tunnel-Prozessleitsysteme in der Erbringung der täglichen Arbeit von existentieller Grundlage. Die Projektierer, Realisierer und Betreiber von Tunnel-Prozessleitsystemen legen grossen Wert auf die stufengerechte Verdichtung von Prozessdaten. Die Operatoren, die einen technischen Prozess überwachen und Entscheidungen treffen müssen, sind vor der Menge an elektronischen Informationen zu schützen. Der Operator muss immer nur jene möglichst wenigen Informationen zeitgerecht erhalten, die er als ausreichende und gesicherte Grundlage in der verfügbaren Zeit verwerten kann.

2.4 Schicht der Örtlichkeiten

Der physische Datenfluss ist so definiert, dass er jeweils mindestens eine physische Anlage als Quelle, beispielsweise eine SPS einer BSA und eine physische Senke, beispielsweise den Leitreechner des UeLS umfasst. Er ist ein Mittel die im logischen Datenfluss dargestellten Abhängigkeiten zwischen den Hauptentitäten eines Tunnel-Prozessleitsystems physisch zu realisieren, beispielsweise durch die Wahl der Speichertechnik, der physischen Lokalität und Art der Anlage sowie der Verdrahtung. Jeder physische Datenfluss muss auf einen logischen rückführbar sein, da ansonsten keine Anforderung für diesen existiert. Die technische Realisierungsmöglichkeit der physischen Datenflüsse im Bereich der Ablage oder Speicherung von beispielsweise Prozessdaten kann stark vereinfacht in zwei orthogonale Lösungsansätze unterteilt werden. Einerseits kann die physische Realisierung eines logischen Datenflusses jeweils möglichst nahe an der physischen Quelle, am ursprünglichen Ort, dezentral erfolgen oder möglichst gebündelt, also zentralisiert in einer zentralen Infrastruktur beispielsweise in der Leitstelle. Die beiden Ansätze sind in den nächsten Abschnitten detaillierter beschrieben. In der Praxis finden sich oftmals hybride Ansätze, also ein sowohl als auch der beiden.

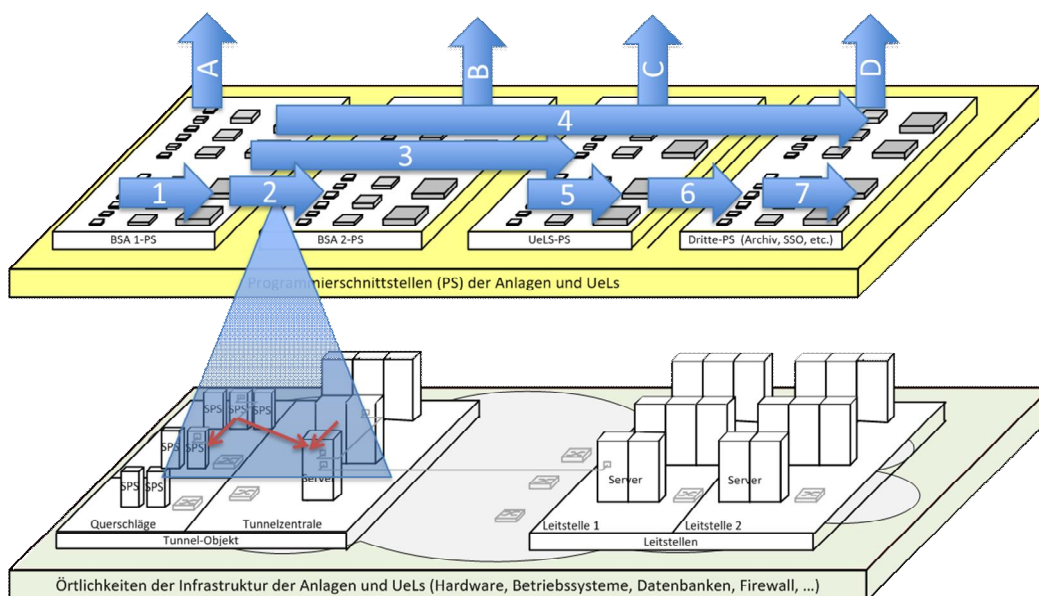


Abb. 15: Jeder physische Datenfluss muss aus einem logischen Folgen und befindet sich in der Schicht der Örtlichkeiten

Zusammenhang mit der Fragestellung

Die Beantwortung der Fragestellung 1 'Existenz eines Optimierungspotentials' benötigt die Identifikation eines Optimierungspotentials bei unveränderten Anforderungen. Das heißt, es müssen Übererfüllungen der effektiven Anforderungen durch die eingesetzten Techniken identifiziert werden. Im Bereich der Speichertechniken wird dabei in diesem Kapitel auf die verschiedenen technischen Datenflussvarianten eingegangen, wie bei gleichen Anforderungen Übererfüllungen aussehen und wie eine Optimierung aussehen könnte.

Es wird im Sinne der Fragestellung 2 für jede technische Variante eine Abschätzung bezüglich Aufwand und Praxistauglichkeit im Umfeld der Leittechnik gegeben. Die Stellungnahme zur 'Beantwortbarkeit der Fragestellung 1' erfolgt somit an Hand der generalisierten Auflistung der Anforderungen mittels des logischen Datenflusses aus dem vorangegangenen Kapitel. Sie gibt den Rahmen für die Suche nach der optimalen technischen Umsetzung des Tunnel-Prozessleitsystems insgesamt und der Speichertechnik insbesondere vor und ermöglicht die Bewertung bestehender Tunnel-Prozessleitsystemen aus einer einheitlichen Perspektive.

Betrachtung in der Automatisierungspyramide

Weitverbreitet ist die Betrachtung der Tunnel-Prozessleitsysteme in einer Adaption der sogenannten Automatisierungspyramide beispielsweise aus der Norm IEC 62264 (2003).

Der logische Datenfluss aus Abbildung 15 zeigt das Zusammenspiel der Entitäten des Tunnel-Prozessleitsystems aus Sicht des Schichtenmodells. In diesem Kapitel wird beschrieben, was die Analogie in der klassischeren Automatisierungspyramide eines Tunnel-Prozessleitsystems ist sowie wie die logischen Quellen und Senken in dieser interpretiert werden können. Zwecks besserem Verständnis des logischen Datenflusses dient dessen Abbildung auf eine vereinfachte Automatisierungspyramide eines generalisierten Tunnel-Prozessleitsystems (Abbildung 16). Es besteht aus verschiedenen Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) sowie einem übergeordneten Leitsystem (UeLS). Jede BSA wird als ein eigenständiges und vollständiges Prozessleitsystem dargestellt. Die in der Automatisierungspyramide verwendeten Hierarchieebenen sind:

- **Prozessleitebene.** Die höchste Ebene einer BSA entspricht der Prozessleitebene und besteht aus einem BSA Kopfrechner (KR). Dieser ermöglicht das Bedienen und Beobachten der Prozesse sowie das Verwalten, Ausführen und Archivieren der Prozessdaten der BSA. Die Hardware benötigt entsprechende Rechenleistung, ist häufig ein Industrie-PC und befindet sich in der Zentrale des Tunnels und ist klimatisch geschützt. Die Prozessleitebene hat eine mittlere Höchstverfügbarkeit für einen sicheren Betrieb.
- **Steuerebene.** Das Fachhandbuch BSA bezeichnet die Steuerebene der BSA als Ebene der Gruppenrechner (GR). Die verschiedenen Steuerungen und Regler einer BSA werden häufig dieser Ebene zugezählt. Da sich diese im klimatischen Umfeld von Querschlägen eines Tunnels befinden können, kommen hier oft wetterfeste Steuerungskomponenten zum Einsatz. Heute sind dies z.B. Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS), früher waren dies Relais. Die Steuerebene hat eine hohe Höchstverfügbarkeit für einen sicheren Betrieb.
- **Feldebene.** Die Feldebene oder Ebene der Einzelrechner (ER) der BSA besteht aus Prozesssignalen, Ein- / Ausgabemodulen, Feldbussen und dient der schnellen Datensammlung und Steuerung der Sensoren und Aktoren der BSA. Die Feldebene hat eine maximale Höchstverfügbarkeit für einen sicheren Betrieb (Safety First).

Das Modell umfasst weiter ein UeLS. Diese Arbeit versteht das UeLS als Prozessleitsystem mit analogen Hierarchieebenen zu obiger Automatisierungspyramide. Die verwendeten Hierarchieebenen des UeLS sind:

- **Strategieebene (Unternehmensebene).** Die Strategieebene dient der Planung, Abwicklung und Unterstützung von Geschäftsprozessen, die nicht Teil des Tunnel-Prozessleitsystems sind. Im Nationalstrassenumfeld können z.B. die zukünftigen integrierten Applikationen VMZ-CH, EMS-CH Instandhaltung, Zustands- und Risikoanalysen, MISTRA, UPlaNS Zustandserfassungen, Rechnungswesen, etc. zu dieser Ebene hinzu gezählt werden.
- **Betriebsleitebene.** Die Betriebsleitebene des UeLS dient der Überwachung, dem Qualitätsmanagement sowie als Arbeitsplatz für die kantonale Polizei zwecks Verkehrssteuerung sowie dem Betrieb und Unterhalt zur Wartung der BSA. Die Betriebsleitreechner (BLR) stellen häufig den Ort für die Schnittstellen zu Drittsystemen der Unternehmensebene ausserhalb der Leittechnik dar (z.B. VMZ-CH). Die Betriebsleitebene besteht normalerweise aus redundanten Betriebsleitrechnern. Diese bieten eine Visualisierung über alle Objekte eines geographischen Perimeter (z.B. eines Kantons). Häufig bietet das Rechenzentrum einer Kantonspolizei oder eines Stützpunktes von Betrieb und Unterhalt den physischen Raum für die Technikkomponenten.
- **Prozessleitebene.** Die Prozessleitebene des UeLS besteht aus den Knotenrechnern (KNR). Diese sind oftmals einem Tunnelobjekt zugewiesen. Sind zehn Tunnels in ein UeLS integriert, sind ca. zehn KNR in Betrieb. Im Normalfall dient die Prozessleitebene der Bedienung und Beobachtung und Steuerung der Anlagen. Das UeLS weicht von diesem Normalfall ab. Es bietet diese Funktionalitäten häufig auf dem KNR nicht an, sondern auf den Kopfrechnern der verschiedenen BSA-Anlagen. Die BSA Kopfrechner werden über eine Schnittstelle mit den KNR verbunden.
- **Steuerebene.** Das UeLS hat im Normalfall keine Steuerebene oder tiefere Ebene der Automatisierungspyramide.

Im Modell in der Abbildung 16 sind die verschiedenen Entitäten-Austauscharten visualisiert. In der klassischen Automatisierungspyramide fließt die Information in verdichteter Form nach oben und ein Grossteil der erfassten Prozess-, Sekundär und weiteren Daten verbleibt in den unteren Schichten.

- **BSA-Feldebene, Steuerebene und Prozessleitebene.** Der BSA-interne Informationsaustausch findet in diesen Ebenen statt und entspricht dem Pfeil mit der Nummer 1. Die BSA-zu-BSA Kommunikation im Rahmen von Reflexen erfolgt im Normalfall innerhalb einer Ebene (Pfeil mit der Nummer 2 in Abbildung 16).
- **BSA-Prozessleitebene zu UeLS-Prozessleitebene.** Der Informationsaustausch erfolgt über eine Programmierschnittstelle auf der Stufe des Kopfrechners der BSA zu einem Knotenrechner des UeLS. Die Form der Schnittstelle umfasst für Prozess- und Sekundärdaten oftmals Datenpunkte. Für den notwendigen weiteren Austausch beispielsweise Zeitsynchronisation zwecks Gewährleistung von einheitlichen Zeitstempeln bei Ereignisfolgen kommen weitere proprietäre Schnittstellen zum Zuge. Der physische Datenfluss über diese Schnittstelle ist mit dem Pfeil Nummer 3 in Abbildung 16 visualisiert.
- **BSA-Feldebene, Steuerebene und Prozessleitebene zu Drittkomponente.** zwecks Archivierung oder Beweissicherung sowie Zentralisierung der Datenablage ist beispielsweise der Austausch mit einer dezidierten Speichertechnik Komponente für ein oder mehrere Tunnel-Prozessleitsysteme vorstellbar. Der physische Datenfluss führt die Daten von der Anlage der BSA zur Anlage der Speichertechnik, die nicht Teil des UeLS oder einer BSA ist. Die physische Quelle liegt somit beispielsweise auf der BSA-Feldebene beim Brandsensor. Die physische Senke ist eine Speichertechnikanlage in der zentralen Leitstelle und visualisiert mit Pfeil Nummer 4 in Abbildung 16.
- **UeLS-Prozessleitebene und Betriebsleitebene.** Die physischen Komponenten in diesen Ebenen in Abbildung 16 sind beispielsweise verschiedene Knotenrechner sowie Leitrechner. Auf diesen ist die Funktionalität des UeLS aus Schicht 'Programmierschnittstelle' verteilt. Die physische Quelle und Senke des Informationsflusses ist ein Teil des UeLS und visualisiert mit Pfeil Nummer 5.
- **UeLS-Betriebsleitebene und Strategieebene (Drittkomponenten).** Der Austausch von der Betriebsleitebene in eine Strategieebene ist in der Automatisierungspyramide vorgesehen (ISO, 2003). Bei hiesigen Tunnel-Prozessleitsystemen ist dieser Informationsfluss grundsätzlich mit logischen und physischen Systembrüchen, sogenannten 'Luftspalten', unterbrochen. Daten können nur durch einen manuellen Eingriff über den Luftspalt gebracht werden beispielsweise mit einem Datenträger oder durch das manuelle Einsetzen eines physischen Verbindungskabels. Das heisst, dass die physische Realisierung von Datenflüssen mit einer Quelle im UeLS und der Senke in einer Dritt-Applikation normalerweise einen manuellen Schritt umfasst. Dieser physische Datenfluss ist visualisiert als Pfeil Nummer 6.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Quellen und Senken aus der 'flächen' Darstellung der Entität-Austauscharten in Abbildung 15 mit den Nummern 1, 2, 3, 5, 7 sowie die Benutzeroberfläche C dem Austausch innerhalb oder mit der Nachbarschicht in der Automatisierungspyramide entsprechen. Dem gegenüber steht der direkte Austausch einer BSA mit einer Drittkomponente ohne Einbezug des UeLS (Nummer 4), was die Automatisierungspyramide nicht einhält genauso wie die verbreitete Verwendung der Kopfrechner der BSA als Ort der Bedienung beispielsweise via einem Browser aus der Leitstelle (Oberflächen Pfeil mit Letter A und B).

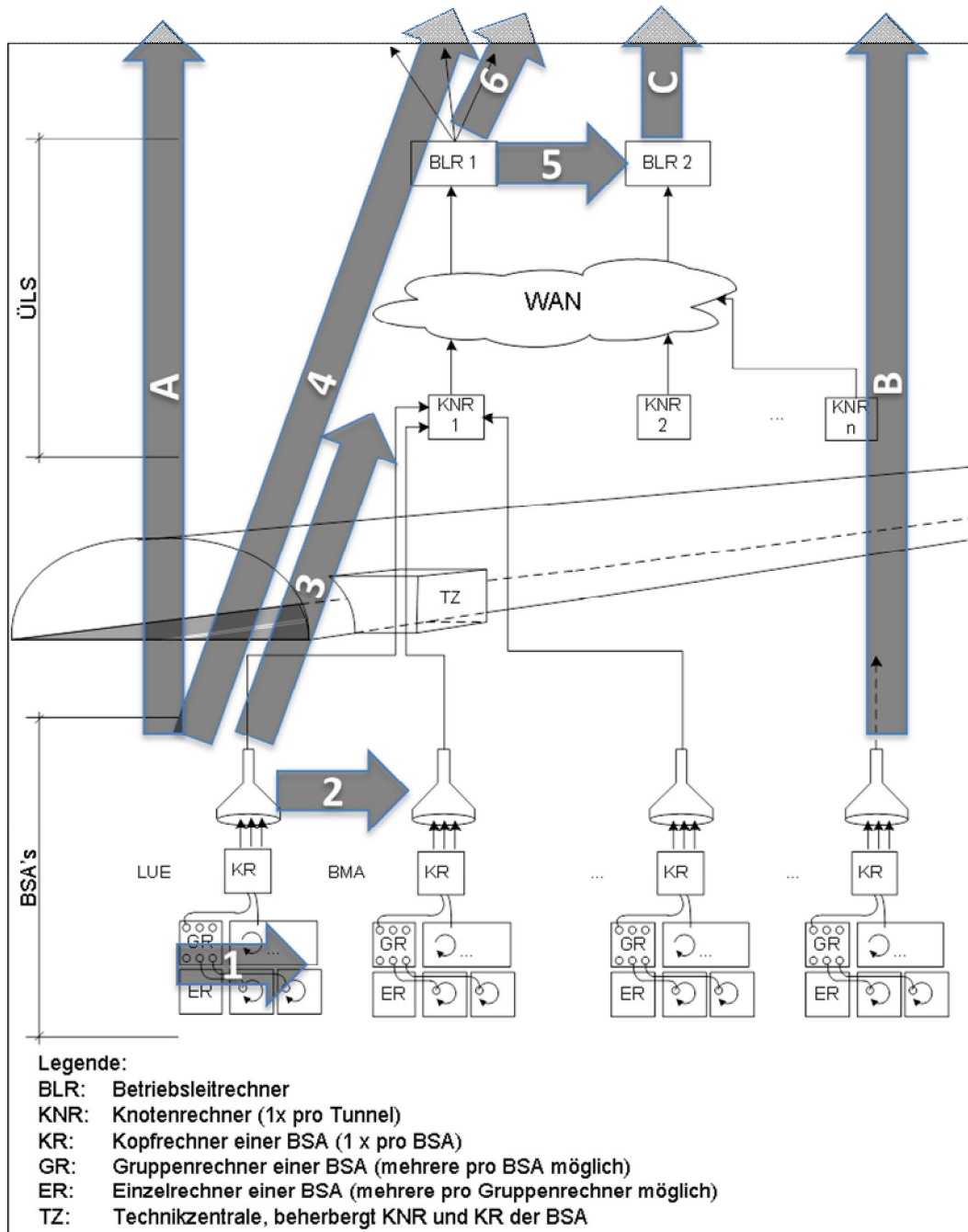


Abb. 16: Modell des Aufbaus eines Prozessleitsystems bestehend aus verschiedenen BSA und einem UeLS für ein Tunnelobjekt mit den Entitäten-Austauscharten

Einsatz dezentraler Speichertechnik

Abb. 17: Zulässiger physischer Datenfluss beim Einsatz dezentraler Speichertechnik

	Intern	BSA	UeLS	Drittssystem
BSA	Ja	Ja	Ja	Nein
UeLS	Ja	Ja	Ja	Ja
Drittssystem	Ja	Nein	Ja	Ja

Mögliche physische Quellen und Senken von Datenflüssen innerhalb eines Tunnel-Prozessleitsystems sind Komponenten der Entitäten UeLS, BSA oder Drittsysteme. Die dezentrale Speicherung aller physischen Datenflüsse ist hier kompakt beschrieben (siehe Abbildung 18 und 19). Sie existiert in der Praxis in Teilen.

Die technische Realisierung des physischen Datenflusses beim ausschliesslichen Einsatz der dezentralen Speicherung erfordert, dass jede involvierte physische Komponente der Entitäten eine genügend grosse Datenspeicherkapazität der gewählten Speichertechnik zur exklusiven Nutzung zur Verfügung steht. Die Verwendung der Speichertechnik erfolgt als separaten Datenspeicher, also exklusiv von den anderen Komponenten. Sofern die Speichertechnik einem Sekundärspeicher entspricht und ein Bestandteil der Komponente ist, kann von einem integrierten Speicher gesprochen werden. Im Allgemeinen entspricht der Austausch von Prozessdaten zwischen den oftmals integrierten dezentralen Speicher einer Peer-to-Peer Architektur. In einer solchen können die Datenflüsse entweder streng hierarchisch in einem Baum (Automatisierungspyramide) erfolgen oder im Sinne eines jedem-mit-jedem vollständigen Graphen (siehe Abbildung 18). Im Tunnel-Prozessleitsystem bedeutet ersteres, dass die physische Komponente einer BSA in der Feldebene einen physischen Datenfluss ausschliesslich mit der physischen Komponente der gleichen BSA in der Steuerebene haben darf. Diese physische Komponente tauscht wiederum Informationen ausschliesslich mit den Nachbarebenen beispielsweise der Prozessleitebene der BSA mit der Kopfrechner Komponente aus.

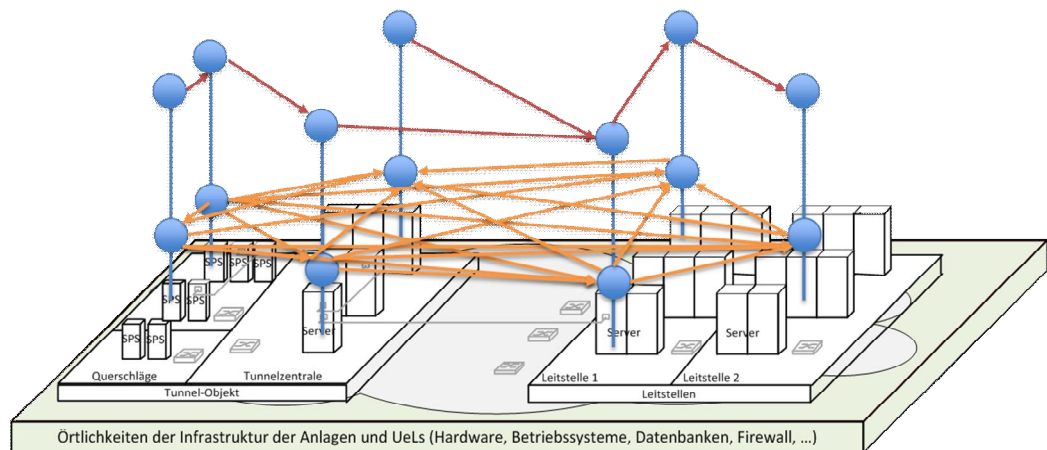


Abb. 18: Jede Komponente in einem Tunnel-Prozessleitsystem kann sowohl Quelle als auch Senke sein (Peer-to-Peer). Die zulässigen physischen Datenflüsse können baumförmig und somit streng hierarchisch sein (Automatisierungspyramide, obere Beziehungen) oder im Sinne eines vollständigen Graphs, d.h. jede Komponente zu jeder (untere Beziehungen)

In dieser technischen Realisierung sind die dezentralen Komponenten kontinuierlich dabei, Daten auszutauschen und lokal zu archivieren. Bei jedem Austausch wird eine lokale Kopie angefertigt und übermittelt. Mittels dieser Kopien wird der aktuelle Gesamtsystemzustand, von einem Knoten des Baums zum nächsten und über alle Ebenen, der Automatisierungspyramide abgebildet. Die Informatik spricht in diesem Zusammenhang von Wertparameter-Austausch (Tannenbaum, 1992). Wobei das kontinuierliche Kopieren die Datenredundanz in der Automatisierungspyramide erhöht und damit die Gefahr von Anomalien in der Datenintegrität und Datenkonsistenz ähnlich einer verteilten Datenbank entsteht. Diese führen z.B. zu Wahrnehmungsfehlern der Operatoren oder werden bewusst zur Täuschung der Operatoren über den tatsächlichen Zustand der Anlage durch Schädlinge wie den Prozessleitsystem-Virus Stuxnet (Falliere et al., 2011) ausgenutzt. Immer wenn Prozessdaten von der übergeordneten Leittechnikkomponente angefordert werden, erstellt das Virus nicht eine Kopie des wahren Werts sondern kopiert eine Fälschung. Der wahre Zustand der Anlage bleibt nach oben unsichtbar.

Wie erwähnt, hat die Verwaltung, Auswertung und Archivierung der Daten bei einer solchen Realisierung möglichst dezentral, d.h. auf der jeweiligen Komponente zu erfolgen.

Im Normalfall werden aus obiger Problematik der Datenredundanz nur die notwendigsten Daten durch das Tunnel-Prozessleitsystem auf die oberste Prozessleitebene des UeLS gebracht und dort verwaltet, d.h. der höheren Ebene der Automatisierungspyramide zur Verfügung gestellt werden.

In den Abbildungen 18 und 19 ist dieser Sachverhalt dargestellt. Für jede Komponente ist ein kleiner Speicher eingezeichnet. Wenn der BLR über eine Zustandsänderung eines ER einer Signalisieren-BSA informiert werden möchte, sendet er den entsprechenden Befehl zuerst an den KNR. Dieser kommuniziert diesen dem KR der BSA-Anlage weiter und dieser dem GR. Der GR informiert den richtigen ER, usw.

Die Reflexe sind BSA übergreifende koordinierte Prozesse und Aktionen, die ohne manuelle Freigabe oder Bestätigung und ohne Zeitgrenze vollautomatisch ausgeführt werden. Die Auslösung kann ein unerwartetes Ereignis (Alarm, technische Störung) oder eine Zustandsänderung (Messwertänderung, Betriebliche Vorgänge) sein. Die Reflexe werden als spezieller Steuerungsbeefehl zwischen den BSA ausgetauscht und stossen koordinierte Aktionen an z.B. Schalten einer Signalisation in Kombination mit der Aktivierung der Lüftung im Falle eines Tunnelbrandes. Bei einer dezentralen Speicherung von Prozessdaten kann der Austausch der notwendigen Reflexe einerseits direkt unter der BSA erfolgen, andererseits kann der UeLS-Knotenrechner die Reflexe den verschiedenen BSA zur Verfügung stellen. Ersteres dehnt die strikte Trennung der verschiedenen Einheiten einer Ebene, der Automatisierungspyramide.

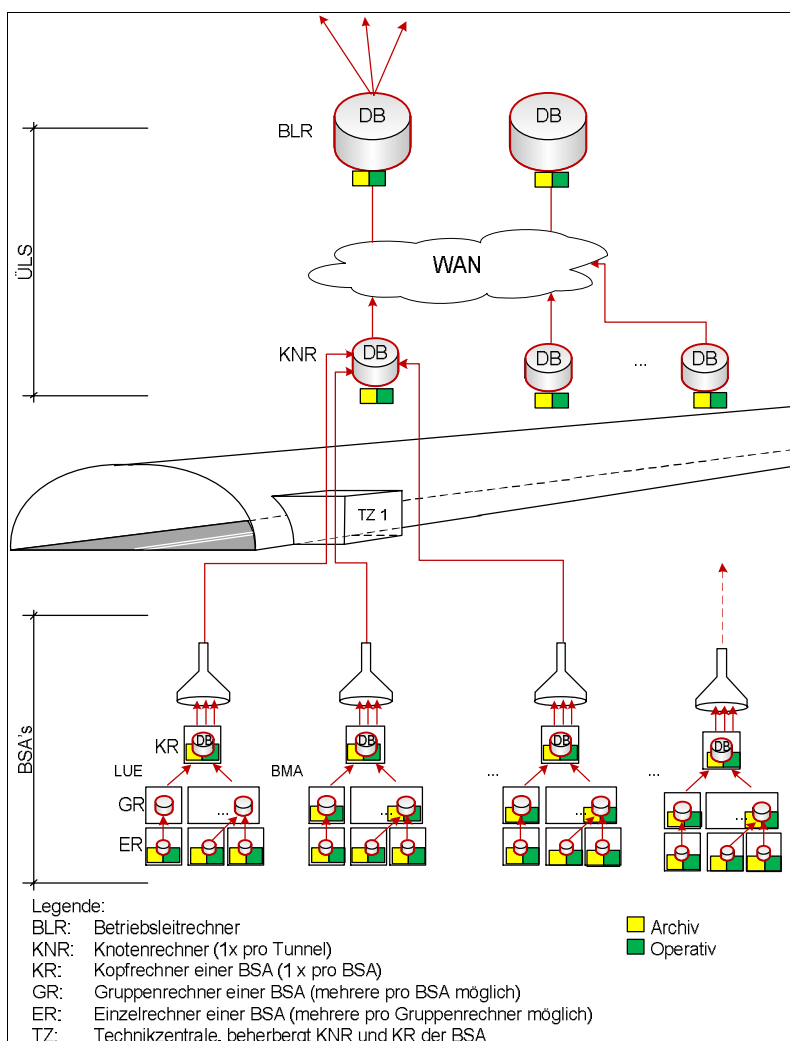


Abb. 19: Modell des Aufbaus eines Prozessleitsystems aus verschiedenen BSA sowie eines UeLS für ein Tunnelobjekt mit vollständig dezentraler Speicherung der Prozessdaten

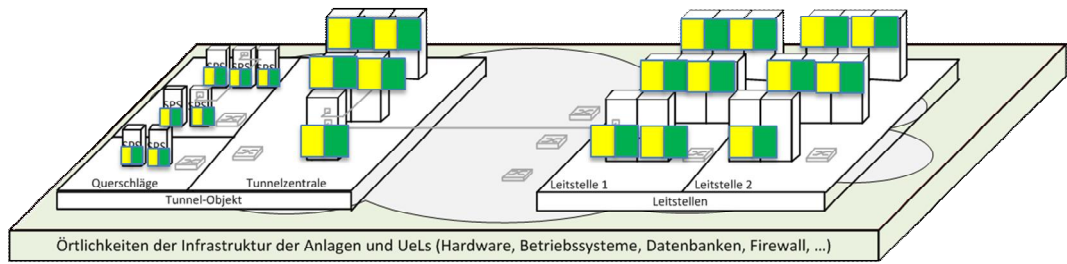


Abb. 20: Modell des Aufbaus eines Prozessleitsystems aus verschiedenen BSA sowie einem UeLS für ein Tunnelobjekt mit vollständig dezentraler Speicherung der Daten auf der Infrastruktur-Schicht des Schichtenmodells

Einsatz zentraler Speichertechnik

Abb. 21: Zulässiger physischer Datenfluss beim Einsatz dezentraler Speichertechnik

	Intern	BSA	UeLS	Drittssystem	Zentrale Datenbank
BSA	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
UeLS	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Drittssystem	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Zentrale Datenbank	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Mögliche physische Quellen und Senken von Datenflüssen innerhalb eines Tunnel-Prozessleitsystems sind Komponenten der Entitäten UeLS, BSA oder Drittsysteme. Die zentrale Speicherung aller physischen Datenflüsse ist hier beschrieben (siehe Abbildung 22 und 23). Sie existiert in der Praxis in Teilen.

Die technische Realisierung des physischen Datenflusses beim ausschliesslichen Einsatz der zentralen Speicherung erfordert, dass im Vergleich zur dezentralen Speicherung jeder involvierten physischen Komponente der Entitäten eine minimalste Datenspeicherkapazität zur exklusiven Nutzung dezentral zur Verfügung steht. Die restlich weiterhin benötigte Speicherkapazität stellt eine Drittkomponente zur Verfügung: Die zentrale Speicherinfrastruktur (ZSI). Diese neue Entität bietet sich als Intermediär zur Abbildung von logischen Datenflüssen an (siehe Abbildungen 22 und 23). In der Konsequenz bedeutet dies, dass die symbolisierten Speicher aus den Abbildungen 19 und 20 in diese Speicherinfrastruktur externalisiert und als Teil der restlichen Entitäten möglichst eliminiert werden. Die Datenflüsse für den operativen Betrieb sowie für die Archivierung führen möglichst immer über die zentrale Speicherinfrastruktur und nicht z.B. über eine Kopie-Kaskade entlang der Automatisierungspyramide. Denn der Austausch von Informationen innerhalb eines Tunnel-Prozessleitsystems muss nicht zwingend ausschliesslich hierarchisch erfolgen. Als Beispiel kann die Einzelsteuerebene einer BSA die notwendigen Prozessdaten direkt an die zentrale Speicherkomponente zur Archivierung übergeben. Wenn der KR diese Prozessdaten benötigt, kann dieser auf die Speicherkomponente zugreifen. Der GR liegt in der Automatisierungspyramide dazwischen und kann umgangen werden. Mehrere Komponenten können zur gleichen Zeit auf die gleichen Prozessdaten zugreifen, z.B. der BLR des UeLS der die in den Speicherkomponenten deponierten Prozessdaten des ER parallel zum Kopfrechner abgreift.

Die speziellen Eigenschaften einer Zentralisierung der Archivierung und Ablage sind, dass verschiedene Komponenten kontinuierlich auf die Speicherinfrastruktur und unter Umständen auf die gleichen Speicherfelder mit Daten zugreifen. Um über die Hierarchie den aktuellen Gesamtsystemzustand auf der UeLS -Prozessleitebene darzustellen, kann auf die Speicherinfrastruktur zugegriffen werden. Wobei meistens die originalen Daten abgegriffen werden, da möglichst keine Komponente eine Zwischenkopie erstellt werden

soll. Die Informatik spricht in diesem Zusammenhang von Referenzparameter Austausch (Tannenbaum, 1992). Der kontinuierliche Zugriff auf den gleichen Speicher verhindert die Datenredundanz und verringert die Gefahr von Anomalien der Datenintegrität. Die Wahrscheinlichkeit der Inkonsistenz und der fehlenden Isolation steigt in diesem Ansatz. Als Beispiel sei erwähnt, dass die Lüftungssteuerung aktiviert bleibt, solange ein Wert eines Sensors einen Schwellwert überschreitet. Die Steuerung greift alle 30 Sekunden auf diesen Wert auf der zentralen Speicherinfrastruktur zu. Wenn sich in der Zwischenzeit der Wert ändert, kann die Steuerung eine Unterschreitung verpassen.

Im Gegensatz zur dezentralen Speichertechnik erscheint die Verwaltung, Auswertung und Archivierung der Prozessdaten auf der zentralen Speicherkomponente möglich. Nur die notwendigsten Datenflüsse werden in der jeweiligen BSA konfiguriert, abgegriffen oder ausgewertet.

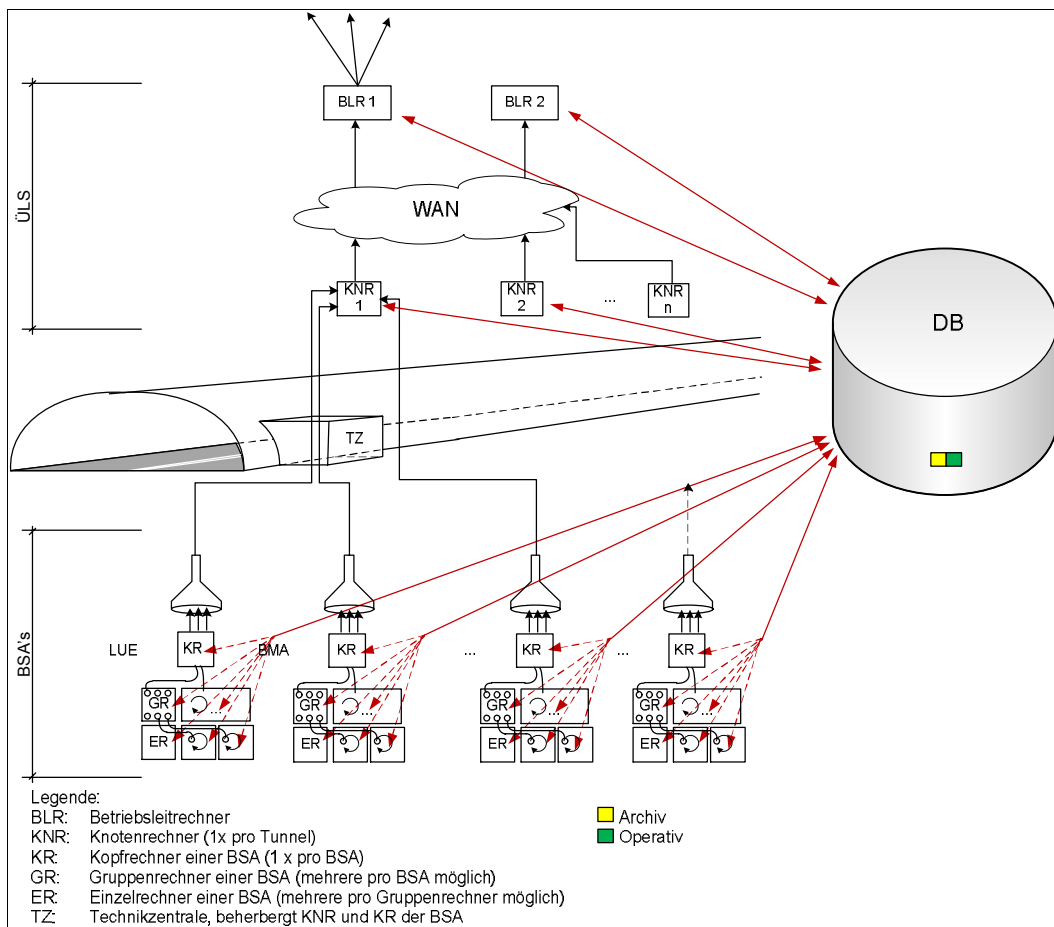


Abb. 22: Modell des Aufbaus eines Prozessleitsystems aus verschiedenen BSA sowie einem UeLS für ein Tunnelobjekt mit vollständig zentraler Speicherung der Prozessdaten

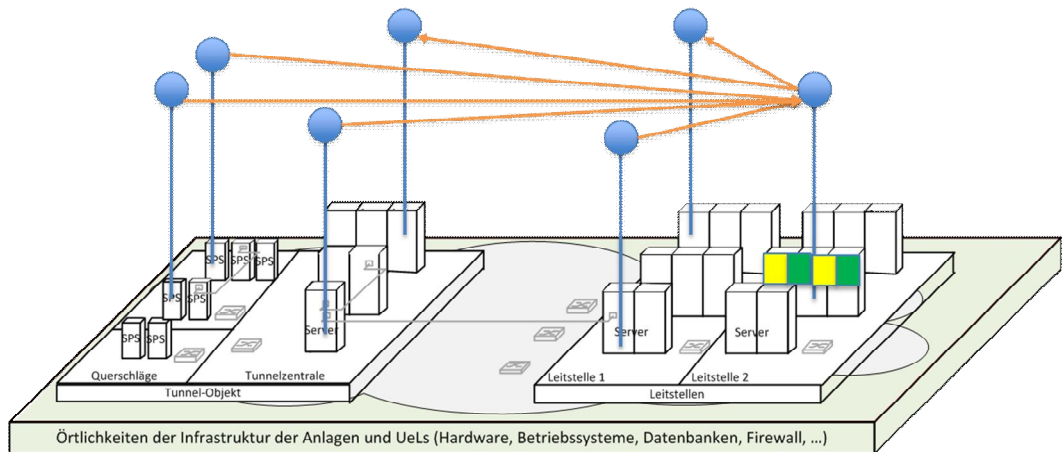


Abb. 23: Modell des Aufbaus eines Prozessleitsystems aus verschiedenen BSA sowie einem UeLS für ein Tunnelobjekt mit vollständig zentraler Speicherung der Prozessdaten auf der Infrastruktur-Schicht Leittechnik-Schichtenmodells

Speichertechnik im Nicht-Tunnelleitsystemumfeld

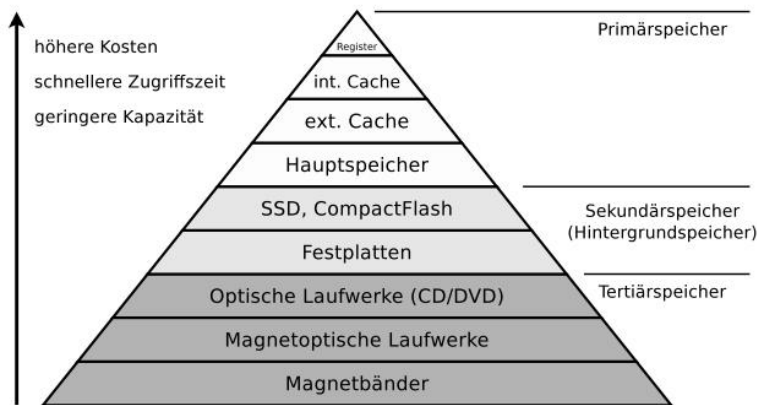


Abb. 24: Zusammenhang der Abrufgeschwindigkeit und Kapazität mit den Kosten (ETH Zürich, 2011)

Elektronische Informationen sind für die meisten Unternehmungen in der Erarbeitung und Erbringung der täglichen Arbeit die existentielle Grundlage. Die zeitlich unbegrenzte und vollständige Sicherung sowie Verfügbarkeit aller dieser Informationen ist technisch und finanziell oftmals nicht mehr machbar. Die Optimierung der Speichertechnik zur Gewährleistung einer angemessenen zeitlichen Sicherung, Transaktionsgeschwindigkeit sowie Vollständigkeit der elektronischen Informationen hat für die heutigen Unternehmungen einen hohen Wert. Weiter sind rechtliche Aspekte zu beachten, beispielsweise schreibt das Gesetz Grundsätze zur Archivierung und Nachprüfbarkeit gewisser Arten digitaler Datenbestände vor wie E-Mail-Verkehr. Je nach Bedarf müssen elektronische Informationen unterschiedlich schnell und konsistent (Datensicherung) oder lange und konsistent (Archivierung) dem Nutzer zur Verfügung stehen. Die Tatsachen, dass einerseits das zu verwaltende und zu sichernde Datenvolumen stetig rasant ansteigt und andererseits die Möglichkeiten der Speichertechnik sich alle paar Jahre wandeln, machen aus der Optimierung eine kontinuierliche und herausfordernde Aufgabe.

Grundsätzlich werden Datensicherungen mit sogenannten Datensicherungslösungen durchgeführt. Datensicherungslösungen (Roboter oder grosse Rechnersysteme) sind jedoch nur ein Mittel zum Zweck. Diese führen Datensicherungen in Anwendung einer entsprechenden Datenspeichertechnik durch. Die heute angewendeten Techniken sind nachfolgend aufgeführt und sind Tertiärspeicher (siehe Abbildung 24):

- Datensicherung auf magnetoptischem Speicher (Festplatte)
- Datensicherung auf Magnetbänder

- Online Datensicherung in einer Cloud

Diese Datensicherungs-lösungen sind in den meisten Fällen dedizierte Systeme, die keinen direkten Bestandteil der Systemumgebung sind, wo die später oder direkt zu sichernden Daten entstehen. Diese Daten sind für eine Sicherung noch zu transportieren. Der Transport ist ein wichtiger Qualitätsfaktor, der nicht ausser Acht gelassen werden darf. Dies aus den folgenden Gründen:

- Sicherheit (Echtheit der Daten nach Erreichen des Sicherungszieles, etc.)
- Stabilität des Transportweges (mechanischer oder elektronischer Ausfall, etc.)
- Geschwindigkeit des Transportweges (Zeitfenster der Datensicherung, Recovery-Time, etc.)

Die Datensicherungs-lösungen selbst sind Datenpools, in denen Daten abgelegt werden. Die Koordination, z.B. welche Daten wann, wohin und wie gespeichert werden, übernehmen spezielle Programme. Diese sind auf den entsprechenden Systemen (Arbeitsrechner, Server, etc.) installiert und führen beispielsweise vollautomatische Sicherungsprozesse gemäss hinterlegter Konfiguration aus und rapportieren an die verantwortlichen Operatoren. Unter anderem die spezifische vorliegende Konfiguration dieser Aspekte spielt eine entscheidende Rolle bei der Wahl oder Überprüfung der Realisierung einer Gesamtspeichertechnik.

Sekundärspeicher (Systemspeicher)

Der Systemspeicher ist Bestandteil der Datensicherungs-lösung (Arbeitsrechner, Daten-server, etc.). Dies ist die schnellste Möglichkeit eine Datensicherung eines Systems durchzuführen. Da für diese Art von Datensicherung jedoch meistens schnelle interne Speicher genommen werden, ist der Preis hoch. Ein grosser Nachteil ist, dass wenn ein Ereignis (Wasser, Brand, Energie) das System lokal zerstört, die Sicherungsdaten ebenfalls verlorengehen.

Tertiärspeicher

- **Magnetoptische Diskspeicher.** Die sogenannten Disk-Datensicherungs-lösungen sind zu einem grossen Datenpool zusammenschaltete Festplatten, sind meistens dediziert aufgebaut und von der produktiven Systemumgebung physisch getrennt, um den Gefahren der oben aufgeführten internen Systemspeicher zu begegnen.
- **Magnetbänder Speicher.** Diese Form der Datensicherungs-lösungen ist der Ursprung der modernen Datensicherung. Dies, da früher die Preisschere zwischen magnet- und optischem Speicher gross war. Der Nachteil bei dieser Art der Datensicherungs-lösung ist der langsame oder teilweise nicht-online Zugriff auf die gesicherten Daten. Magnetbandsicherungen werden heute meistens für Archivierungen von Daten, die bereits auf einem Diskspeicher gesichert sind, angewendet. Das Verschieben grosser Datenmengen (z.B. MRI-Scans) durch den physischen Transport von Magnetbändern z.B. per Flugzeug oder Kurier ist oftmals die schnellste und wirtschaftlichste Lösung.
- **Cloud (Onlinespeicher).** Beim Einsatz von Onlinespeicher ist keine dedizierte Datensicherungs-lösung notwendig. Die Daten werden an einen gemieteten oder gekauften Speicherort transportiert. Dieser Speicherort kann überall auf der Welt sein. Die wichtigsten Kriterien sind die Charakteristiken des Transportwegs der Daten zum und vom Speicherort. Der Trend zur Verwendung und Diversifizierung der Cloud-Datensicherung ist erst wenige Jahre alt. In der Zukunft ist mit einer grossen Vielfalt solcher Datensicherungs-lösungen zu erwarten. Dies führt zu Verschiebungen relativ zu den anderen Techniken der Cloud-Datensicherung in der obigen Abbildung in Richtung 'Schnell', 'Günstig' und Datenmenge.

Optimale Speichertechnik

Die nachfolgende Grafik zeigt die heutigen Techniken, die den Datensicherungs-lösungen zu Grunde liegen in Anbetracht der Wirtschaftlichkeit, der Transaktionsgeschwindigkeit und der Kapazität. Die Speichertechniken in der Reihenfolge der aktuellen Kosten pro Speichereinheit sind mit den tiefsten Kosten die Cloud, gefolgt vom Magnetbandspeicher sowie magnetoptischen Diskspeicher. Der teuerste Speicher entspricht dem Sekundärspeicher (Systemspeicher). Die Speichertechniken in der Reihenfolge der Transaktions-

geschwindigkeit ist analog dazu wobei die Cloud als die Langsamste und der Systempeicher als die Schnellste angeschaut werden können. In Bezug auf die Verfügbarkeit bei einem Ausnahmeereignis ist die physische Distanz entscheidend. Die höchste Verfügbarkeit hat natürlich der Systempeicher. Die Verfügbarkeit der Tertiärspeicher unterscheidet sich grundsätzlich nicht gross wobei wie erwähnt der Transport der Daten ein signifikanter Faktor in der Verfügbarkeitsbetrachtung sein muss.

Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 25 zusammengefasst. Es empfiehlt sich also aus Optimierungssicht, alle logischen Datenflüsse mit der Charakteristiken der Stufe 1 möglichst mittels Systemspeichern zu realisieren. Der Einsatz von Systemspeicher für in Stufe 2 oder 3 klassifizierten logischen Datenflüssen empfiehlt sich aus Sicht Wirtschaftlichkeit nicht.

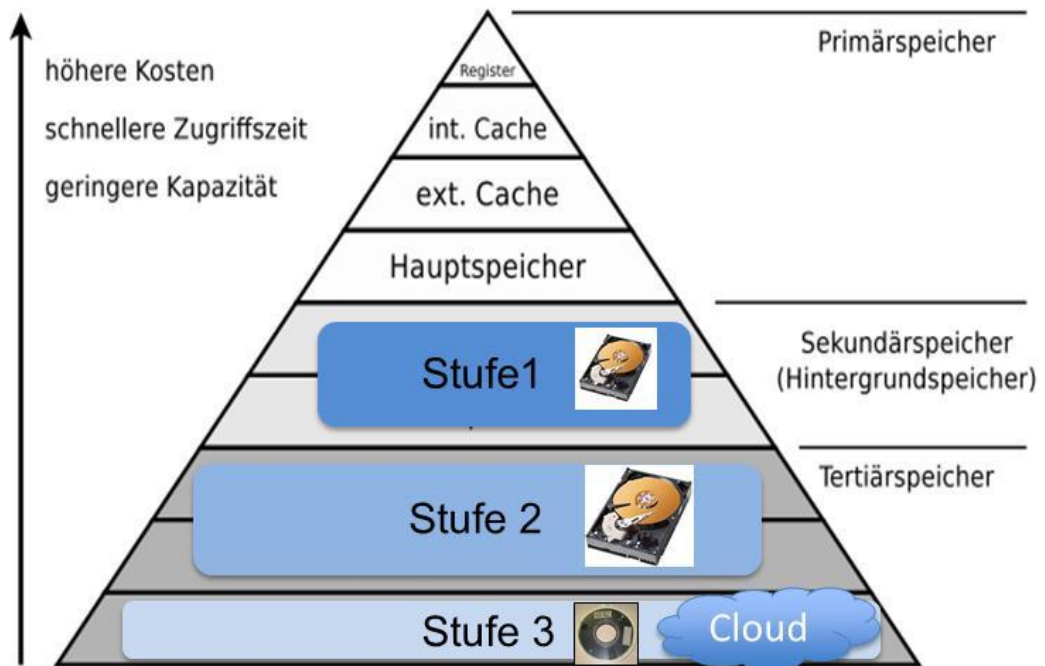


Abb. 25: Übersicht über aktuelle Sekundär und Tertiärspeichertechniken, angeordnet nach Kosten pro Speichereinheit, der Transaktionsgeschwindigkeit sowie der Kapazität

3 Methodik

Dieses Kapitel beschreibt die Methodik anhand des eingesetzten Fragebogens. Der Fragebogen wird benutzt, um die benötigten Informationen einheitlich zu erheben und auszuwerten. In Kapitel 3.1 wird das Ziel des Fragebogens näher betrachtet. Im darauffolgenden Kapitel 3.2 ist eine darauf basierende Lückenanalyse beschrieben. Kapitel 3.3 zeigt auf, welche Kriterien der Auswahl der untersuchten Anwendungsfälle zu Grunde liegen. In Kapitel 3.4 wird der Aufbau des Fragebogens anhand einer Beispielanwendung erklärt.

3.1 Ziel

Das Ziel der Methodik ist Optimierungspotential in bestehenden und konzipierten Tunnel-Prozessleitsystemen im Bereich der Ablage der Daten zu identifizieren. Der Fragebogen dient als Instrument dazu.

Die Anwender identifizieren mit Hilfe des Fragebogens das Optimierungspotential eines realen oder geplanten Tunnel-Prozessleitsystems indem sie systematisch Unterschiede zwischen der tatsächlichen Ablage der Daten (physischer Datenfluss) und der optimalen (logischer Datenfluss) identifizieren und bewerten. Dazu wird eine Lückenanalyse, also ein Vergleich der Ist-Situation mit der Soll-Situation, von drei stereotypen Anwendungsfällen durchgeführt.

Die theoretischen Grundlagen dazu finden sich in Kapitel 2. Abbildung 26 zeigt auf, wie sich die Datenflüsse in einem Tunnel-Prozessleitsystem auf Grund ihrer benötigten Verfügbarkeit und der Transaktionsgeschwindigkeit in drei verschiedene Stellenwertstufen einteilen lassen. Diese Stellenwertstufen haben einen direkten Einfluss auf die Eigenschaften des physischen Datenflusses (Quellen und Senken, Gerätetyp⁶ und Speichertechnik). Es wurde auch angenommen, dass die Verfügbarkeit und die Transaktionsgeschwindigkeit direkt mit den Kosten und dem verfügbaren Volumen der Speichertechnik verknüpft sind. Je höher die Anforderungen an die Verfügbarkeit und die Transaktionsgeschwindigkeit sind, desto teurer und aufwändiger ist die verwendete Speichertechnik pro Speichereinheit.

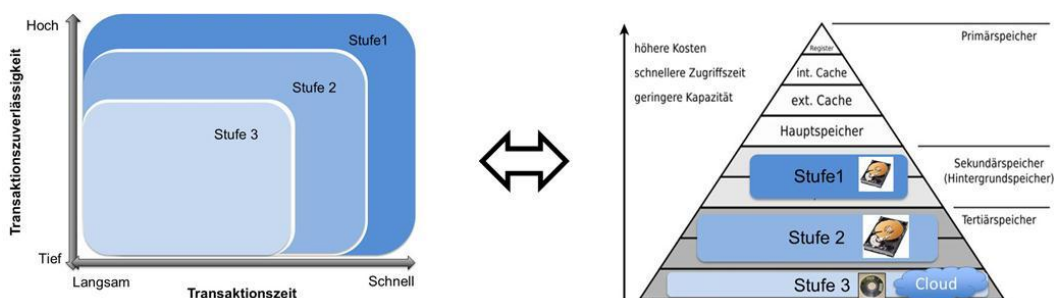


Abb. 26: Identifikation der Unterschiede zwischen der tatsächlichen und der optimalen Ablage der Daten

3.2 Lückenanalyse

Damit das Optimierungspotential bei der Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen aufgezeigt werden kann, umfasst der Fragebogen eine Lückenanalyse.

⁶ Im Umfeld des Tunnel-Prozessleitsystems kommen verschiedene Gerätetypen zum Einsatz. Dies umfasst die Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), der Industrie-PC und der Server

In einem chronologisch ersten Schritt wird die Soll-Situation eruiert und festgehalten. Dies umfasst:

- Bestimmen der Stellenwertstufen (siehe Kapitel 1.4) des eingezeichneten logischen Datenflusses.
- Bestimmen der Zusatzeigenschaften, beispielsweise zwingende Archivierung oder Beweissicherung des eingezeichneten logischen Datenflusses.

Im zweiten Schritt wird die Ist-Situation für das reale oder geplante Tunnel-Prozessleitsystem bestimmt. Dies geschieht in drei Schritten:

- Bestimmen der Quellen und Senken, die der physische Datenfluss in der Schicht der Örtlichkeit der Infrastruktur durchläuft. In diesem Schritt werden auch der Gerätetyp und die Quellen und Senken des physischen Datenflusses bestimmt.
- Bestimmen der Speichertechnik des eingezeichneten physischen Datenflusses.
- Bestimmen der Zusatzeigenschaften des eingezeichneten physischen Datenflusses.

Basierend auf den dokumentierten Feststellungen zum Ist- und Soll-Zustand aus den obigen Schritten können die Lücken zwischen den beiden Zuständen aufgezeigt werden. Zwischen den untersuchten Zuständen sind in verschiedenen Bereichen Unterschiede zu möglich (siehe Abbildung 27).

- **Vergleich Datenfluss (grün in Abbildung 27).** Aus der theoretischen Grundlage geht hervor, dass der logische Datenfluss dem minimalen physischen Datenfluss entspricht. Der logische Datenfluss geht ohne Umwege oder Zwischenschritte von einer Programmierschnittstelle zur nächsten und stellt somit den schnellsten und einfachsten Weg eines Datenflusses dar. Ein Ziel ist es, den physischen Datenfluss so einfach wie möglich zu gestalten und ihn so dem logischen Datenfluss anzugleichen.
- **Vergleich Stellenwertstufe (blau in Abbildung 27).** Basierend auf den Quellen und Senken, dem Gerätetyp und der Speichertechnik des physischen Datenflusses können Rückschlüsse auf dessen Stellenwertstufen gezogen werden. Ein Datenfluss, der auf einer SPS abläuft und integriert gespeichert wird, besitzt in der Theorie einen Stellenwert der Stufe 1. Hingegen hat ein Datenfluss, der auf dem Server abläuft und in einer Cloud gespeichert wird, einen Stellenwert der Stufe 3. Diese implizite Einteilung der Stellenwertstufe des physischen Datenflusses kann mit der expliziten Einteilung der Stellenwertstufe des logischen Datenflusses verglichen werden. Das Ziel ist es, die Stellenwertstufen der Datenflüsse zu optimieren.
- **Vergleich Zusatzeigenschaften (rot in Abbildung 27).** Aus dem Vergleich der Zusatzeigenschaften (Beweis und Archiv) zwischen dem physischen und dem logischen Datenfluss lassen sich ebenfalls Unterschiede erkennen. Das Ziel dieses Vergleichs ist die Optimierung der Zusatzeigenschaften.

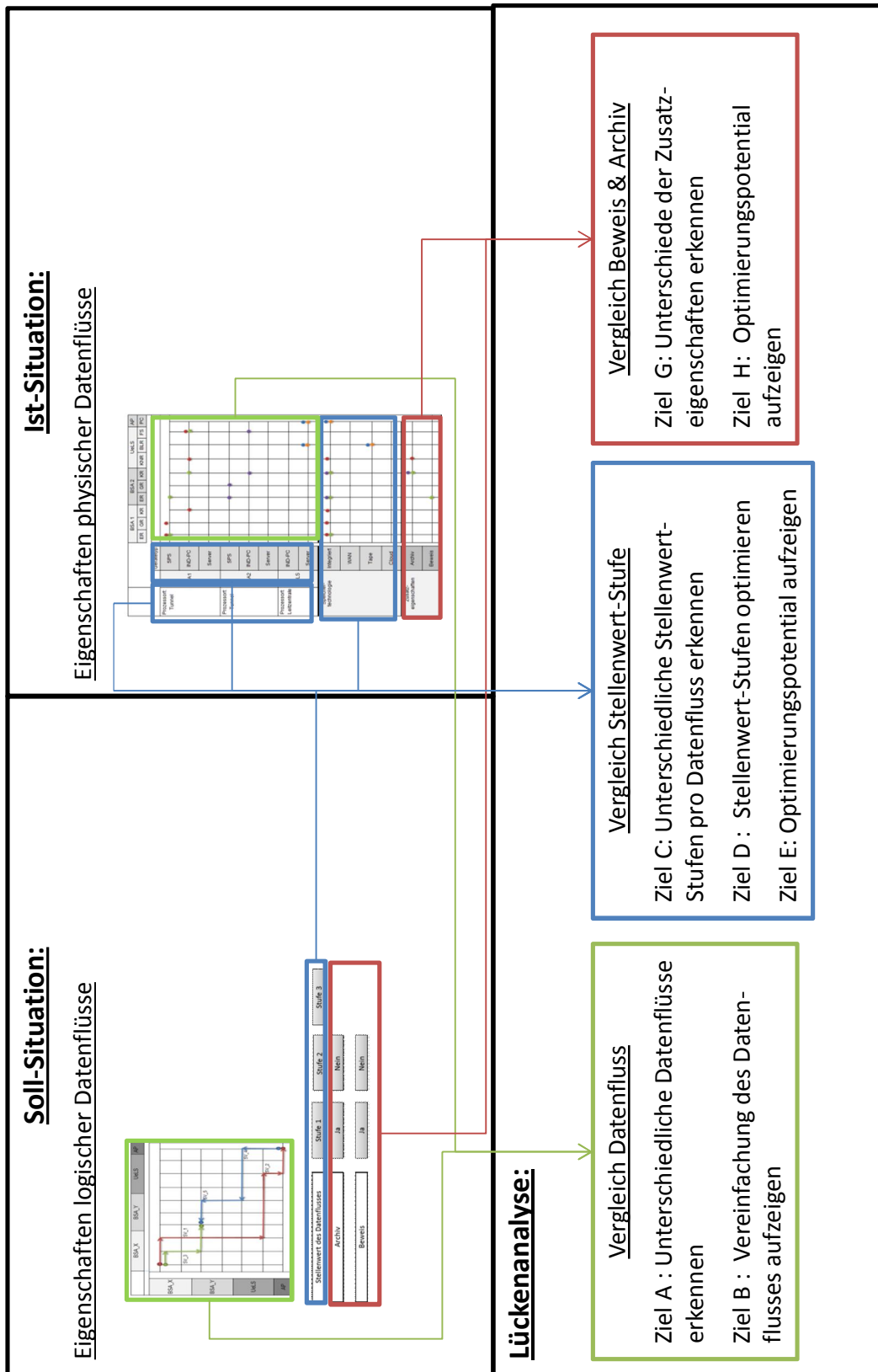


Abb. 27: Aufbau der Lückenanalyse

3.3 Auswahl der stereotypen Anwendungen

Um ein aussagekräftiges Resultat mit dieser Methodik zu erhalten, gibt es zwei Ansätze. Erstens man untersucht möglichst viele Anwendungsfälle aus den theoretischen Grundlagen und verallgemeinert die Resultate. Der zweite Ansatz ist es, möglichst wenige sich

gegenseitig ausschliessende aber gemeinsam umfassende Anwendungsfälle, sogenannte Stereotypen, zu untersuchen und deren Resultate zu verallgemeinern. Der hier gewählte Ansatz ist der Zweite.

Die Argumentation für die Auswahl der Stereotypen umfasst die Erstellung einer 'Landkarte' aller Anwendungsfälle. Darauf können dann die Stereotypen identifiziert werden. Die Landkarte in Abbildung 28 ist aufgespannt durch die Charakteristiken der primären und sekundären Prozessdaten der Tunnel-Prozessleitsysteme. Diese sind für die verschiedenen Nutzer der beschriebenen Organisationen (Kapitel 2.1) die Grundlage für die Wahrnehmung ihrer jeweiligen Verantwortlichkeiten. Deshalb nehmen unter anderem die Transaktionsgeschwindigkeit sowie die Transaktionszuverlässigkeit der benötigten Prozessdaten bei Ausnahmeereignissen (z.B. Tunnelbrand) heute und in Zukunft eine zentrale Stellung ein. Weiter sind die Grundsätze zur Archivierung und Nachprüfbarkeit digitaler Datenbestände für die Beweissicherung einzuhalten.

Die Landkarte für die Identifikation der Stereotypen Anwendungsfälle hängt von den Eigenschaften der zu Grunde liegenden Prozessdaten ab. Die Prozessdaten können gemäss der Verwendung in den beschriebenen Verantwortlichkeiten untersucht und aus Sicht Ablage von Prozessdaten in verschiedene passende Segmente unterteilt werden (z.B. kleine Datenmengen mit hoher Transaktionsgeschwindigkeit und hohe Korrektheit für Reflexe oder grosse Datenmengen mit längerer Transaktionsgeschwindigkeit und tieferer Korrektheit für die Berechnung von Verkehrsqualitäten für die Auslösung von Verkehrsmanagementplänen). Ähnlich wie im Büroautomationsbereich, steigt auch bei Tunnel-Prozessleitsystemen das Datenvolumen kontinuierlich und schnell an. Die Kernaufgabe der Steuerung der BSA erfolgt oftmals auf der Feldebene mittels SPS. Deren Speicherkapazität hat sich von 2 kByte im Jahr 1980 auf 20 kByte im Jahr 1990 erhöht und lag im Jahr 2000 bei 2000 kByte. Dies entspricht einer Vertausendfachung (Universität Stuttgart, 2003) innerhalb von 20 Jahren. Die grössten Prozessdatenmengen befinden sich im Normalfall auf der Betriebsleitebene, wo sie für die Verwaltung und Auswertung im Rahmen der weiteren dokumentierten Verantwortlichkeiten verwendet werden.

Die Landkarte der Anwendungsfälle und damit die Segmentierung der Prozessdaten gemäss der Verwendung in den Verantwortlichkeiten ist in Abbildung 28 nach Transaktionsgeschwindigkeit, Transaktionszuverlässigkeit und Datenmenge zusammengefasst.

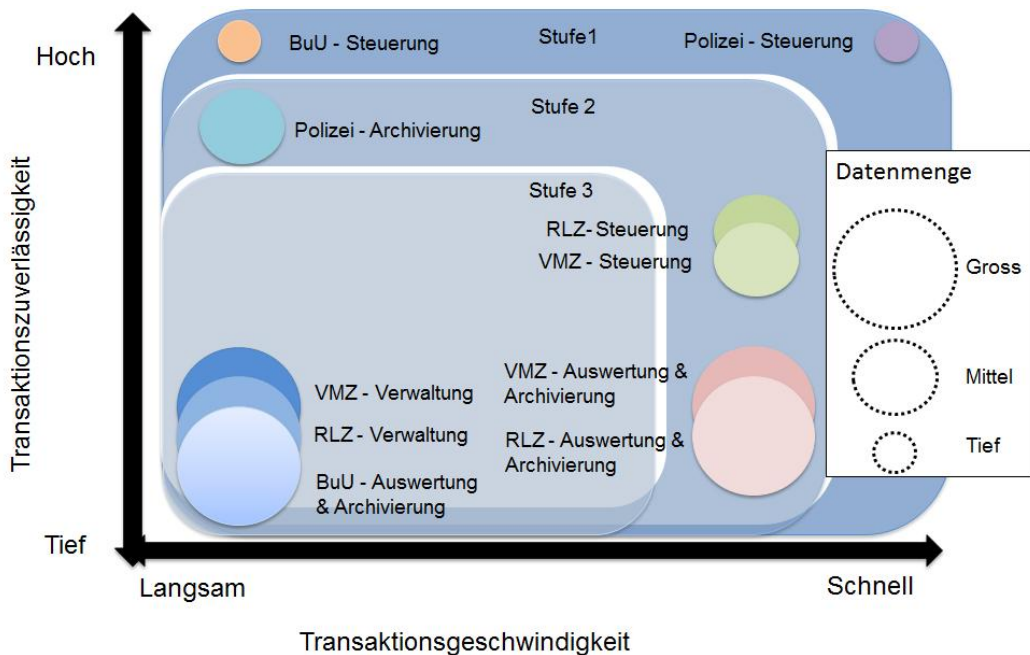


Abb. 28: Segmentierung der Prozessdaten nach Transaktionszuverlässigkeit, Transaktionsgeschwindigkeit sowie Datenmenge aus Sicht der Verantwortlichkeiten und Nutzer

Die Landkarte in Abbildung 28 ermöglicht es, im Rahmen dieser Einteilung drei stereotypische Anwendungsfälle zu identifizieren. Wie erwähnt, sollten diese sich möglichst gegenseitig ausschließen aber gemeinsam die gesamte Landkarte in Abbildung 28 abdecken. Dabei sollen einerseits sich überschneidenden Segmente untersucht wurden, und andererseits jene bei der sowohl die Transaktionsgeschwindigkeit als auch die Transaktionszuverlässigkeit als hoch eingestuft sind. Daraus ergeben sich folgende drei stereotypische Anwendungsfälle für den Fragebogen:

- Hohe Transaktionsgeschwindigkeit und hohe Transaktionszuverlässigkeit: Brandalarm
- Mittlere Transaktionsgeschwindigkeit und geringer Transaktionszuverlässigkeit: Integrationstest
- Niedrige Transaktionsgeschwindigkeit bei geringer Transaktionszuverlässigkeit: Auswertung Energie

3.4 Aufbau

Der erste Teil des Fragebogens widmet sich dem Beschreiben des Soll-Zustands. Zur Veranschaulichung des Aufbaus folgt die Anwendung des Instruments auf einen Beispiel-Anwendungsfall eines Beispiel Tunnel-Prozessleitsystems.

In einem ersten Schritt wird der Beispiel-Anwendungsfall in einen logischen Datenfluss abstrahiert bzw. übersetzt. Das Ergebnis ist in Abbildung 29 dargestellt. Im Beispiel-Anwendungsfall zeichnet ein Sensor einer Tunnelanlage Messwertdaten auf, worauf ein Einzelrechner der mit BSA_X bezeichneten Anlage zwei verschiedene Datenflüsse auslöst. Ein Datenfluss beschreibt eine Meldung an das UeLS und den Arbeitsplatz (AP) (rot und orange), der Andere einen Reflex. Der Reflex geht direkt an einen Einzelrechner einer anderen Tunnelanlage, die mit BSA_Y bezeichnet wird (grün). Basierend auf den empfangenen Messwertdaten schickt der Operator von der Benutzeroberfläche des Arbeitsplatzes über das UeLS einen Befehl an den Einzelrechner der BSA_Y (blau und violett).

Die senkrechten Pfeile stellen dabei den Wechsel des logischen Datenflusses zwischen zwei Entitäten des Tunnel-Prozessleitsystems z.B. zwei Tunnel-BSA (z.B. BSA_X - UeLS) dar. Die Pfeile sind mit L_X (L=logisch) beschriftet. Die waagerechten Pfeile stehen für einen Vorgang innerhalb einer Programmierschnittstelle. Diese werden in diesem Fragebogen nicht genauer beachtet. Im behandelten Beispiel-Anwendungsfall durchlaufen die logischen Datenflüsse folgende Entitäten des Leitsystems:

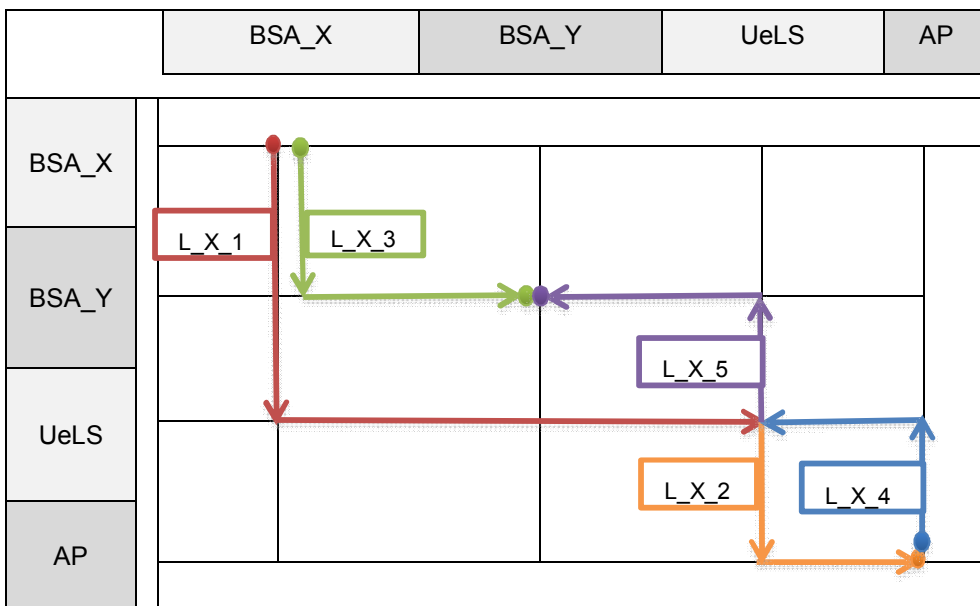


Abb. 29: Logischer Datenfluss des Beispiels 'Übertragung Messwertdaten'

In einem zweiten Schritt in der Anwendung des Fragebogens muss nun für jeden senkrechten Pfeil (L_1 - L_5) die Zusatzeigenschaften (Archiv und Beweis) und die Stellenwertstufe bestimmt werden. Für den logischen Fluss aus Abbildung 29 wurde dies unten beispielhaft gemacht. Die Eigenschaften wurden jeweils mit einem schwarzen Kreuz markiert.

L_1. Die BSA_X sendet die Messwertdaten an das UeLS.

Stellenwert des Datenflusses	Stufe 1	Stufe 2 X	Stufe 3
Archiv	Ja X	Nein	
Beweis	Ja X	Nein	

L_2. Das UeLS schickt die Messwertdaten an den Arbeitsplatz.

Stellenwert des Datenflusses	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3 X
Archiv	Ja	Nein X	
Beweis	Ja	Nein X	

L_3. Der Reflex geht von der BSA_X direkt an die BSA_Y.

Stellenwert des Datenflusses	Stufe 1 X	Stufe 2	Stufe 3
Archiv	Ja X	Nein	
Beweis	Ja X	Nein	

L_4. Vom Arbeitsplatz geht der Befehl an das UeLS.

Stellenwert des Datenflusses	Stufe 1	Stufe 2 X	Stufe 3
Archiv	Ja X	Nein	
Beweis	Ja X	Nein	

L_5. Vom UeLS aus wird der Befehl an die BSA_Y gesendet.

Stellenwert des Datenflusses	Stufe 1	Stufe 2 X	Stufe 3
Archiv	Ja	Nein X	
Beweis	Ja	Nein X	

Zusammenfassend ist durch die Durchführung des ersten und zweiten Schritts der Soll-Zustand für das reale oder geplante Tunnel-Prozessleitsystem aus Sicht der Ablage der Prozessdaten definiert.

Es folgt der zweite Teil, der die Erarbeitung des Ist-Zustands beinhaltet. Er dient der detaillierten Beschreibung des Ist-Zustands des physischen Datenflusses auf der Schicht der Örtlichkeit der Infrastruktur des Schichtenmodells. Dazu soll für jeden vertikalen Pfeil des logischen Datenflusses aus Abbildung 29 (L_1 - L_5) bestimmt werden, welche Hardware er in der Schicht Örtlichkeit der Infrastruktur durchläuft. Durchläuft das physische Abbild eines logischen Prozessflusses einen Gerätetyp auf einer BSA (Einzelrechner (ER), Gruppenrechner (GR), Kopfrechner (KR)), des UeLS (Knotenrechner (KNR), Betriebsleitreechner (BLR), Fileserver (FS)), eine zentrale Speicher Infrastruktur (ZSI) oder den Arbeitsplatz (AP), so wird dies mittels Pfeil entsprechend markiert (Abbildung 30). Die Farben der Punkte sind analog zur Farbe des logischen Datenflusses (Abbildung 29).

Zusätzlich soll für jeden gesetzten Pfeil die zutreffende Speichertechnik bestimmt werden und angegeben werden, ob der gesetzte Pfeil ins Archiv übertragen werden muss oder beweisrelevant ist.

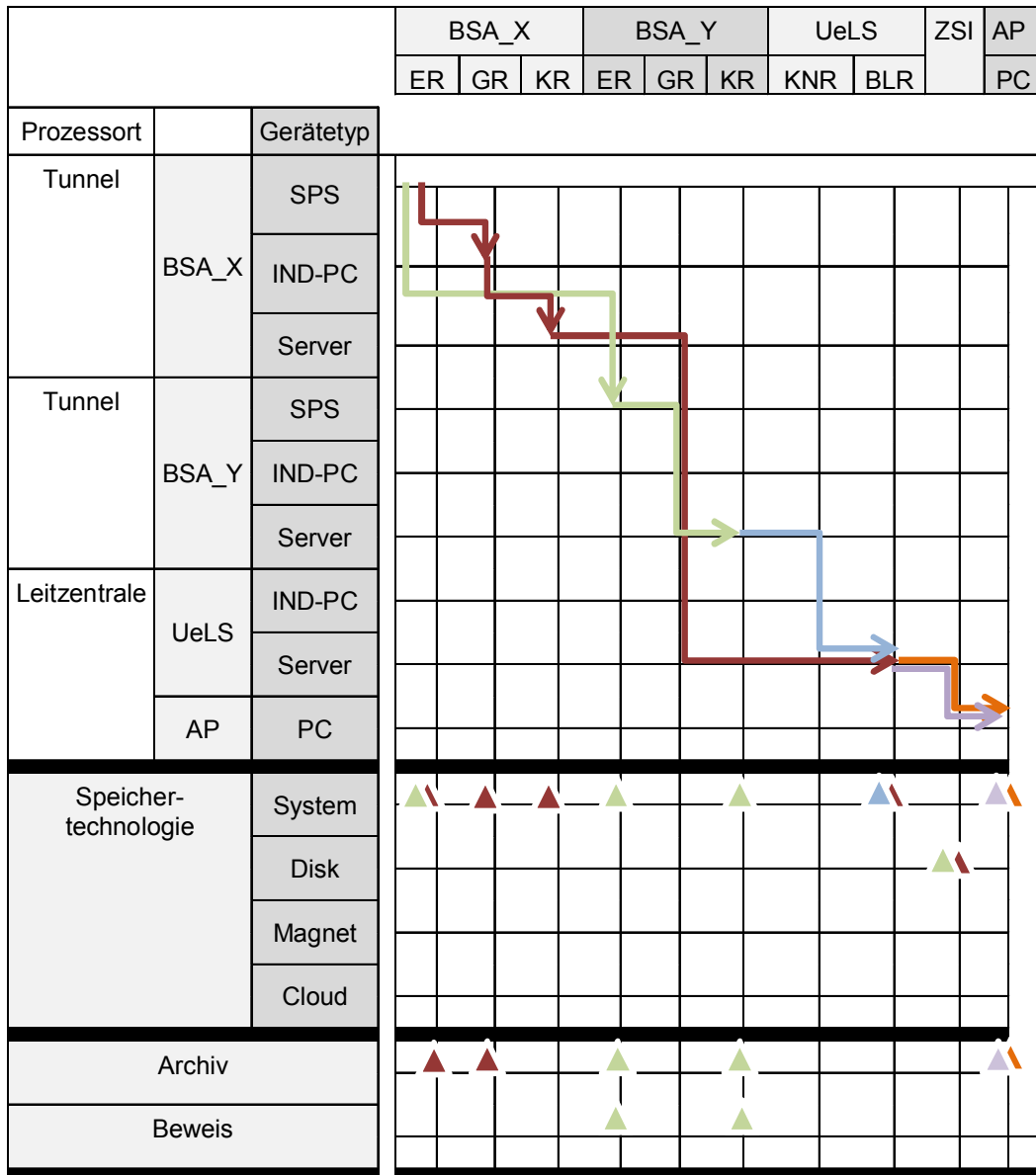


Abb. 30: Tabelle für die Bestimmung der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im physischen Datenflusses

4 Resultate

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Fragebogens von vier heutigen Tunnel-Prozessleitsystemen der Schweiz diskutiert. In einem Workshop wurde dabei die Soll- und Ist-Umsetzung der Ablage der Prozessdaten anhand der in Kapitel 3.3 bestimmten stereotypen Anwendungsfälle (Integrationstest, Brandalarm und Auswertung Energie) analysiert, Feststellungen präsentiert sowie diskutiert.

Im vorliegenden Kapitel wird jeweils in einem ersten Schritt der stereotype Anwendungsfall vorgestellt und erklärt. Dieser ist für alle vier untersuchten Tunnel-Prozessleitsysteme gleich. Dennoch unterscheiden sich die im darauffolgenden Subkapitel dokumentierten Antworten zum Soll-Zustand. Diese sind mittels logischer Datenflüsse graphisch dargestellt und interpretiert. Anschliessend werden die unterschiedlichen Realisierungen der Ablage von Prozessdaten der vier Tunnel-Prozessleitsysteme mittels der Antworten zu den Ist-Zuständen visualisiert. In der abschliessenden Lückenanalyse werden die Unterschiede zwischen Soll-Zustand und Ist-Zustand identifiziert.

4.1 Stereotyper Anwendungsfall A: Integrationstest

Der erste untersuchte stereotype Anwendungsfall beschreibt einen Integrationstest. Bei diesem Anwendungsfall überprüft der Planer die Integration einer neuen Notruftelefonanlage (NT). Dabei drückt ein Mitarbeiter des Planers im Tunnel den Sprechknopf einer NT. Die NT sendet eine Meldung (L_1_1 und L_1_2) an das UeLS, wodurch ein Operator in Leitzentrale wenig später sieht, dass der Sprechknopf gedrückt wurde. Gleichzeitig mit dem Absenden der Meldung an das UeLS wird ein Reflex ausgelöst (L_1_3) und die Signalisation (SIG) auf der entsprechenden Fahrspur beginnt zu blinken. Die erfolgreiche Umsetzung des Reflexes wird ebenfalls an das UeLS gemeldet (L_1_4 und L_1_5). Der logische Datenfluss dieses Anwendungsfalles kann in fünf Einheiten (L_1_1 - L_1_5) unterteilt werden (Abbildung 31):

- **L_1_1.** Die NT sendet eine Meldung an das UeLS, dass ein der Sprechknopf gedrückt wurde.
- **L_1_2.** Das UeLS schickt diese Meldung an den Arbeitsplatz.
- **L_1_3.** Der Reflex 'Blinken auf der rechten Fahrspur' geht von der NT direkt an die SIG.
- **L_1_4.** Die SIG bestätigt den Empfang des Reflexes an das UeLS.
- **L_1_5.** Vom UeLS aus wird die Empfangsbestätigung an den Arbeitsplatz gesendet.

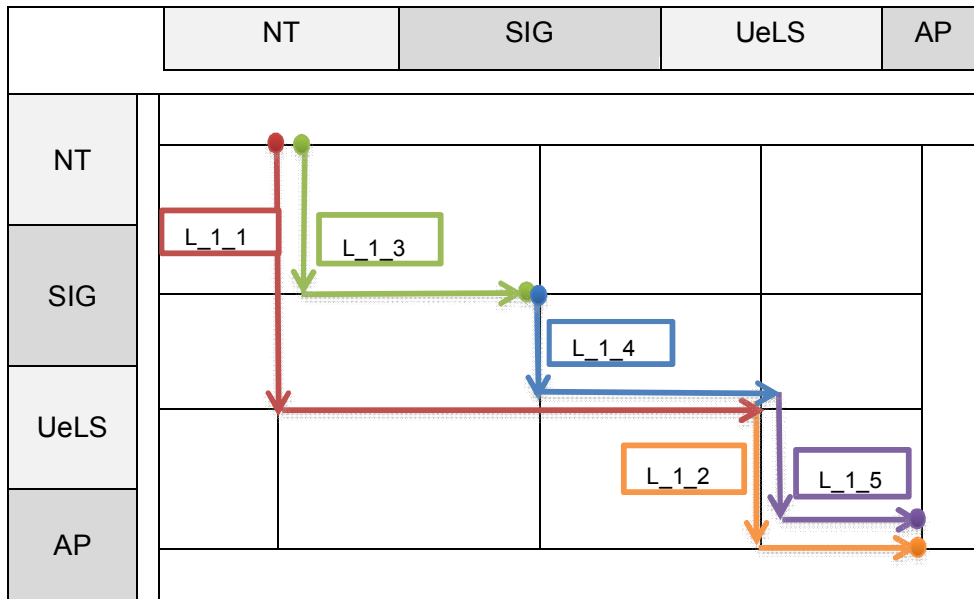


Abb. 31: Logischer Datenfluss des Anwendungsfalls 'Integrationstest'

Auf Grund der hohen Abstraktion in der Schicht der Programmierschnittstellen, stellt der logische Datenfluss den kürzest möglichen Weg dar, welchen die physischen Datenflüsse nehmen können.

Soll-Eigenschaften des logischen Datenflusses

Die Gruppe der sechs Experten hat die Soll-Eigenschaften des logischen Datenflusses im obigen Anwendungsfall gemäss Abbildung 29 anhand des Fragebogens bewertet. Dabei mussten die Experten den verschiedenen Datenflüssen eine der Stellenwertstufen 1-3 (siehe Kapitel 1.4) sowie die Eigenschaften archiv- und beweispflichtig zuteilen. Dadurch entstand ein 4x3 Raster, in welchem die Antworten visualisiert werden können.

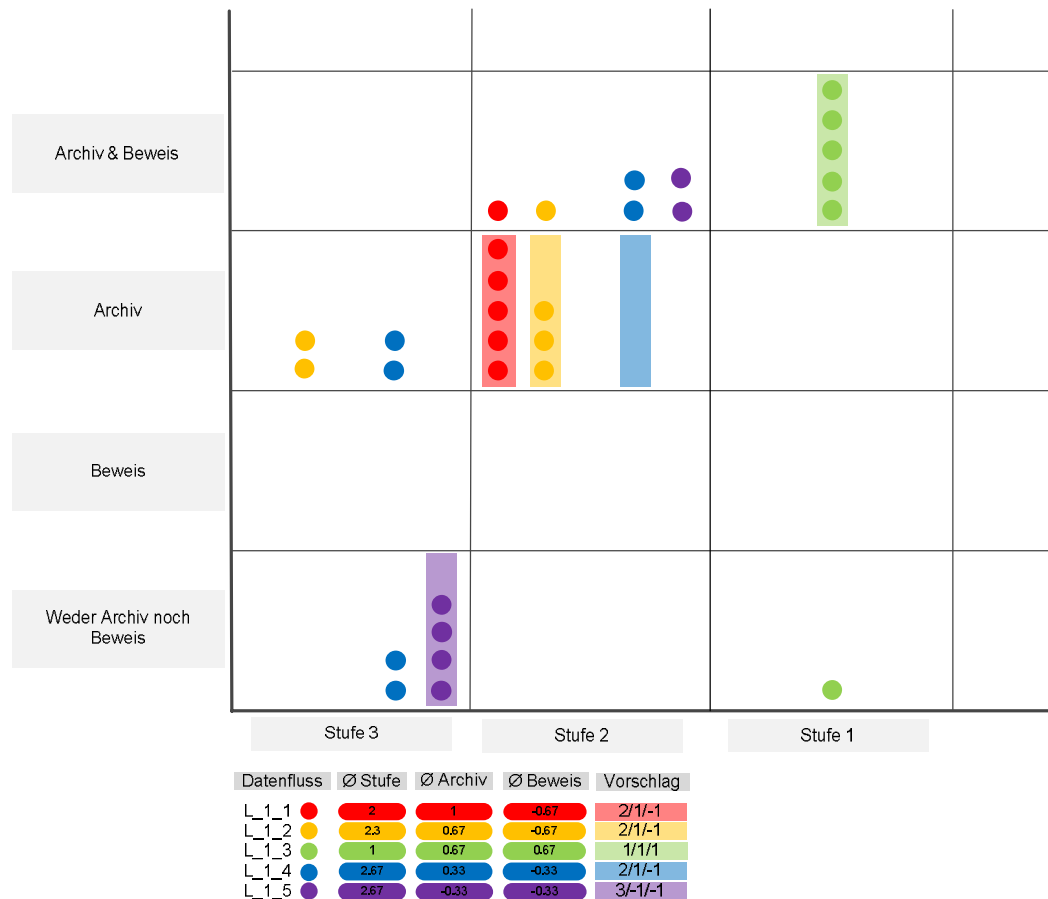


Abb. 32: Soll-Bewertung der Eigenschaften des logischen Datenflusses des Anwendungsfalls 'Integrationstest'

Aus Abbildung 32 wird ersichtlich, dass das Merkmal Beweis nur in Kombination mit dem Archiv verwendet wird und alleine nicht existiert. Dies erscheint sinnvoll, da Datenflüsse, die als Beweis gesichert werden auch archiviert werden müssen. Umgekehrt ist es möglich, Datenflüsse zu archivieren, ohne diese beweissicher abzulegen. Weiter fällt auf, dass die Kombination Archiv & Beweis nur für die Stellenwertstufen 1 und 2 verwendet wird.

Die Streuung der Antworten der Experten ist relativ hoch. Von zwölf möglichen Feldern werden sechs Felder verwendet. Es wird daher vorgeschlagen, die Zahl der zulässigen Kombinationen und damit der Felder von sechs auf drei zu reduzieren. Der Vorschlag ist so ausgelegt, dass Datenflüsse der Stufe 3 (L_1_5) nicht archiviert und auch nicht als Beweis gesichert werden sollen. Datenflüsse, welche der Stufe 2 angehören (L_1_1 / L_1_2 / L_1_4) werden im Archiv abgelegt, sind aber nicht beweispflichtig. Die Datenflüsse der Stufe 1 (L_1_3) sind beweispflichtig und müssen damit auch archiviert werden.

Der detaillierte Bewertungsschlüssel ist in diesem Abschnitt dokumentiert. Die Antworten der Experten (Punkte) werden auf Grund ihrer Zuteilung bewertet. Der Stufe 1 wird der Wert 1 zugeteilt, Stufe 2 der Wert 2 und Stufe 3 der Wert 3. Wird ein Datenfluss archiviert, wird er mit dem Wert 1 versehen. Ist dies nicht der Fall, wird der Wert -1 vergeben. Muss der Datenfluss als Beweis gesichert werden, wird auch dies mit dem Wert 1 bewertet. Wie bei der Archivierung, wird im gegenteiligen Fall der Wert -1 vergeben. Ein Datenfluss, welcher mit der Stellenwertstufe 2 behandelt, archiviert, aber nicht beweissicher wird, hat somit die Werte 2 / 1 / -1 (Stellenwertstufe / Archiv / Beweis). Aus dem Total von 30 Antworten kann der Durchschnitt (Ø) pro Stufe und Kriterium für jeden Datenfluss ausgerechnet werden. Basierend auf diesem Wert wird anschliessend ein Vorschlag (Rechteck) für die bestmögliche Kombination gemacht.

Ist-Eigenschaften des physischen Datenflusses

Die Visualisierung und Bewertung des physischen Datenflusses durch die Experten in ihrem jeweiligen aktuellen Tunnel-Prozessleitsystem ist in den anschliessenden Abbildungen dargestellt. Die Farben der Datenflüsse sind analog zu den Farben in Abbildung 31. Für weitere Interpretationen sei auf die Dokumentation in Kapitel 3.4 verwiesen.

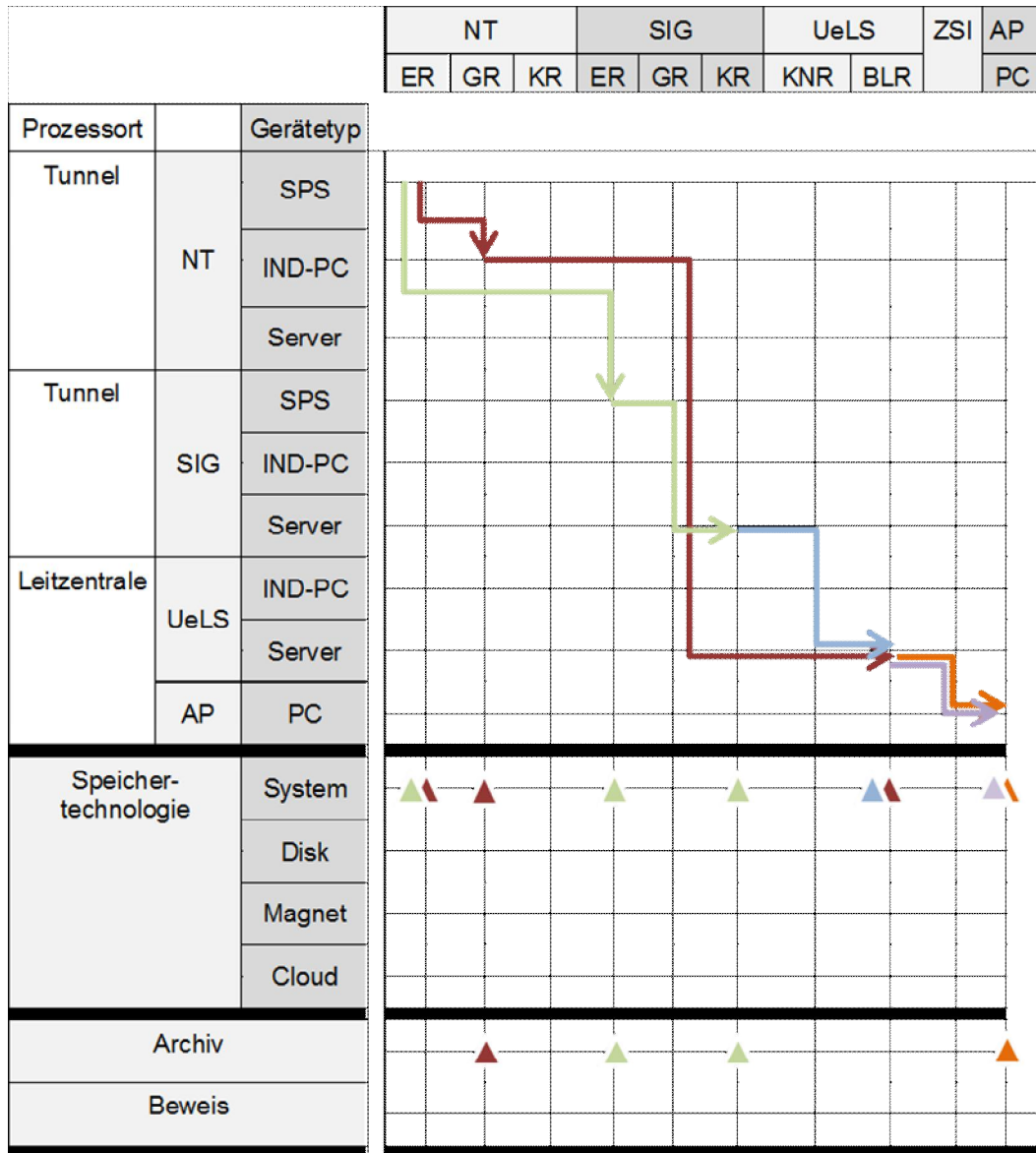


Abb. 33: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Integrationstest' im Tunnel-Prozessleitsystem 1 (S1)

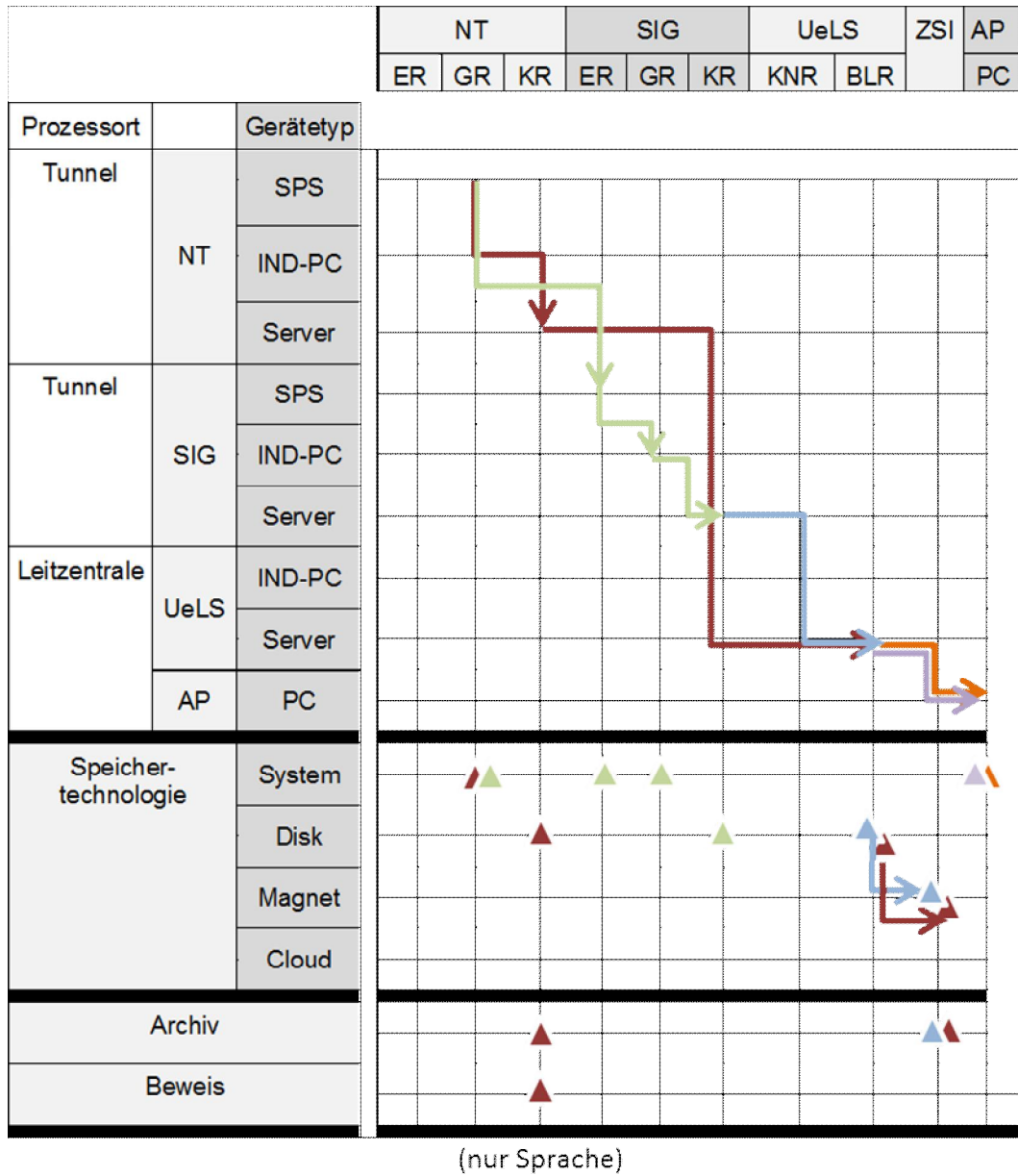


Abb. 35: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Integrationstest' im Tunnel-Prozessleitsystem 3 (S3)

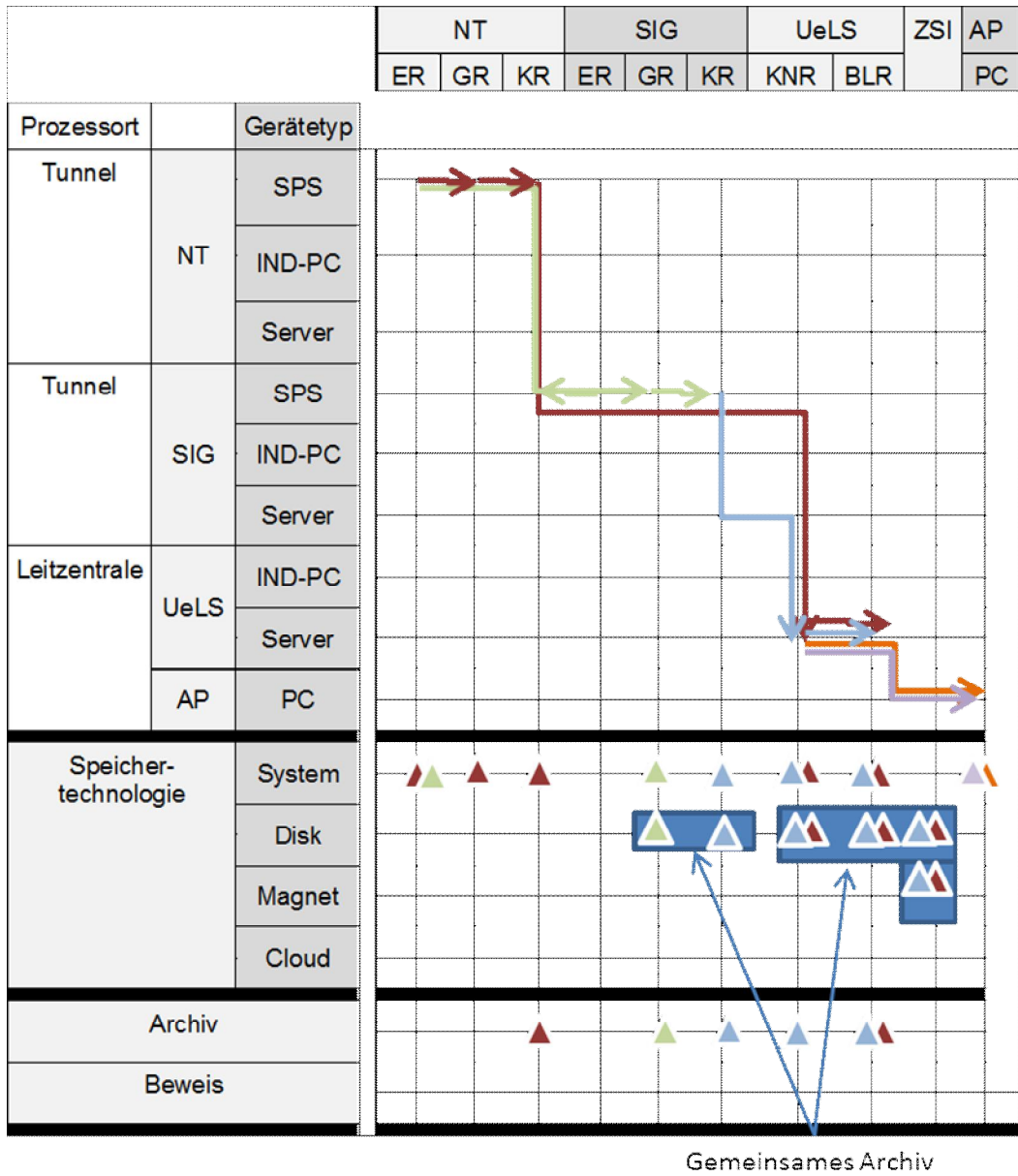


Abb. 36: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Integrationstest' im Tunnel-Prozessleitsystem 4 (S4)

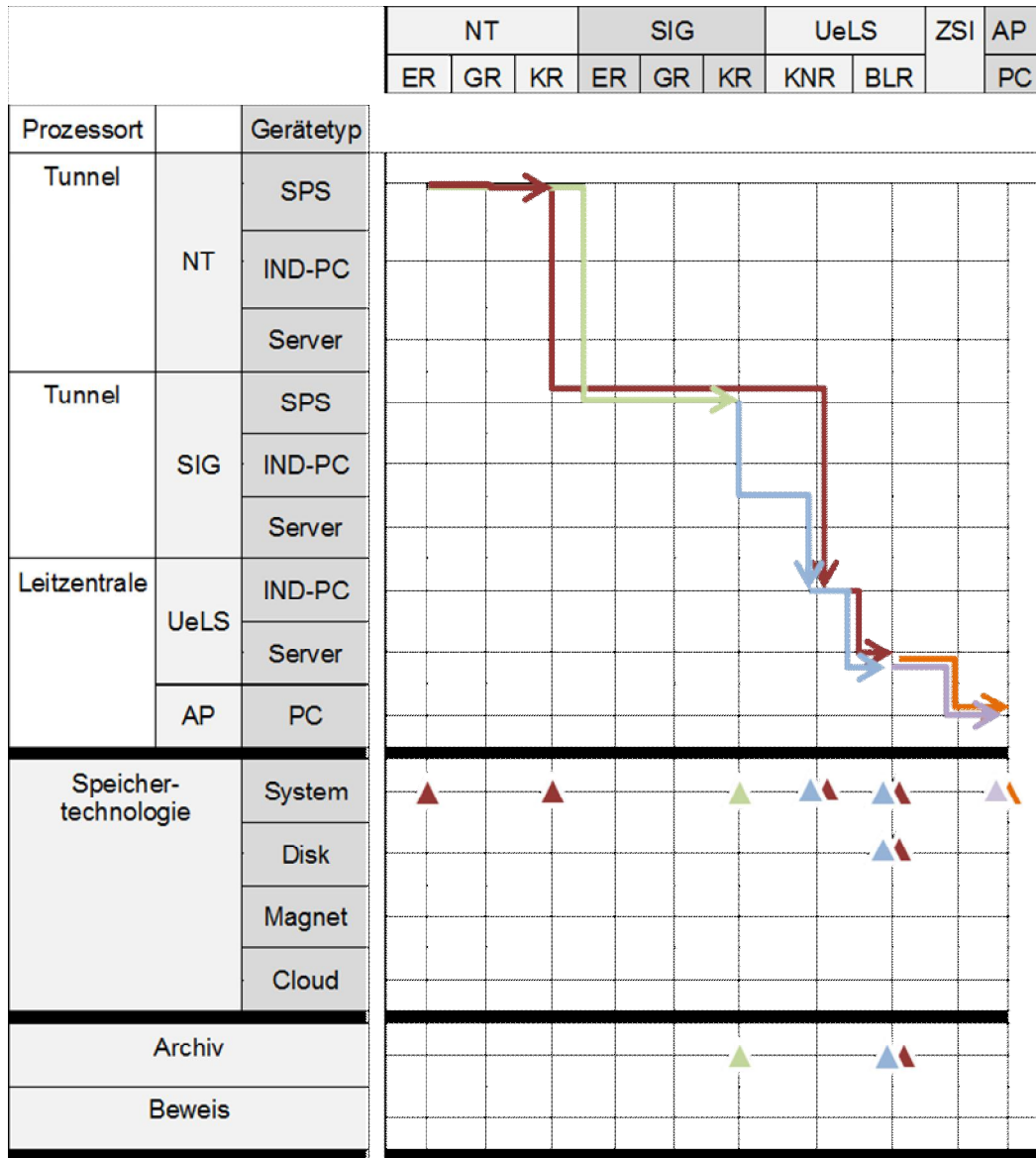


Abb. 37: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Integrationstest' im Tunnel-Prozessleitsystem 5 (S5)

Lückenanalyse

Aus der Bewertung der Ist-Eigenschaften des physischen Datenflusses kann auf die Ist-Eigenschaften des logischen Datenflusses des jeweiligen Tunnel-Prozessleitsystems geschlossen werden (siehe Kapitel 3.1). Wird beispielsweise ein physischer Datenfluss über den Systemspeicher abgewickelt und archiviert wird, so wird diesem physischen Datenfluss in der logischen Schicht (Schicht der Programmierschnittstellen) die Stellenwertstufe 1 zugewiesen.

In Abbildung 38 sind alle physischen Datenflüsse des Anwendungsfalls auf diese Weise interpretiert und zusammengefasst. Sie sind zudem dem Soll-Vorschlag sowie dem Soll-Durchschnitt (Ø) aus Abbildung 32 gegenübergestellt.

Abb. 38: Ist-Bewertung der Eigenschaften des logischen Datenflusses des Anwendungsfalls 'Integrationstest' mit dem Soll-Wert aus der Bewertung des logischen Datenflusses

Datenfluss	Soll (Ø)	Ist - S1	Ist - S2	Ist - S3	Ist - S4	Ist - S5	
L_1_1	Stellenwert	2 (2)	1	1	2	2	2
	Archiv	1 (1)	1	1	1	1	1
	Beweis	-1 (-.67)	-1	1	1	-1	-1
L_1_2	Stellenwert	2 (2.3)	1	1	1	1	1
	Archiv	1 (.67)	1	-1	-1	-1	-1
	Beweis	-1 (-.67)	-1	-1	-1	-1	-1
L_1_3	Stellenwert	1 (1)	1	1	1	1	1
	Archiv	1 (.67)	1	1	1	1	1
	Beweis	1 (.67)	-1	1	-1	-1	-1
L_1_4	Stellenwert	2 (2.67)	1	1	2	2	2
	Archiv	1 (.33)	1	1	1	1	1
	Beweis	-1 (-.33)	1	1	-1	-1	-1
L_1_5	Stellenwert	3 (2.67)	1	1	1	1	1
	Archiv	-1 (-.33)	1	-1	-1	-1	-1
	Beweis	-1 (-.33)	-1	-1	-1	-1	-1

Die auffallendsten Unterschiede zwischen dem logischen und dem physischen Datenfluss lassen sich bei L_1_2, L_1_3 sowie L_1_5 ausmachen. Beim Datenfluss L_1_2 (das UeLS schickt die Meldung an den Arbeitsplatz) verwenden alle untersuchten Systeme die Stellenwertstufe 1 und legen den Datenfluss nicht im Archiv ab. Der Datenfluss wird also mit einer zu hohen Stellenwertstufe behandelt - empfohlen wird die Stellenwertstufe 2. Beim Datenfluss L_1_3 (der Reflex 'Blinken auf der rechten Fahrspur' geht von der NT direkt an die SIG) fehlt bei vier von fünf Systemen die Beweissicherung, obwohl diese im Soll-Zustand vorgesehen ist. Bei L_1_5 (vom UeLS aus wird die Empfangsbestätigung an den Arbeitsplatz gesendet) wird der physische Datenfluss auf einem Systemspeicher abgewickelt, was in der logischen Schicht zu einer Stellenwertstufe 1 führt. In der Soll-Bewertung wird allerdings eine Stellenwertstufe 3 vorgeschlagen.

Aus der Abbildung 39 ist ersichtlich, wie gross die Unterschiede zwischen der heutigen Realisierung und der theoretischen Herleitung für diesen Anwendungsfall sind. Dabei wird jedes System dem Soll-Zustand in diesem Anwendungsfall gegenübergestellt und die Ähnlichkeit berechnet.

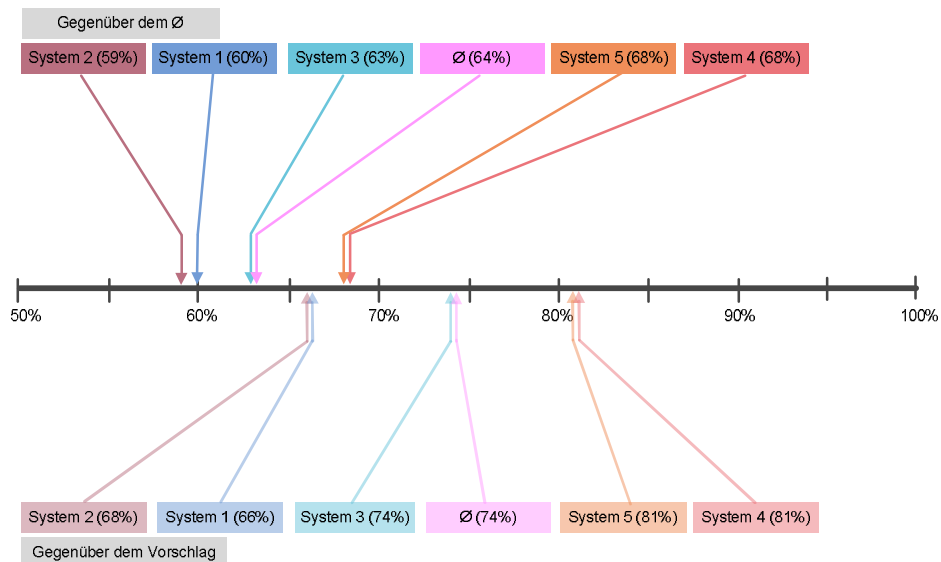


Abb. 39: Ähnlichkeit zwischen Soll- und Ist-Zustand im Anwendungsfall 'Integrationstest'

Alle untersuchten Systeme liegen zwischen 59% und 66% Ähnlichkeit, wenn der Ist-Zustand mit dem Durchschnitt des Soll-Zustand verglichen wird. Wird der Soll-Vorschlag als Vergleichswert herangezogen, so liegt die Ähnlichkeit zwischen 68% und 81%.

Es wird davon ausgegangen, dass durch die Behebung der oben genannten Unterschiede die Lücke zwischen Soll- und Ist-Zustand stark verkleinert werden kann. Diese Annahme wird in Kapitel 4.4 genauer untersucht.

4.2 Stereotyper Anwendungsfall B: Brandalarm

Der zweite stereotype Anwendungsfall beschreibt einen Brandalarm. Dabei wird ein Sensor der Linienbrandmeldeanlage (BMA) ausgelöst. Weil diese Anlage eine hohe Fehleranfälligkeit besitzt (1-2 Mal pro Monat), wird vor dem Auslösen des Reflexes der Operator am Arbeitsplatz informiert, damit dieser einen möglichen Fehlalarm unterdrücken könnte (L_2_1 und L_2_2). Der Operator bestätigt den Brandalarm (L_2_3) und der Reflex wird ausgelöst. Linienbrandmeldeanlage schickt einen Reflex an die Durchfahrtsbeleuchtung (DB), worauf diese auf 100% hochfährt (L_2_4). Die Umsetzung dieses Reflexes wird an den Operator am Arbeitsplatz rückgemeldet (L_2_5 und L_2_6). Der logische Datenfluss dieses Anwendungsfalls kann in sechs einzelne Datenflüsse (L_2_1 - L_2_6) unterteilt werden (Abbildung 40):

- L_2_1. Die BMA sendet eine Meldung an das UeLS, dass ein Brand registriert wurde.
- L_2_2. Das UeLS schickt diese Meldung an den Arbeitsplatz
- L_2_3. Der Operator bestätigt den Brand direkt auf der BMA.
- L_2_4. Der Reflex geht von der BMA-BSA direkt an die DB.
- L_2_5. Die DB bestätigt den Empfang des Reflexes an das UeLS
- L_2_6. Vom UeLS aus wird die Empfangsbestätigung an den Arbeitsplatz gesendet.

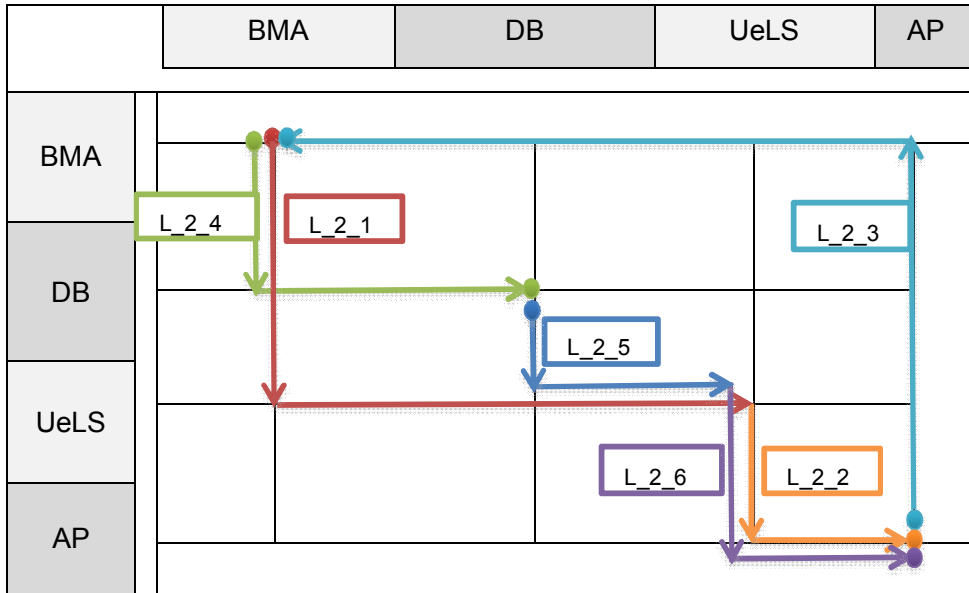


Abb. 40: Logischer Datenfluss visualisiert ohne Eigenschaften des Anwendungsfalls 'Brandalarm'

Der logische Datenfluss stellt auf Grund des hohen Abstraktionsgrad der Schicht der Programmierschnittstellen, den kürzest möglichen Weg der physischen Datenflüsse dar.

Soll-Eigenschaften des logischen Datenflusses

Die Gruppe der sechs Experten hat die Soll-Eigenschaften des logischen Datenflusses im obigen Anwendungsfall gemäss Abbildung 41 bewertet. Dabei mussten die Experten wiederum den verschiedenen Datenflüssen eine der Stellenwertstufen 1-3 (siehe Kapitel 1.4) sowie die Eigenschaften Archiv und Beweis zuteilen. Auch hier sind die Antworten in einem 4x3 Raster visualisiert.

Die Bewertung der Antworten der Experten (Punkte) wird auf die gleiche Weise wie in Kapitel 4.1 durchgeführt. Die Antworten der Experten (Punkte) werden auf Grund ihrer Zuteilung bewertet.

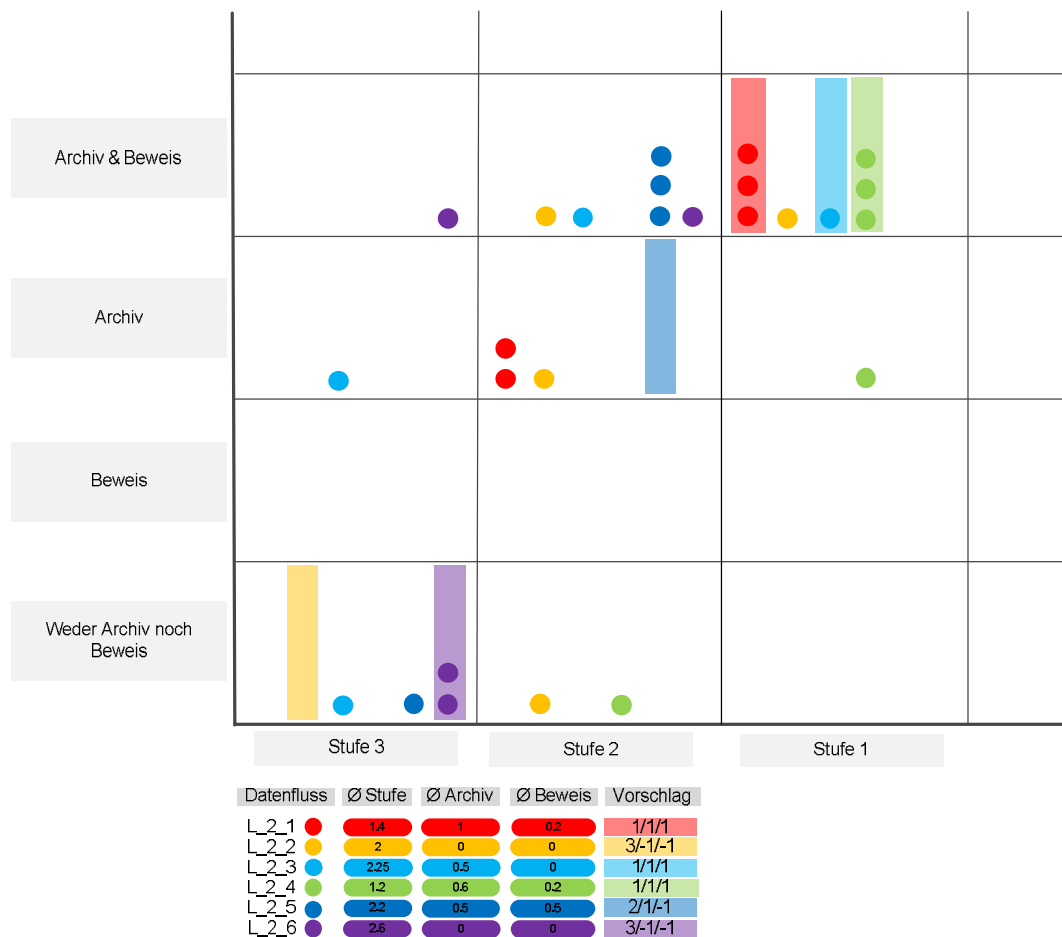


Abb. 41: Soll-Bewertung der Eigenschaften des logischen Datenflusses des Anwendungsfalls 'Brandalarm'

Aus Abbildung 41 wird ersichtlich, dass auch in diesem Anwendungsfall das Merkmal Beweis nur in Kombination mit dem Archiv verwendet wird und alleine nicht existiert. Es fällt auf, dass 13 Punkte, also rund 50% der Antworten im oberen Viertel der Grafik angesiedelt sind. Dies kann als Hinweis darauf gedeutet werden, dass in diesem Anwendungsfall viele Datenflüsse als kritisch eingestuft werden und somit sowohl archiviert, als auch beweisgesichert werden müssen.

Die Streuung der Antworten der Experten ist in diesem Anwendungsfall am höchsten. Von zwölf möglichen Feldern werden acht verwendet. Durch den Vorschlag wird die Zahl der benutzten Felder von acht auf drei reduziert. Hier bestätigt sich die Annahme, dass in diesem Anwendungsfall einige kritische Datenflüsse ablaufen. Drei der sechs Vorschläge befinden sich in der Stellenwertstufe 1 und müssen beweispflichtig archiviert werden. Auch bei diesem Anwendungsfall ist der Vorschlag so ausgelegt, dass Datenflüsse der Stufe 3 (L_2_2 und L_2_6) nicht archiviert und auch nicht als Beweis gesichert werden sollen. Die Datenflüsse, welche der Stufe 2 angehören (L_2_6) werden im Archiv abgelegt, aber nicht beweispflichtig sind. Die Datenflüsse der Stufe 1 (L_2_1 / L_2_3 / L_2_4) sind beweispflichtig sind und müssen archiviert werden.

Ist-Eigenschaften des physischen Datenflusses

Die Visualisierung und Bewertung des physischen Datenflusses durch die Experten in ihrem jeweiligen aktuellen Tunnel-Prozessleitsystem ist in den anschliessenden Abbildungen dargestellt. Die Farben der Datenflüsse sind analog zu den Farben in Abbildung 40. Für weitere Interpretationen sei auf die Dokumentation in Kapitel 3.4 verwiesen.

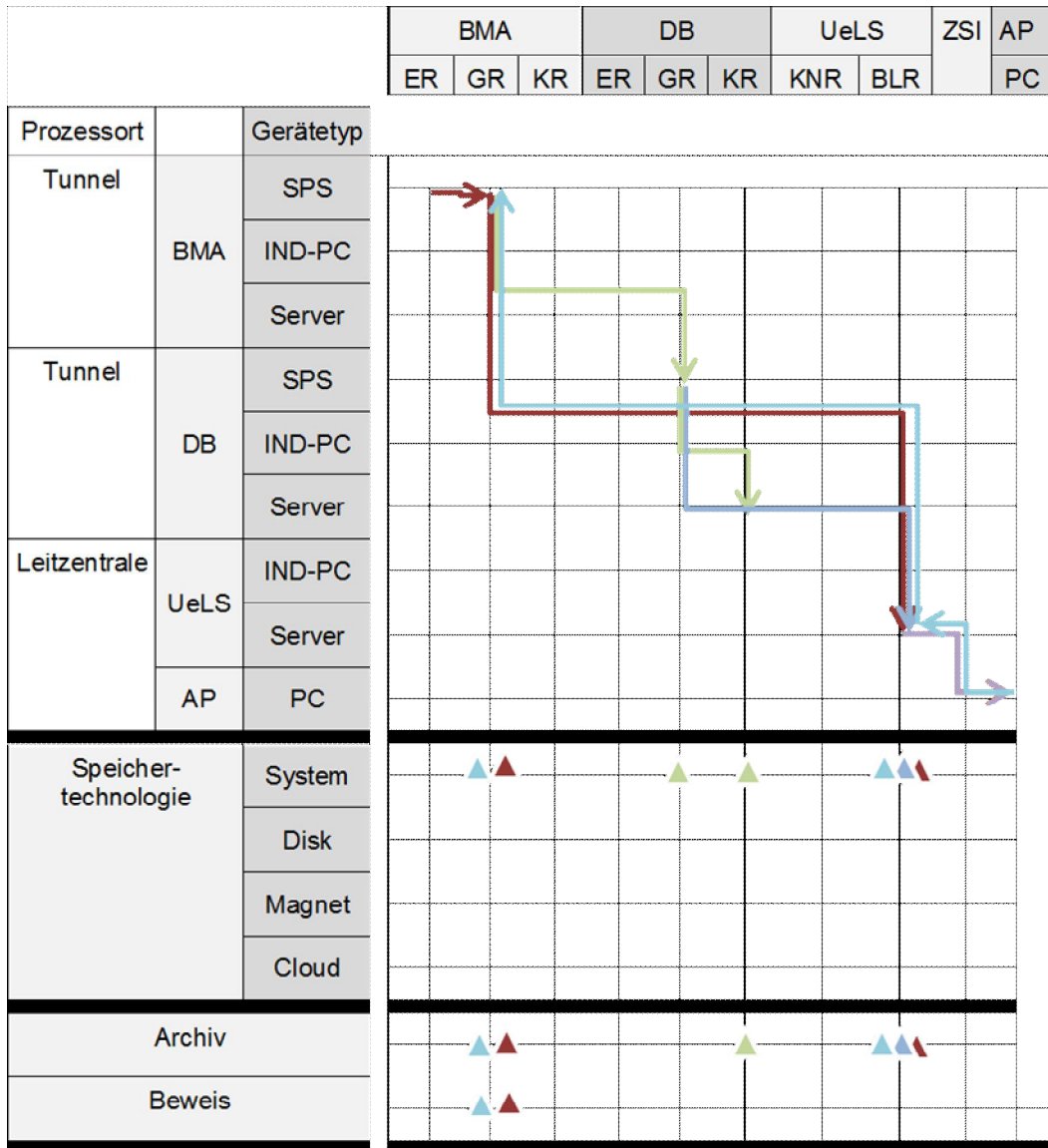


Abb. 42: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Brandalarm' im Tunnel-Prozessleitsystem 1 (S1)

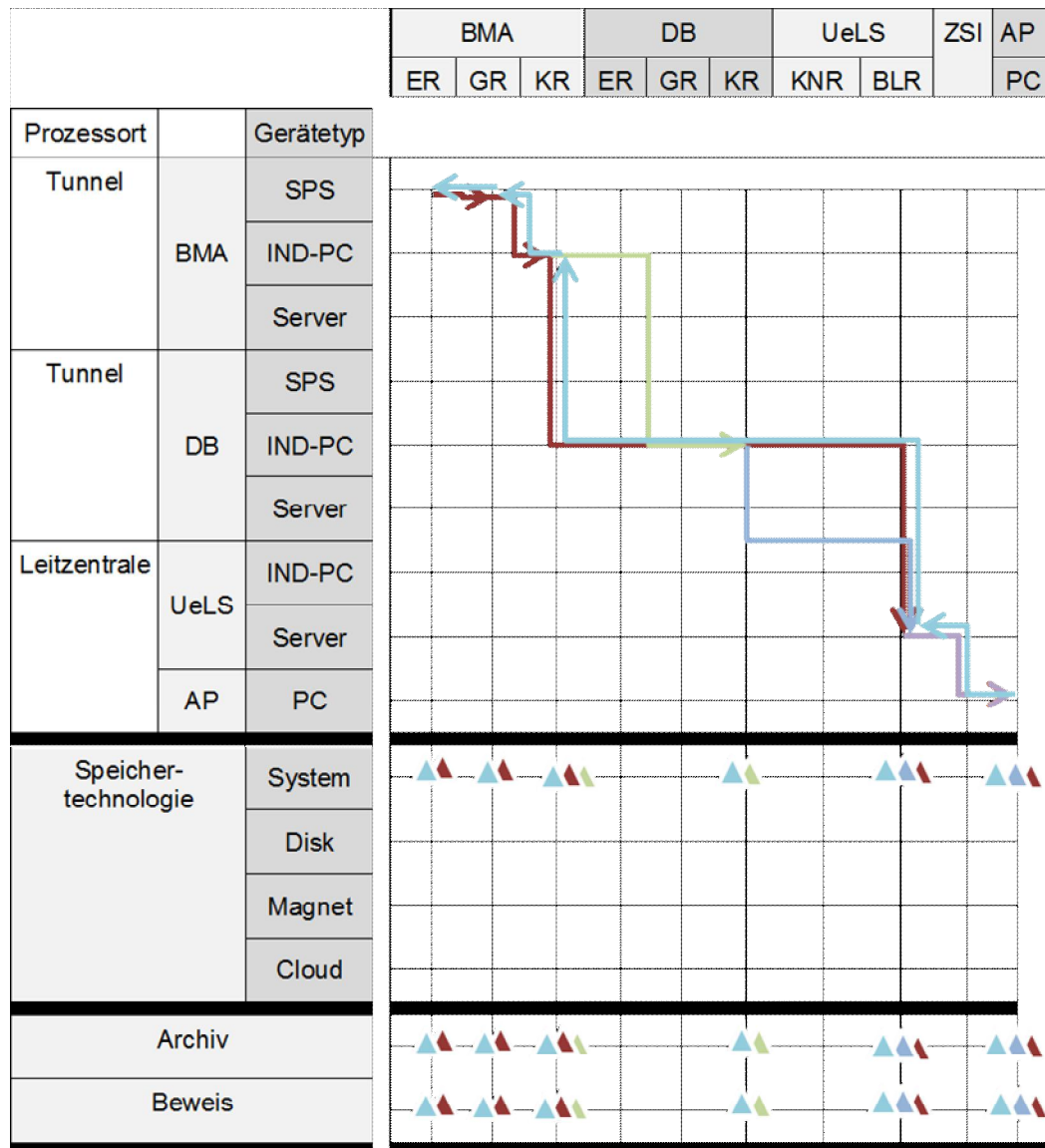


Abb. 43: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Brandalarm' im Tunnel-Prozessleitsystem 2 (S2).

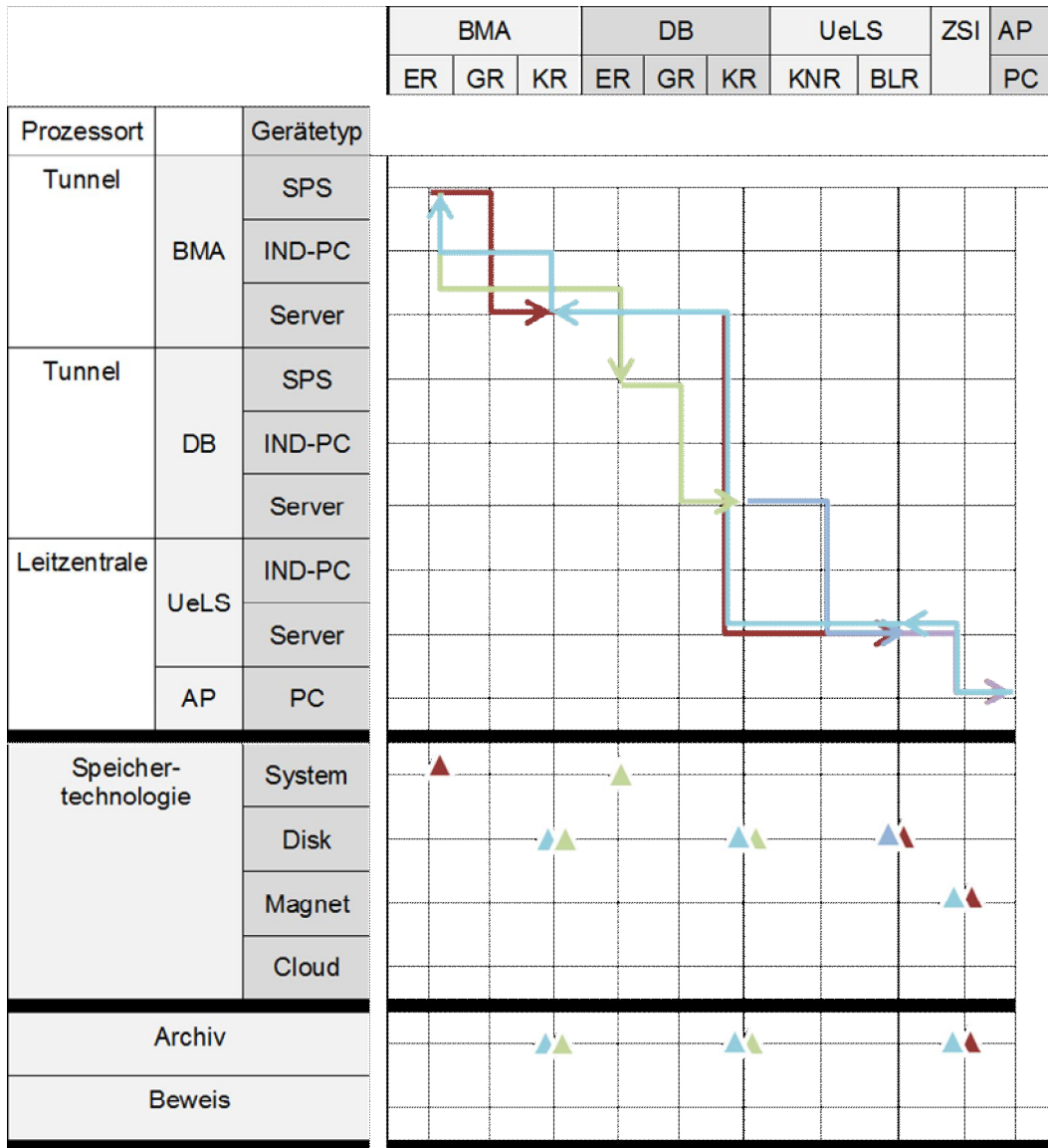


Abb. 44: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Brandalarm' im Tunnel-Prozessleitsystem 3 (S3)

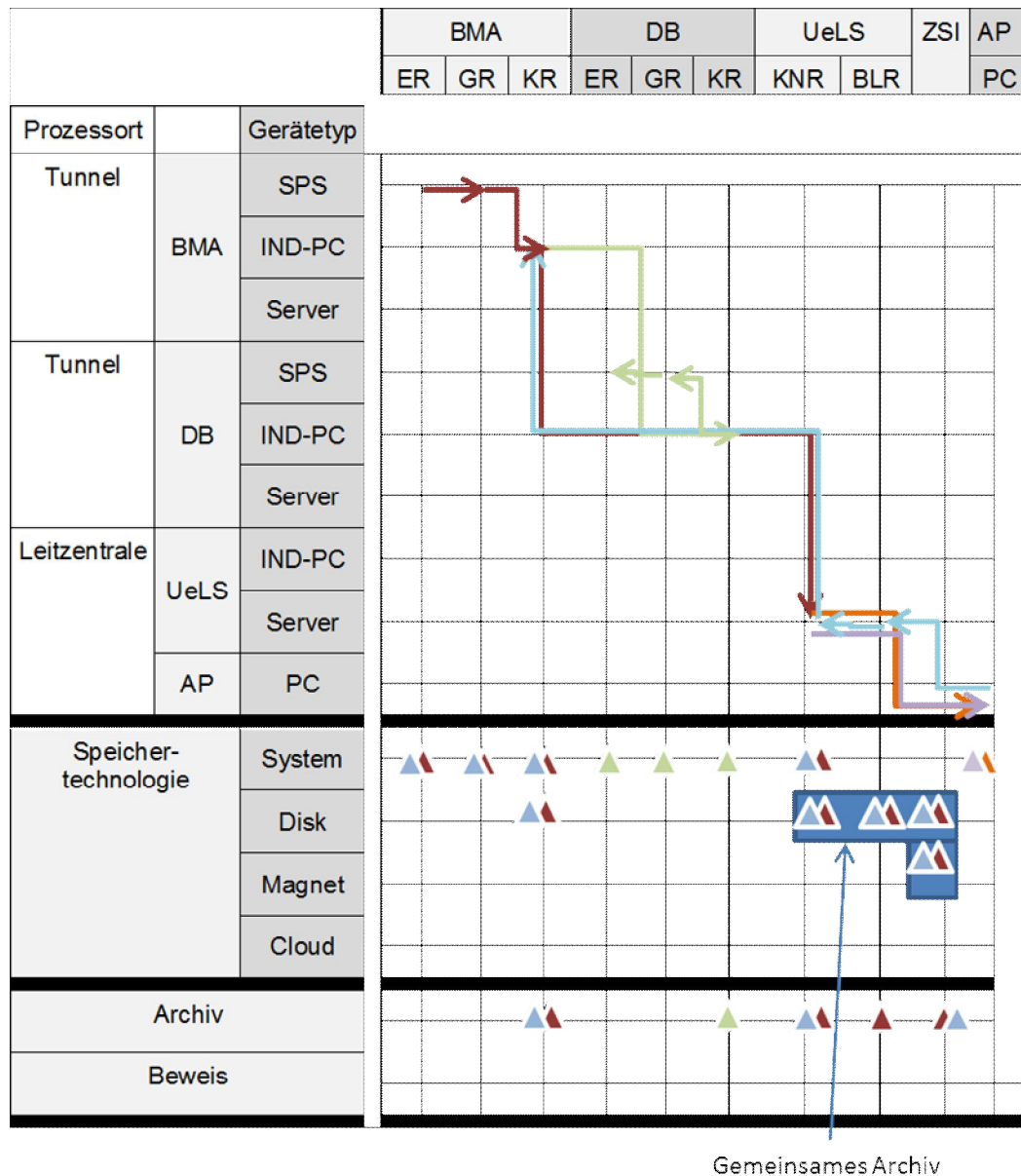


Abb. 45: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Brandalarm' im Tunnel-Prozessleitsystem 4 (S4)

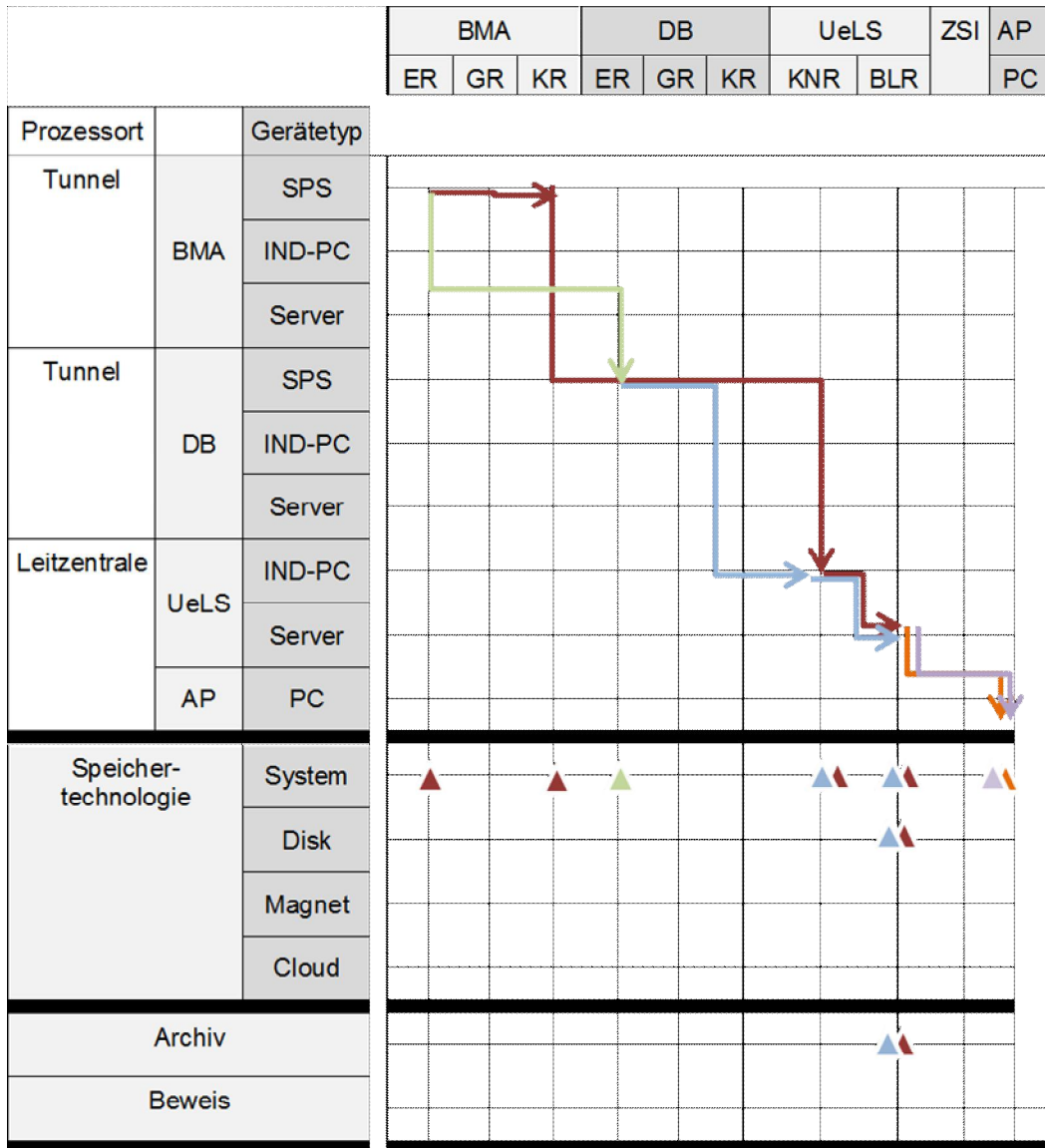


Abb. 46: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Brandalarm' im Tunnel-Prozessleitsystem 5 (S5)

Lückenanalyse

Auf Grund der Bewertung der Ist-Eigenschaften des physischen Datenflusses kann auf die Ist-Eigenschaften des logischen Datenflusses geschlossen werden (siehe Kapitel 3.1). In Abbildung 47 sind alle physischen Datenflüsse des Anwendungsfalls nach dieser Methode interpretiert und zusammengefasst. Sie werden dabei wiederum dem Soll-Vorschlag und dem Soll-Durchschnitt (Ø) aus Abbildung 41 gegenübergestellt.

Abb. 47: Ist-Bewertung der Eigenschaften des logischen Datenflusses des Anwendungsfalls 'Brandalarm' mit dem Soll-Wert aus der Bewertung des logischen Datenflusses

Datenfluss	Soll (Ø)	Ist - S1	Ist - S2	Ist - S3	Ist - S4	Ist - S5
L_2_1	Stellenwert	1 (1.4)	1	1	1	1
	Archiv	1 (1)	1	1	-1	1
	Beweis	1 (.2)	1	1	-1	-1
L_2_2	Stellenwert	3 (2)	1	1	2	2
	Archiv	-1 (0)	-1	1	-1	-1
	Beweis	-1 (0)	-1	1	-1	-1
L_2_3	Stellenwert	1 (2.25)	1	1	2	2
	Archiv	1 (.5)	1	1	1	1
	Beweis	1 (0)	1	1	-1	-1
L_2_4	Stellenwert	1 (1.2)	1	1	1	1
	Archiv	1 (.6)	1	1	1	1
	Beweis	1 (.2)	-1	1	-1	-1
L_2_5	Stellenwert	2 (2.2)	1	1	2	1
	Archiv	1 (.5)	1	1	1	1
	Beweis	-1 (.5)	-1	1	-1	-1
L_2_6	Stellenwert	3 (2.6)	1	1	2	2
	Archiv	-1 (0)	-1	1	-1	1
	Beweis	-1 (0)	-1	1	-1	-1

Die auffallendsten Unterschiede zwischen dem logischen und dem physischen Datenfluss lassen sich bei L_2_2, L_2_4 sowie L_2_6 ausmachen. Beim Datenfluss L_2_2 (das UeLS schickt die Meldung an den Arbeitsplatz) verwenden zwei der fünf untersuchten Systeme die Stellenwertstufe zwei und drei sogar die Stellenwertstufe 1. Der Datenfluss wird also mit einer zu hohen Stellenwertstufe behandelt - empfohlen wird die Stellenwertstufe 3. Der Datenfluss L_2_4 (der Reflex geht von der BMA-BSA direkt an die DB) wird bei vier von fünf Systemen nicht als Beweis gesichert, obwohl dies im Soll-Zustand vorgesehen ist. Der Datenfluss L_2_6 (vom UeLS aus wird die Empfangsbestätigung an den Arbeitsplatz gesendet) wird in zwei von fünf Fällen mit einer Stellenwertstufe 2 und in drei Fällen mit einer Stellenwertstufe 1 bewertet. In der Soll-Bewertung wird allerdings eine Stellenwertstufe 3 vorgeschlagen.

In Abbildung 48 wird aufgezeigt, wie gross die Unterschiede zwischen der tatsächlichen Realisierung und der theoretischen Herleitung dieses spezifischen Anwendungsfalls sind. Dabei wird jedes System dem Soll-Zustand in diesem Anwendungsfall gegenübergestellt und die Ähnlichkeit berechnet.

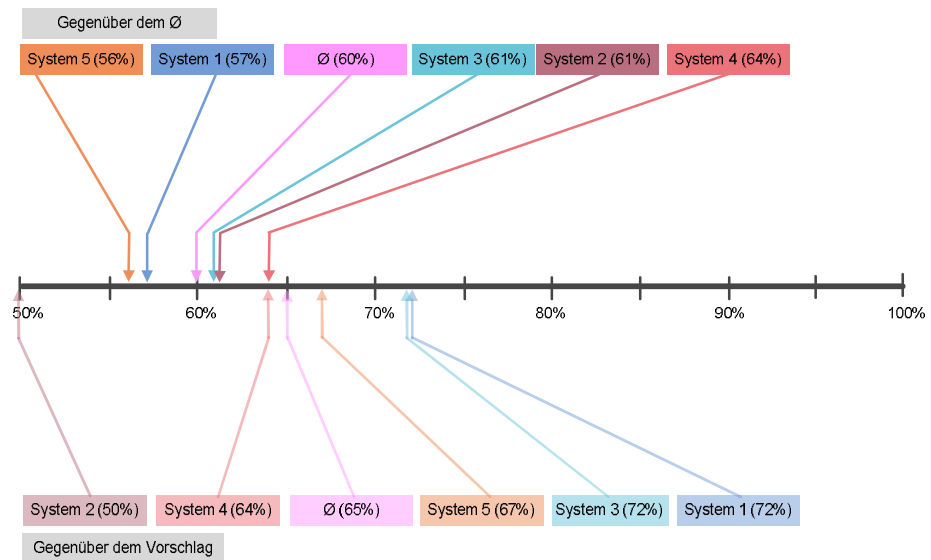


Abb. 48: Ähnlichkeit zwischen Soll- und Ist-Zustand im Anwendungsfall 'Brandalarm'

Alle untersuchten Systeme liegen zwischen 56% und 64% Ähnlichkeit, wenn der Ist-Zustand mit dem Durchschnitt des Soll-Zustand verglichen wird. Wird der Soll-Vorschlag als Vergleichswert herangezogen, so liegt die Ähnlichkeit zwischen 50% und 72%.

Wiederum wird davon ausgegangen, dass durch die Behebung der oben genannten Unterschiede die Lücke zwischen Soll- und Ist-Zustand verkleinert werden kann. Diese These wird in Kapitel 4.4 genauer untersucht.

4.3 Stereotyper Anwendungsfall C: Auswertung Energie

Der letzte untersuchte Anwendungsfall betrifft die Auswertung von Datensätzen aus dem Tunnel-Prozessleitsystem, dargestellt am Beispiel der Energieauswertung. In diesem Fall möchte der Tunnelleigentümer den jährlichen Stromverbrauch der Lüftung und der Beleuchtung aller Tunneln in seinem Besitz erheben. Der Betrieb und Unterhalt beschafft die Auswertung des Energieverbrauchs der Tunnellüftung-BSA (LUE) und Beleuchtung-BSA (BEL). Der logische Datenfluss dieser Anwendungsfälle kann in vier einzelne Datenflüsse (L_3_1 - L_3_4) unterteilt werden (Abbildung 49):

- **L_3_1.** Der Operator fordert die benötigten Daten direkt von der LUE an.
- **L_3_2.** Die LUE schickt die geforderten Daten direkt an den Arbeitsplatz.
- **L_3_3.** Der Operator fordert die benötigten Daten direkt von der BEL an.
- **L_3_4.** Die BEL schickt die geforderten Daten direkt an den Arbeitsplatz.

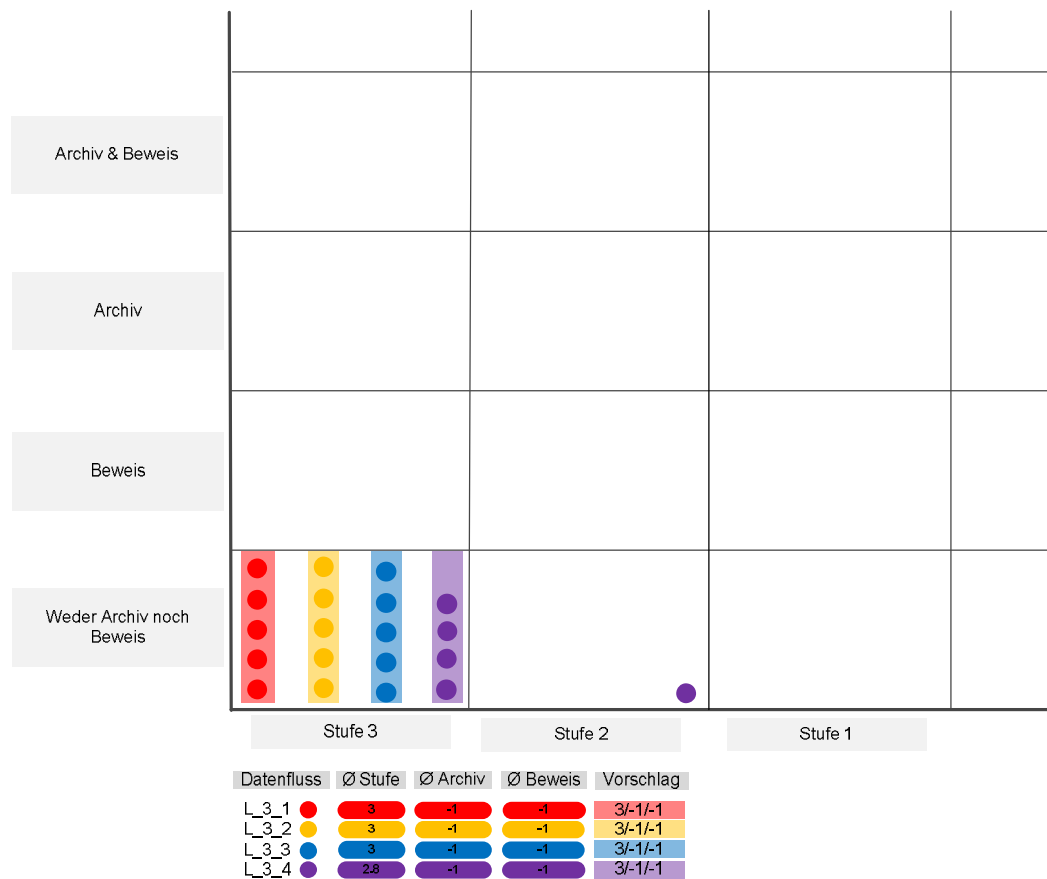


Abb. 50: Soll-Bewertung der Eigenschaften des logischen Datenflusses des Anwendungsfalls 'Auswertung Energie'

Im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Anwendungsfällen ist die Streuung der Antworten in diesem Anwendungsfall sehr gering. Die Experten sind sich einig, dass keiner der Datenflüsse im Archiv abgelegt oder sogar als Beweis gesichert werden soll. Ähnlich einig sind sich die Experten bei der Zuteilung der Stellenwertstufe. Lediglich beim Datenfluss L_3_4 gibt es eine Einteilung in die Stellenwertstufe 2. Auf Grund der sehr einheitlichen Antworten entspricht der Vorschlag sehr genau dem errechneten Durchschnitt der Antworten der Experten.

Ist-Eigenschaften des physischen Datenflusses

Die Visualisierung und Bewertung des physischen Datenflusses durch die Experten in ihrem jeweiligen aktuellen Tunnel-Prozessleitsystem ist in den anschließenden Abbildungen dargestellt. Für weitere Interpretationen sei auf die Dokumentation in Kapitel 3.4 verwiesen.

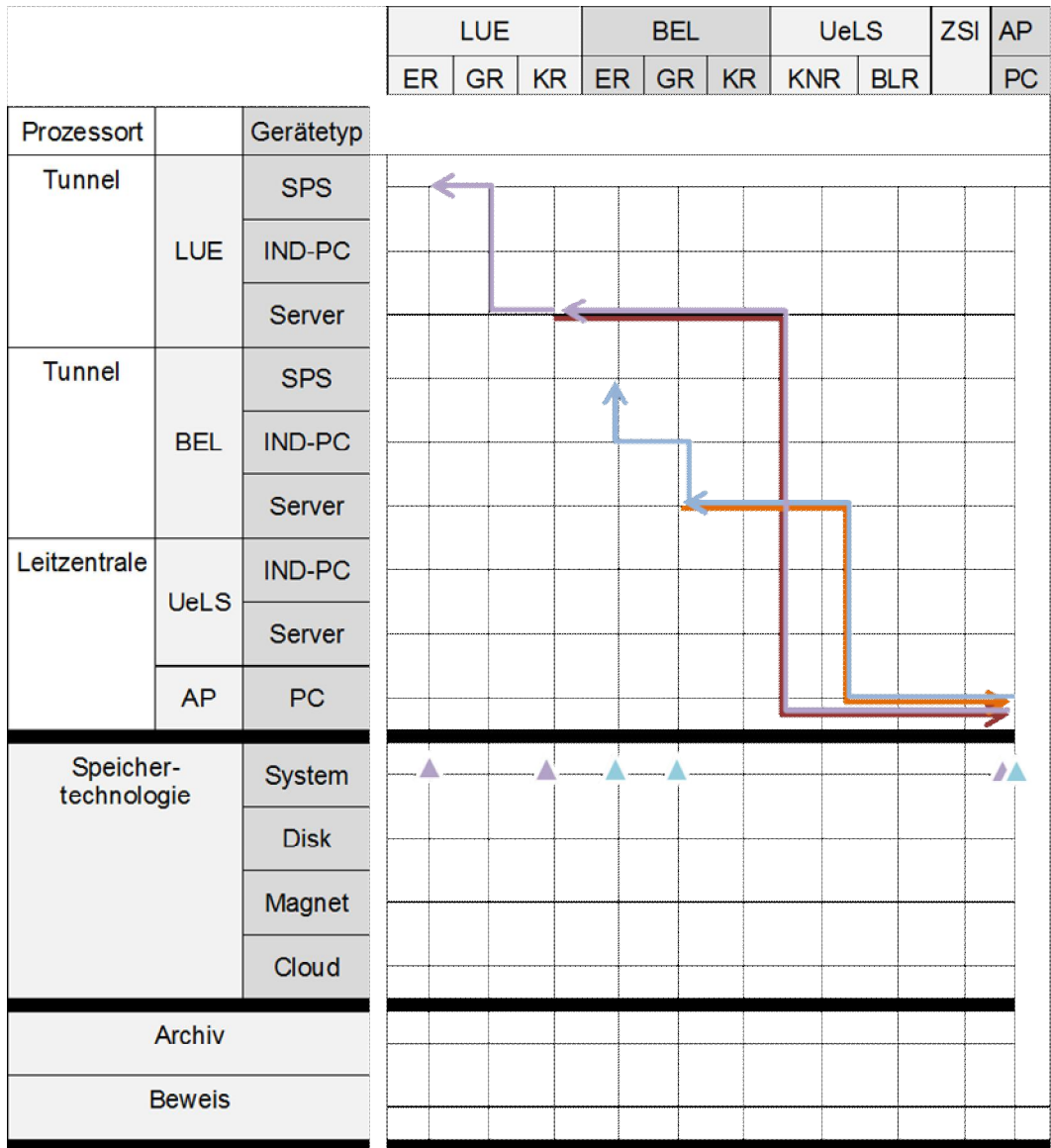


Abb. 52: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Auswertung Energie' im Tunnel-Prozessleitsystem 2 (S2)

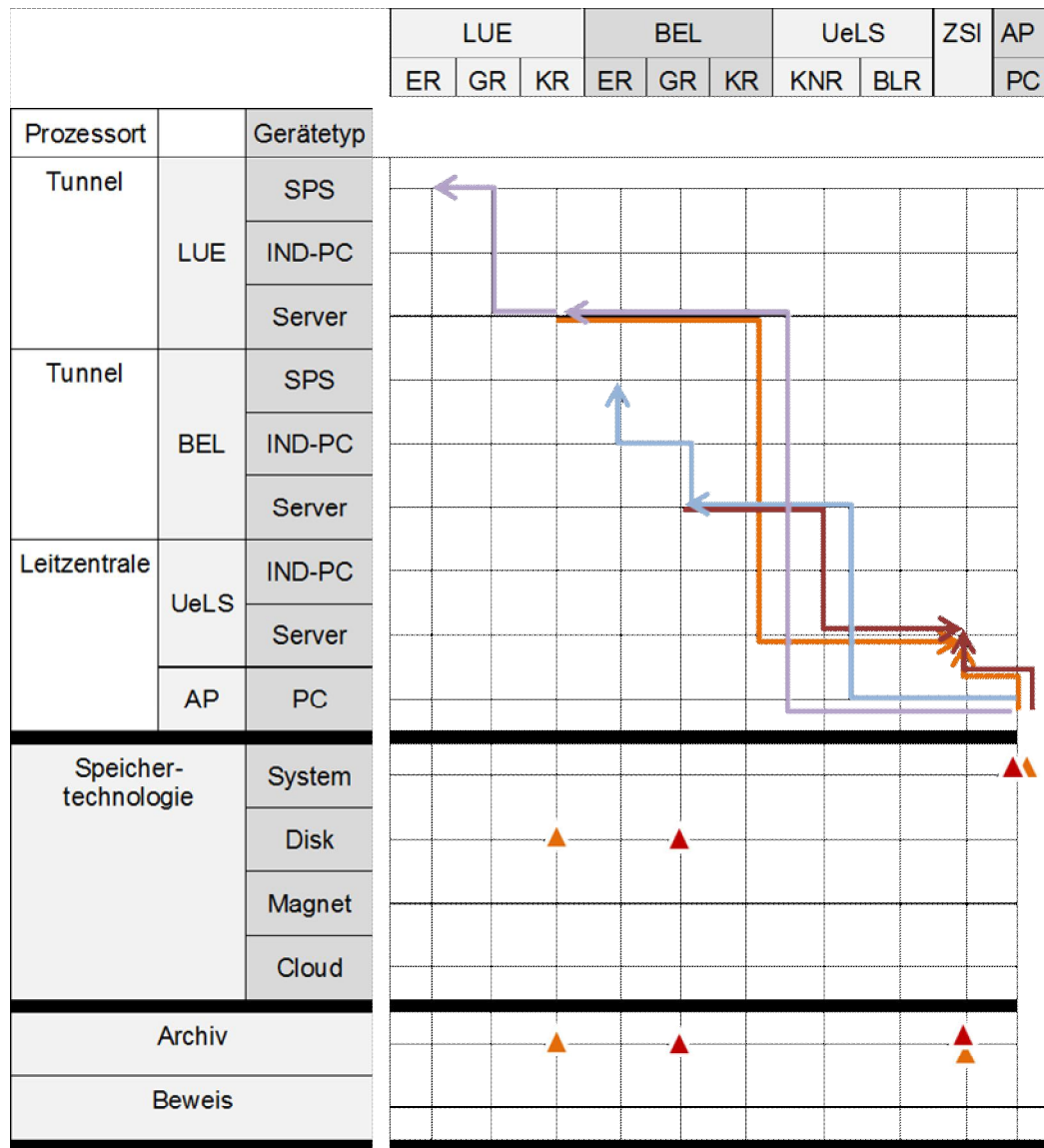


Abb. 53: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Auswertung Energie' im Tunnel-Prozessleitsystem 3 (S3)

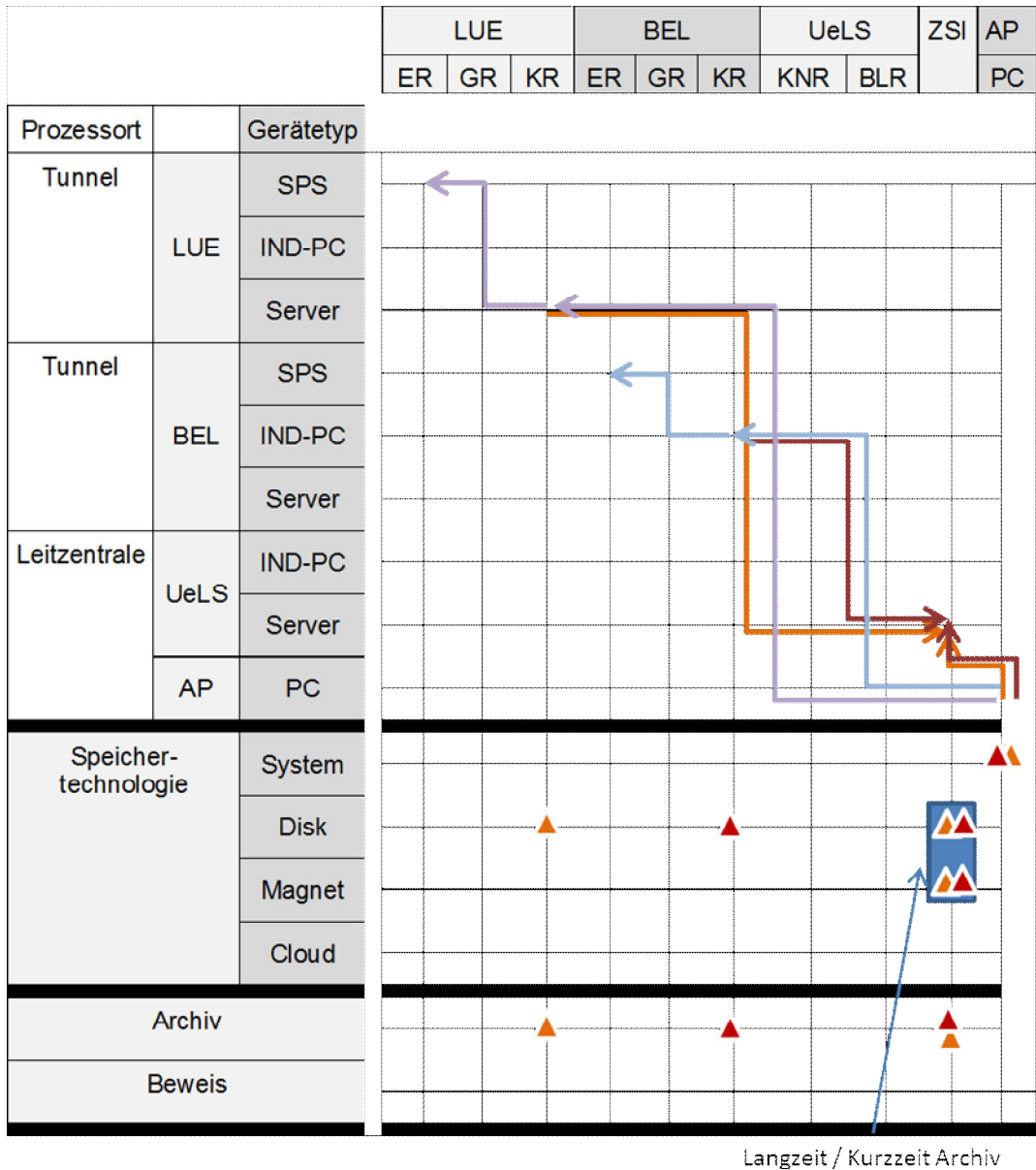


Abb. 54: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Auswertung Energie' im Tunnel-Prozessleitsystem 4 (S4)

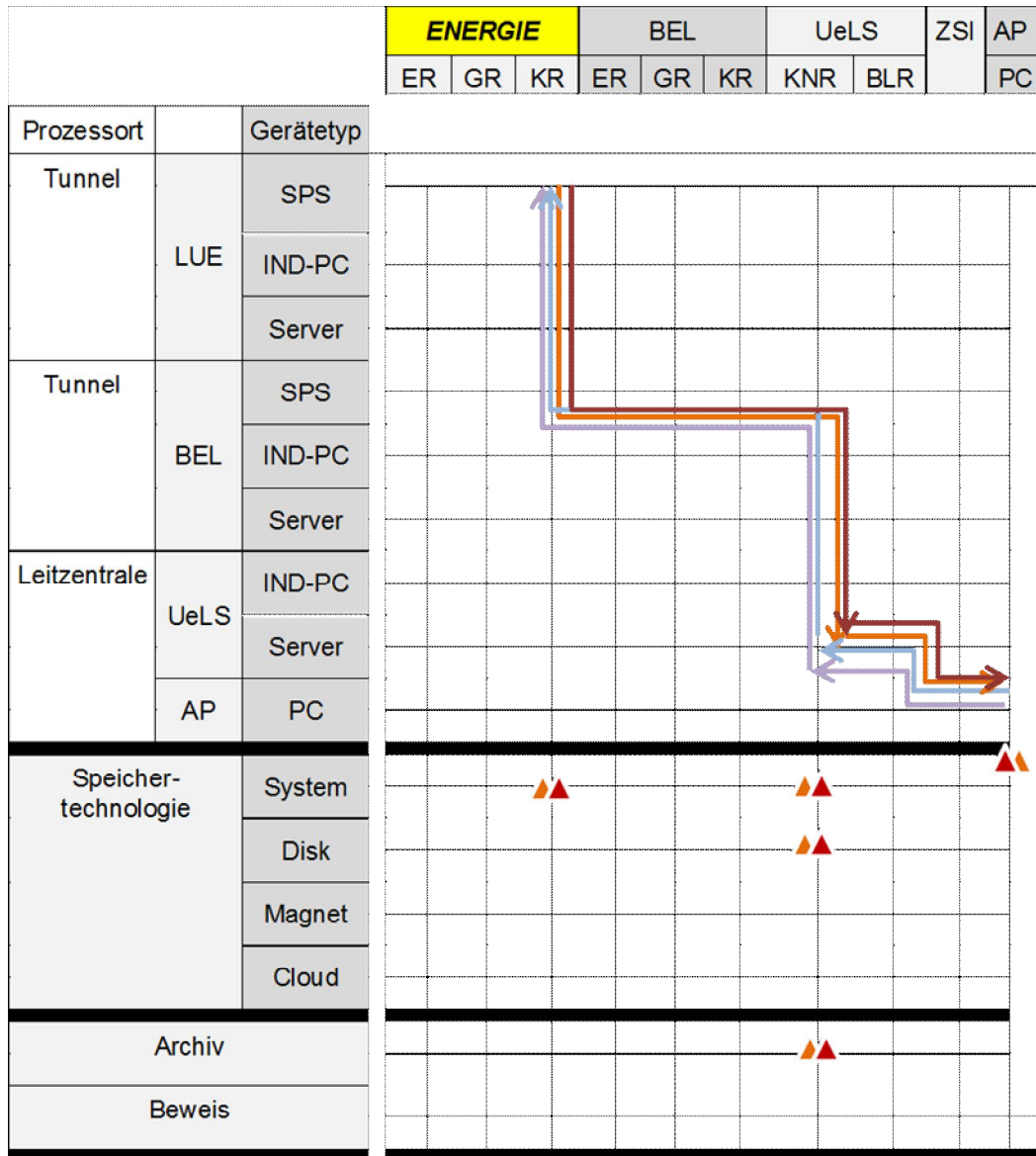


Abb. 55: Ist-Bewertung des physischen Datenflusses und der Eigenschaften der Ablage der Prozessdaten im Anwendungsfall 'Auswertung Energie' im Tunnel-Prozessleitsystem 5 (S5)

Lückenanalyse

Aus der Bewertung der Ist-Eigenschaften des physischen Datenflusses kann auf die Ist-Eigenschaften des logischen Datenflusses geschlossen werden (siehe Kapitel 3.1). In Abbildung 56 sind alle physischen Datenflüsse des Anwendungsfalls auf diese Weise interpretiert und zusammengefasst. Auch hier sind die Antworten dem Soll-Vorschlag sowie dem Durchschnitt (Ø) aus Abbildung 50 gegenübergestellt.

Abb. 56: Ist-Bewertung der Eigenschaften des logischen Datenflusses des Anwendungsfalls 'Auswertung Energie' mit dem Soll-Wert aus der Bewertung des logischen Datenflusses

Datenfluss	Soll (Ø)	Ist - S1	Ist - S2	Ist - S3	Ist - S4	Ist - S5	
L_3_1	Stellenwert	3 (3)	1	1	2	2	1
	Archiv	-1 (-1)	-1	-1	-1	-1	-1
	Beweis	-1 (-1)	-1	-1	-1	-1	-1
L_3_2	Stellenwert	3 (3)	1	1	2	2	1
	Archiv	-1 (-1)	-1	-1	1	1	1
	Beweis	-1 (-1)	-1	-1	-1	-1	-1
L_3_3	Stellenwert	3 (3)	1	1	2	2	1
	Archiv	-1 (-1)	-1	-1	1	1	1
	Beweis	-1 (-1)	-1	-1	-1	-1	-1
L_3_4	Stellenwert	3 (2.8)	1	1	2	2	1
	Archiv	-1 (-1)	-1	-1	-1	-1	-1
	Beweis	-1 (-1)	-1	1	-1	-1	-1

Unterschiede zwischen dem logischen und dem physischen Datenfluss lassen sich bei allen Datenflüssen ausmachen. Allerdings beschränken sich diese Unterschiede mit wenigen Ausnahmen auf die Stellenwertstufe. Alle physischen Datenflüsse werden entweder mit einer Stellenwertstufe 1 oder 2 bewertet. In der Soll-Bewertung wird allerdings für alle Datenflüsse eine Stellenwertstufe 3 vorgeschlagen.

In Abbildung 57 werden die Unterschiede zwischen der heutigen Realisierung und der theoretischen Herleitung dieses Anwendungsfalls dargestellt. Dabei wird jedes System dem Soll-Zustand in diesem Anwendungsfall gegenübergestellt und die Ähnlichkeit berechnet.

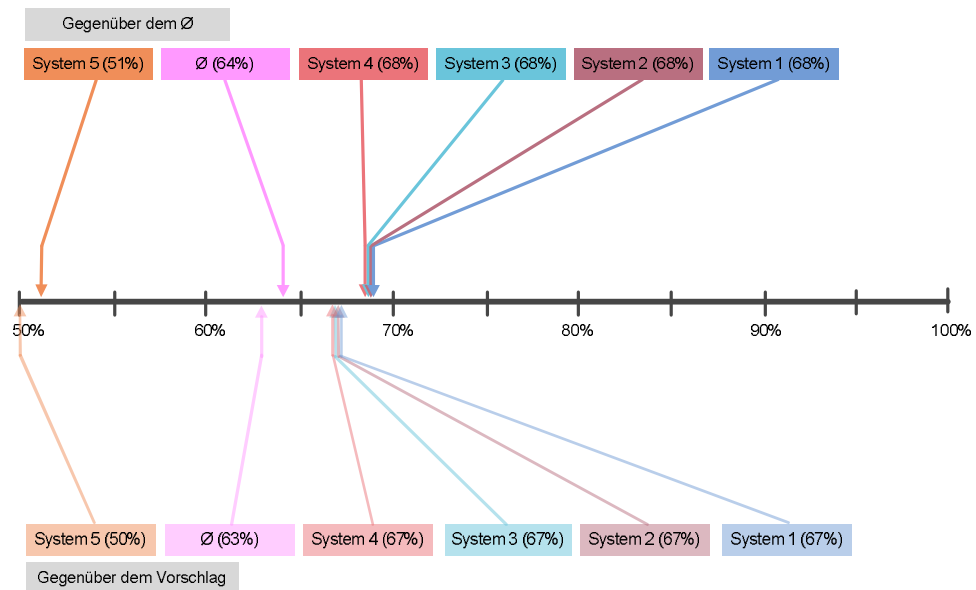


Abb. 57: Ähnlichkeit zwischen Soll- und Ist-Zustand im Anwendungsfall 'Auswertung Energie'

Alle untersuchten Systeme liegen zwischen 51% und 68% Ähnlichkeit, wenn der Ist-Zustand mit dem Durchschnitt des Soll-Zustand verglichen wird. Wird der Soll-Vorschlag als Vergleichswert herangezogen, so liegt die Ähnlichkeit zwischen 50% und 67%.

Es wird davon ausgegangen, dass durch die Behebung der oben genannten Unterschiede die Lücke zwischen Soll- und Ist-Zustand stark verkleinert werden kann. Dies wird in Kapitel 4.4 genauer untersucht.

4.4 Massnahmen zur Optimierung

Aus den einzelnen Anwendungsfällen können nun im Sinne eines 'Best-Practices' Massnahmen zu Optimierung abgeleitet werden. Ziel dieser Massnahmen ist es, über alle Anwendungsfälle hinweg eine Wirkung zu erzielen und so alle untersuchten Tunnel-Prozessleitsysteme zu einem verbesserten Umgang mit Prozessdaten führen. In Abbildung 58 ist die Ähnlichkeit zwischen Soll- und Ist-Zustand aller Anwendungsfälle zusammengefasst. Dabei ist zu erkennen, dass die Ähnlichkeit gegenüber dem Soll-Durchschnitt zwischen 58% und 66% liegt. Die Ähnlichkeit zwischen dem Soll-Vorschlag und dem Ist-Zustand liegt zwischen 60% und 71%.

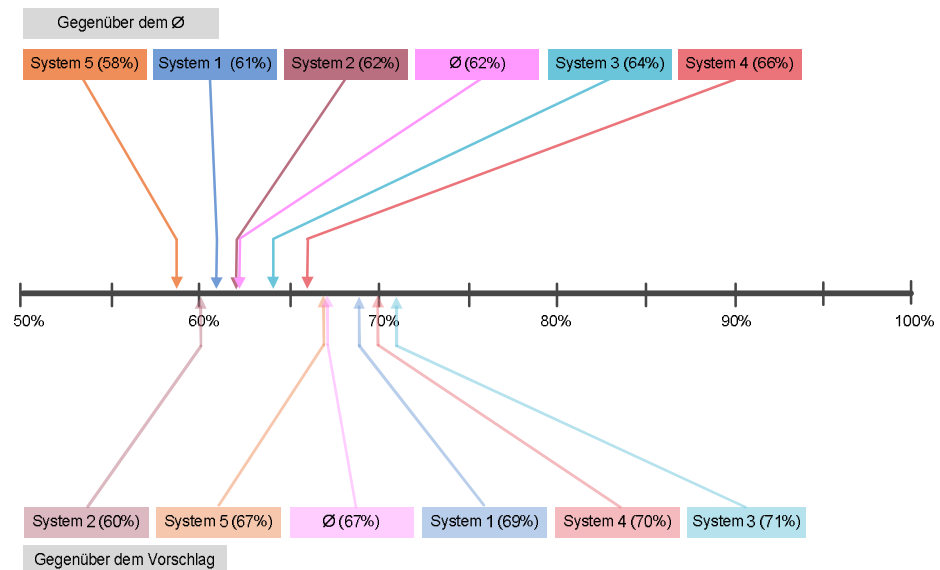


Abb. 58: Ähnlichkeit zwischen Soll- und Ist-Zustand aller Anwendungsfälle

Aus den Lückenanalysen der drei stereotypen Anwendungsfälle können zusammenfassend drei verschiedene Hauptursachen für die Differenzen zwischen Soll- und Ist-Zustand erkannt werden:

- In den Anwendungsfällen A und B werden Datenflüsse, die eine Meldung vom UeLS an den Arbeitsplatz beschreiben, oft über Systemspeicher abgewickelt und entsprechen somit einer Stellenwertstufe 1. Eine solch hohe Stellenwertstufe ist für solche Datenflüsse nicht nötig.
- In den Anwendungsfällen A und B werden Reflexe, welche automatisch oder nach Bestätigung durch den Operator ausgelöst werden, nicht grundsätzlich als Beweis gesichert.
- Im Anwendungsfall C wird das Abfragen von Datensätzen meist über Systemspeicher getätigt und führt so zu einer Stellenwertstufe 1. Auch hier ist diese hohe Stufe nicht nötig.

Die Behebung dieser Ursachen sollte zu einer besseren Übereinstimmung des Soll- und Ist-Zustandes führen. Mögliche Massnahmen dazu sind:

- Der Datenfluss zwischen UeLS und Arbeitsplatz wird mit der Stellenwertstufe 2 behandelt.
- Datenflüsse, die Reflexe beschreiben, werden zwingend als Beweis gesichert.
- Datenflüsse von Datenabfragen werden mit der Stellenwertstufe 3 behandelt.

Abbildung 59 zeigt auf, wie sich die Ähnlichkeit nach der Umsetzung dieser Massnahmen verbessert. Die Ähnlichkeit gegenüber dem Durchschnitt steigt auf 77% - 82% und jene gegenüber dem Vorschlag sogar auf 80% - 91%.

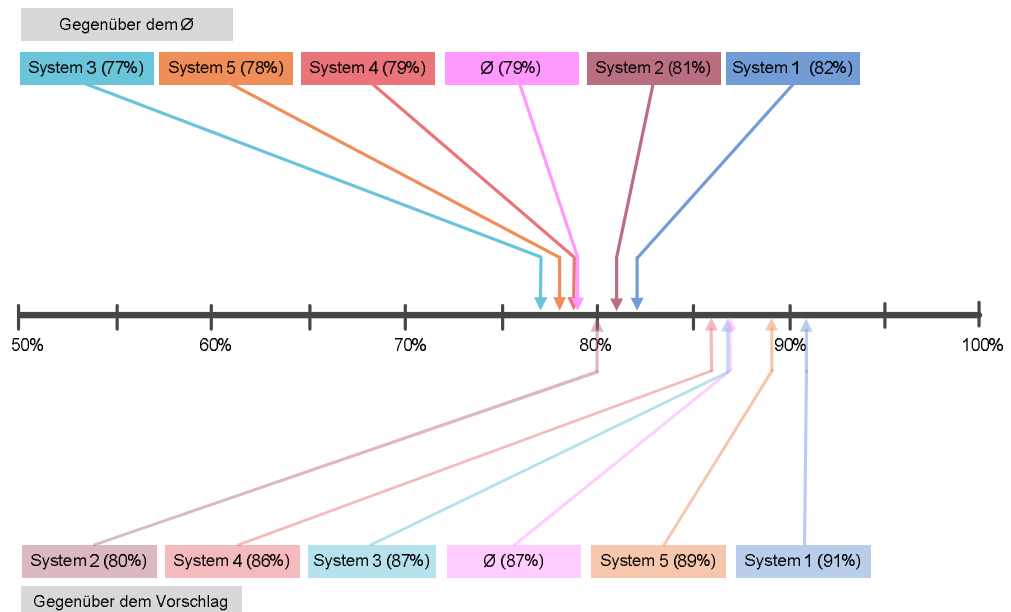


Abb. 59: Ähnlichkeit zwischen Soll- und Ist-Zustand aller Anwendungsfälle nach Umsetzung der Massnahmen

Die umgesetzten Massnahmen haben eine Steigerung des Mittelwerts (\emptyset) von 62% auf 79% gegenüber dem Durchschnitt des Soll-Zustands bewirkt. Dies entspricht einer absoluten Steigerung von 17% gegenüber dem Soll-Zustand und einer relativen Steigerung von 27% gegenüber dem ursprünglichen Wert. Verglichen mit dem Vorschlag konnte der Mittelwert von 67% auf 87% gesteigert werden. Dies wiederum entspricht einer absoluten Steigerung von 20% gegenüber dem Soll-Zustand und einer relativen Steigerung von 30% gegenüber dem Anfangswert.

Beim Vergleich des Ist-Zustands mit dem Durchschnitt des Soll-Zustands ist allerdings zu beachten, dass eine Steigerung auf 100% bedeutet, dass der Ist-Zustand den Mittelwert des Soll-Zustands trifft. Der Mittelwert des Soll-Zustands ist dabei nicht zwingend eine Zahl, die in der Realität möglich ist. Der Mittelwert der Stellenwertstufe im Soll-Zustand kann beispielsweise 2.6 betragen $((3+3+3+2+2)/5)$. Der Ist-Zustand kann natürlich nicht 2.6 betragen, da nur die Stellenwertstufen 1, 2 oder 3 möglich sind. Aus diesem Grund ist beim Vergleich zwischen Soll- und Ist-Zustand der Vergleich mit dem Vorschlag höher zu gewichten.

Die einzelnen Massnahmen haben einen unterschiedlichen Wirkungsgrad, welcher in Abbildung 60 ausgewiesen wird. Dabei zeigt sich, dass die Massnahme, welche aus dem Anwendungsfall C abgeleitet wird (angepasste Stellenwertstufe von Datenabfragen), die grösste Wirkung hat. Dies lässt sich dadurch erklären, dass in diesem Anwendungsfall auch die grössten Abweichungen vom Soll-Zustand zu finden sind.

Abb. 60: Ursachen der Unterschiede zwischen Soll- und Ist-Zustand und Massnahmen zur Optimierung

Ursache	Massnahme	Vergleichswert	Steigerung des Mittelwerts
In den Anwendungsfällen A und B werden Datenflüsse, die eine Meldungen vom UeLS an den Arbeitsplatz beschreiben, oft über Systemspeicher abgewickelt und entsprechen somit einer Stellenwertstufe 1.	Der Datenfluss zwischen UeLS und Arbeitsplatz wird mit der Stellenwertstufe 2 behandelt.	Durchschnitt:	Von 62% auf 68%. Absolute Steigerung: 6%
		Vorschlag:	Von 67% auf 74% Absolute Steigerung: 7%
In den Anwendungsfällen A und B werden Reflexe, welche automatisch oder nach Bestätigung durch den Operator ausgelöst werden, nicht grundsätzlich als Beweis gesichert.	Reflexe werden zwingend als Beweis gesichert.	Durchschnitt:	Von 68% auf 70% Absolute Steigerung: 2%
		Vorschlag:	Von 74% auf 77% Absolute Steigerung: 3%
Im Anwendungsfall C wird das Abfragen von Datensätzen meist über Systemspeicher getätigt und führt so zu einer Stellenwertstufe 1.	Datenabfragen werden mit der Stellenwertstufe 3 behandelt.	Durchschnitt:	Von 70% auf 79% Absolute Steigerung: 9%
		Vorschlag:	Von 77% auf 87% Absolute Steigerung: 10%
Übersicht		Durchschnitt:	Von 62% auf 79% Absolute Steigerung: 17% Relative Steigerung: 27%
		Vorschlag:	Von 67% auf 87% Absolute Steigerung: 20% Relative Steigerung: 30%

Aus den Berechnungen in Abbildung 60 kann abgeleitet werden, dass insbesondere die Anpassung der Stellenwertstufen bei Datenabfragen zu einer Erhöhung der Ähnlichkeit führt. Gegenüber dem Durchschnitt führt sie zu einer absoluten Steigerung von 9% und gegenüber dem Vorschlag sogar von 10%. Die Beweissicherung der Reflexe hat mit einer absoluten Steigerung von 2% respektive 3% nur einen geringfügigen Einfluss auf die Verbesserung der Ähnlichkeit.

Insgesamt lässt sich mit den drei Massnahmen als 'Best-Practice' eine relative Steigerung des Mittelwerts der Ähnlichkeit gegenüber dem Soll-Vorschlag um 30% erreichen.

5 Schlussfolgerungen

Das vorangehende Kapitel hat gezeigt, dass zwischen den Soll- und Ist-Zuständen Unterschiede vorhanden sind. Diese lassen sich mittels der drei hergeleiteten Massnahmen verkleinern.

Mit Hinblick auf die Realisierung des Optimierungspotentials durch verbesserte Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen, sind im Kapitel 5.1 die hergeleiteten Massnahmen in Hinblick auf die Auswirkungen analysiert und diskutiert. In Kapitel 5.2 und 5.3 sind die der Arbeit zu Grunde liegenden Fragestellung beantwortet und abschliessende Empfehlungen festgehalten. Als letztes ist in Kapitel 5.4 ein Ausblick auf noch offene Herausforderungen und weiterführende Fragestellungen dokumentiert.

5.1 Umsetzung der Massnahmen

In Kapitel 4.4 wurde ein 'Best-Practice' bestehend aus drei verschiedenen Massnahmen dokumentiert. Dieser führt zu einer teilweisen Schliessung der aufgedeckten Lücken und damit der Wahrnehmung des Optimierungspotentials in den untersuchten Systemen. In diesem Kapitel sind diese drei Massnahmen in den Gesamtkontext der Arbeit integriert sowie bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit, Praxistauglichkeit und Nachhaltigkeit beurteilt. Zusammen ermöglichen die Massnahmen eine ca. 20% absolute Verbesserung auf der Skala in Kapitel 4.4 von heute ca. 70% auf ca. 90%.

- **M1: Die Kommunikation zwischen dem Tunnel-Prozessleitsystem und Arbeitsplatz in der Zentrale soll mit einer geringeren Stellenwertstufe, als heute üblich, behandelt werden.** Die Massnahme hat zur Folge, dass der Datenfluss zwischen UeLS und Arbeitsplatz nicht mehr über die integrierten Systemspeicher, sondern beispielsweise über einen zentralisierten externen Diskspeicher abgewickelt wird. Das UeLS muss dazu flexibler als heute die verschiedenen Stufen des Modells anbieten und umsetzen. Bei Verkehrssteuerungen wird dies heute in der Praxis teilweise bereits gemacht, indem eine SPS für die Datenflüsse der Stufe 1 eingesetzt wird und für die Benutzerinteraktion ausschliesslich Datenflüsse der Stufe 2 und 3 verwendet werden. Dazu wird ein zentraler Webserver ausschliesslich für die Benutzerinteraktion eingesetzt. Zusammenfassend erfolgen die Datenflüsse der Stufe 1 zwischen den BSA und UeLS weiter dezentral über die jeweiligen integrierten Systemspeicher. Die Umsetzung der Datenflüsse der Stufe 2 zwischen BSA, UeLS und Arbeitsplatz erfolgt über neue Schnittstellen via zentralisierter, externer Speichertechnik.

Die Wirtschaftlichkeit einer Umrüstung bestehender Systeme erscheint für den erzielten Effekt, einer Verbesserung von 7%, nicht gerechtfertigt. Kann die Umsetzung der Massnahme im Rahmen der Konzeption von neuen Systeme oder umfangreichen sonstigen Anpassungen erfolgen, erscheint die Wirtschaftlichkeit gegeben.

- **M2: Das Auslösen eines automatischen Reflexes soll auf eine Art und Weise festgehalten werden, dass die Anforderungen an potentielles Beweismaterial erfüllt werden.** Die Datenintegrität von beweispflichtigen Datenflüssen ist in den untersuchten Systemen nur selten gewährleistet. Diese hängt einerseits mit der fehlenden Pflicht dies zu tun und andererseits mit dem Fakt, dass bis dato klare Anforderungen an die effektive Ausgestaltungen der Beweissicherungen fehlen, zusammen. Im Workshop wurde klar, dass diese Lücke bekannt ist. Eine mögliche Variante besteht darin, logische Datenflüsse, die als potentiell beweis- oder archivrelevant bewertet werden, kontinuierlich in eine spezielle Datenablage umzuleiten. Dies hätte den Vorteil, dass alle beweissicheren Datensätze an einem zentralen Ort gesichert wären und die Datenintegrität gewährleistet wäre. Im Workshop wurde aber auch deutlich, dass es noch keinen abschliessenden Konsens zu diesem Thema gibt. Die Umsetzung einer solchen Massnahme bringt einige Fragen mit sich, die vorgängig gestellt und beantwortet werden müssen.

Die Wirtschaftlichkeit einer Umrüstung bestehender Systeme erscheint für den erzielten Effekt einer Verbesserung von 3% nicht gerechtfertigt. Wie bei M1 gilt, dass wenn

die Umsetzung der Massnahme im Rahmen der Konzeption von neuen Systeme oder umfangreichen sonstigen Anpassungen erfolgt, die Wirtschaftlichkeit als gegeben erscheint.

- **M3: Das Abfragen von statistisch relevanten Daten soll mit der tiefst möglichen Stellenwertstufe behandelt werden.** Das Abfragen von statistischen Datensätzen aus dem UeLS wird in allen untersuchten Systemen mit einer zu hohen Stellenwertstufe abgewickelt. Ziel ist es, die Datensätze, die weder schnell noch sehr zuverlässig transferiert werden müssen, auch nicht so zu behandeln. Heute sind diese Datensätze im gesamten System verteilt abgelegt und benutzen somit dieselben Kanäle wie Datenflüsse von Reflexen, um am Ende am Arbeitsplatz ausgewertet zu werden. Zurzeit existieren keine eigenen Kanäle für solche Abfragen und somit werden alle Abfragen über Diskspeicher oder Systemspeicher abgewickelt. Dies bedeutet, dass statistische Daten mit derselben Stellenwertstufe wie Reflexe behandelt werden, also mit der höchst möglichen Stellenwertstufe. Eine Möglichkeit besteht darin, statistische Daten zentral auf einem externen Server zu speichern und dort abzufragen.
Die Wirtschaftlichkeit einer Umrüstung bestehender Systeme erscheint für den erzielten Effekt einer Verbesserung von 10% nicht gerechtfertigt. Wie bei M1 und M2 gilt, dass wenn die Umsetzung der Massnahme im Rahmen der Konzeption von neuen Systeme oder umfangreichen sonstigen Anpassungen erfolgt, die Wirtschaftlichkeit als gegeben erscheint.

5.2 Beantwortung der Fragestellung

In Kapitel 1.2 wurden drei verschiedene Fragestellungen aufgelistet, die mittels der Resultate durchgeführten Lückenanalyse zwischen dem heutigen Soll- und Ist-Zustandes heutiger Tunnel-Prozessleitsysteme beantwortet wurden.

Existenz eines Optimierungspotentials. Existiert effektiv in der heutigen Ist-Situation der Tunnel-Prozessleitsysteme ein Potential durch optimalere Anwendung von Speichertechniken?

Die Lückenanalyse hat gezeigt, dass Differenzen zwischen Soll- und Ist-Zustand bestehen und dass diese Lücken mittels drei verschiedener Massnahmen geschlossen werden könnten. Es besteht somit ein Optimierungspotential für Tunnel-Prozessleitsysteme im Bereich der Speichertechnik.

Beantwortbarkeit der obigen Fragestellung. Sofern ein Optimierungspotential vorhanden ist, kann es mit vertretbarem Aufwand gefunden werden und ist die entwickelte Optimierungsmethodik dazu geeignet?

Obwohl sich die entwickelte Methodik dazu eignet, Optimierungspotentiale ausfindig zu machen, so hat die Auswertung des Workshops doch gezeigt, dass bei bestehenden Systemen der Aufwand diese Lücke zu schliessen wohl grösser ist, als das gefundene Potential. Für neue Tunnel-Prozessleitsysteme oder bei umfangreichen Erneuerungen erscheint es sinnvoll den 'Best-Practice' in die Planung miteinzubeziehen.

Machbarkeit Massnahmen zur Realisierung. Sind die Massnahmen, zwecks Erreichung der Optimierung aus Sicht Praxistauglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit sinnvoll?

Die Diskussion über die möglichen Auswirkungen der vorgeschlagenen Massnahmen zeigt, dass sowohl die Praxistauglichkeit als auch die Wirtschaftlichkeit für bestehende Systeme fragwürdig sind und sich für eine Optimierung nicht eignen. Dies gilt jedoch nicht für neue Systeme oder bei Systemen, bei denen umfangreiche Anpassungen durchgeführt werden.

5.3 Empfehlungen und Handlungsbedarf

Die bestehenden Tunnel-Prozessleitsysteme besitzen im Bereich der Ablage von Prozessdaten ein bisher ungenutztes Optimierungspotential. Die vorliegende Forschungsarbeit zeigt auf, dass dieses Potential durch den effizienteren Einsatz von Speichertechniken erschlossen werden kann. Die Resultate basieren auf der systematischen Analyse einer Auswahl von fünf Tunnel-Prozessleitsystemen, die zum aktuellen Zeitpunkt in der Schweiz im Einsatz sind. Die Feststellungen dieser Arbeit sind:

- Die vorliegende Ist-Situationsanalyse ist repräsentativ für die eingesetzten Tunnel-Prozessleitsysteme Schweiz. Die ausgewählten Tunnel-Prozessleitsysteme stammen aus Gebieten mit unterschiedlichen verkehrlichen und betrieblichen Anforderungen, unterschiedlicher Anzahl Tunnelobjekte sowie verschiedenen Ansätzen im Umgang mit der Ablage von Prozessdaten. Daher empfiehlt es sich nicht, noch weitere Tunnel-Prozessleitsysteme bezüglich dieser Thematik zu analysieren. Der Handlungsbedarf erscheint für eine Ausdehnung der Betrachtung nicht gegeben.
- Im Rahmen dieser Arbeit wurden Soll-Anforderungen erarbeitet, um die Prozessdaten von Tunnel-Prozessleitsystemen, basierend auf ihrer Herkunft und ihrer Verwendung, sinnvoll und effizient abzulegen. Dabei wurde eine neue Ablagesystematik (Stellenwertstufen) entwickelt, mit deren Umsetzung eine Optimierung gegenüber den aktuellen Ansätzen erreicht werden kann.
- Die erarbeiteten Lösungsvarianten zur Schliessung der entdeckten Lücken wurden auf Praxistauglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit geprüft. Es wurde dabei festgehalten, dass die vorgeschlagenen Massnahmen eher nicht für bestehende Systeme geeignet sind, sich jedoch anbieten, in künftigen Systemen umgesetzt zu werden. Damit das Optimierungspotential erschlossen werden kann, wird empfohlen, bei der Konzeption von Tunnel-Prozessleitsystemen die Ablage von Prozessdaten mit der Anwendung der drei hergeleiteten Massnahmen effizienter zu planen.

Zwischen dem Soll- und dem Ist-Zustand bei der Ablage von Prozessdaten besteht zweifelslos ein Optimierungspotential. Es konnte aufgezeigt werden, dass dieses Potential mittels verschiedener Massnahmen erschlossen werden könnte. Die Frage, ob für die Datenablage ein zentraler Ansatz, wie im Dienstleistungsumfeld, gewählt oder der bisher verwendete dezentrale Ansatz verwendet werden soll, muss und kann allerdings nicht abschliessend beantwortet werden. Das Stellenwertstufen-Modell präferiert eine Hybridvariante ('sowohl als auch'). Dabei können Datenflüsse mit tieferen Anforderungen in den Eigenschaften Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit zentralisierter und effizienter abgelegt werden als bei den heutigen Systemen beispielsweise durch den Einsatz neuer Speichertechniken wie Cloud.

Die Anwendung des Fragebogens im Rahmen eines Workshops hat aber neben dem Optimierungspotential bei den Speichertechniken auch noch eine andere interessante Herausforderung mit Verbesserungspotential aufgedeckt - nämlich weitere Anstrengungen in Richtung weiterer Verdichtung von Daten. Die heutigen Systeme produzieren eher zu viele Daten und legen diese an den verschiedensten Orten ab. Es ist eine zunehmende Herausforderung für den Betreiber, die relevanten von den unwichtigen Daten zu unterscheiden. Um dieser Herausforderung gewachsen zu sein, empfehlen sich die Erwähnte weitere Datenverdichtung auf jeder Ebene des Systems, sowie eine Hierarchisierung der Datensätze. Eine Möglichkeit stellt die Bildung von Datenklassen (z.B. Betriebsdaten, Planungsdaten, Beweisdaten und Informationsdaten) dar, mit deren Hilfe es möglich wäre, die gespeicherten Datensätze effizienter zu finden und zu verarbeiten.

Ein weiterer Punkt im Bereich der Prozessdaten betrifft das heutige Fehlen von Vorgaben zwecks Vereinheitlichung. Weder Bund noch Kantone legten bisher fest, auf welche Art und Weise die Ablage der Prozessdaten konzeptioniert werden muss. Dies hat dazu geführt, dass jedes System eine eigene Lösung umgesetzt hat. Die Problematik wurde vom ASTRA erkannt und diese Arbeit stellt die erste Untersuchung der Thematik dar. Es bietet sich nun die Chance auf Grundlage der vorliegenden Resultate zwar nicht alle heutigen Systeme auf einen ähnlichen Ansatz zu bringen (Wirtschaftlichkeit scheint nicht gegeben), sondern die hergeleiteten und dokumentierten Massnahmen in Kombination mit

den Fragebogen auf neue oder umfangreiche Umbauten von Tunnel-Prozessleitsystemen anzuwenden. Dies wird die Realisierung des dokumentierten Optimierungspotentials sowie eine Vereinheitlichung und Absenkung der Komplexität vieler unterschiedlicher Systemarchitekturen im Bereich BSA und UeLS ermöglichen. Die Datenflüsse würden somit nicht mehr in den meisten Fällen mit einer zu hohen und ineffizienten Stellenwertstufe gespeichert werden.

5.4 Ausblick

Die Welt im Bereich der Tunnel-Prozessleitsysteme war von kantonalen und regionalen Alleingängen sowie durch die Komplexität proprietärer Techniken der verschiedenen Anbieter geprägt. Die Tunnel-Prozessleitsysteme waren geschlossen, nicht im Austausch miteinander und die Anzahl überwachter Anlagen und Sensoren war klein und überschaubar.

Aktuell dienen die Tunnel-Prozessleitsysteme dazu, die ca. 320 Tunnels der Nationalstrassen bezüglich Sicherheit und Funktionalität der BSA zu überwachen. Sie sind in den Besitz des ASTRA übergegangen und vermehrt miteinander vernetzt, beispielsweise für den Austausch von Signalisierungen oder Verkehrsdaten. Die eingesetzten Techniken orientieren sich vermehrt an der Büroautomation und dem Internet. Die Heterogenität existiert aber weiter in der Funktionalität der Benutzeroberflächen, der BSA und ebenfalls im Umgang mit den Prozessdaten. Daher verspricht eine Vereinheitlichung Anforderungen, das heisst der Anwendungsfälle, der Benutzeroberflächen und der logischen Datenflüsse, eine Reduktion der Komplexität im Erhaltungsmanagement und Projektierung der BSA sowie im Tagesgeschäft der Polizei. Diese Ausgangslage bot die Möglichkeit, nach Optimierungspotential durch eine Erhöhung der Effizienz im Spezialgebiet der Ablage von Prozessdaten zu suchen. Dabei wurden die laufenden technischen Neuentwicklungen und Veränderungen im Bereich Speichersysteme, Speichermedien und IT im Allgemeinen als Chance wahrgenommen, um mit dem Stand der Technik der Tunnel-Prozessleitsysteme abgeglichen zu werden.

Die vorliegenden Empfehlungen und Massnahmen können genutzt und in eine Richtlinie oder ein Fachhandbuch transformiert werden. Dies hilft, die anstehenden Veränderungen der Tunnel-Prozessleitsysteme unter anderem im Bereich der Datenspeicherung bzw. – Archivierung für eine Realisierung des Optimierungspotentials und eine Reduktion der Komplexität durch Vereinheitlichung zu nutzen. Dadurch kann der heute weitverbreitete Ansatz der Datenspeicherung auf teure interne Disk verbessert, die Heterogenität in der Archivierung vereinheitlicht und die Unsicherheit bezüglich der Beweissicherung ausgeräumt werden. Die für die heutigen Leitsysteme technisch noch nicht nutzbaren Ansätze wie Cloud Computing und Cloud Storage, werden technisch machbar und können auf einheitliche sowie effiziente Weise genutzt werden - ähnlich dem heutigen Trend in der Büroautomation.

Die vorliegende Arbeit hat aufgezeigt, dass es möglich ist, dies im Spezialgebiet der Prozessdaten zu erreichen. Die Bestehenden, aber vor allem die neu entwickelten ULS können mittels der vorliegenden Massnahmen neue, effizientere Techniken nutzen, um das Optimierungspotential auszuschöpfen und die Ablage von Prozessdaten stetig zu vereinheitlichen und zu vereinfachen.

Die abschliessende Empfehlung und Handlungsbedarf ist es, dass im Bereich der Ablage von Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen ein einheitliches Konzept entwickelt werden soll. Es muss sowohl das Sammeln und das Speichern dieser Daten definieren. Diese Forschungsarbeit macht mit dem Stellenwertstufen-Modell für Prozessdaten einen ersten Schritt in diese Richtung. Die durchgeführten Workshops haben aufgezeigt, dass das Interesse an einem solchen Konzept an der Basis bei den Lieferanten, Betreibern und Eigentümern vorhanden ist um die stetig zunehmende Komplexität im Bereich der Tunnel-Prozessdaten zu begegnen.

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
AP	Arbeitsplatz
ASTRA	Bundesamt für Strassen. Dieses Bundesamt liegt im Verantwortungsbereich des eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und wirkt für eine nachhaltige und sichere Mobilität auf der Strasse. Im Mittelpunkt steht das Ziel der Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Nationalstrassen und Hauptstrassennetzes (www.astra.admin.ch).
ATS	Allgemeine Technische Spezifikationen. ATS dienen im Normalfall der Festlegung der integralen Zusammenhänge verschiedener Anlagen eines Strassentunnels und besitzen den Charakter von Richtlinien.
BEL	Beleuchtungsanlage
BLR	Betriebsleitreechner
BMA	Brandmeldeanlage
Benutzer- oberfläche	Ist die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine und dient der Verkehrsüberwachung und -lenkung. Auf der Benutzeroberfläche werden die Betriebszustände der BSA visualisiert.
BOT	Build - Operate - Transfer - Ansatz
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstung. Diese elektromechanischen Anlagen dienen der Steuerung und Überwachung des Betriebs und dem Schutz der Verkehrsteilnehmer auf National- und Kantonstrassen im Ereignisfall. Sie werden sowohl in Tunnels als auch auf offener Strecke eingesetzt.
BuU	Betrieb und Unterhalt
DATEC	Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni.
DB	Durchfahrtsbeleuchtung
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
DVD	Digital Video Disc
EFD	Eidgenössisches Finanzdepartement. Die Kernaufgaben des EFD betreffen ganz direkt die Leistungsfähigkeit des Sozialstaates und des Wirtschaftsstandortes. Im Wesentlichen übt das EFD drei Funktionen aus: Politikgestaltung, Dienstleistungen und Vollzug (www.efd.admin.ch).
EMS-CH	Erhaltungsmanagementsystem Schweiz
ER	Einzelrechner
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EVA	Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe Prinzip
FS	Fileserver
GE	Gebietseinheit. Eine Gebietseinheit ist eine organisatorische Einheit, welche als Folge der NFA entstanden ist. Diese treten an die Stelle der bisher 24 verschiedenen Nationalstrassenkantone (ASTRA, 2008a). Die Gebietseinheiten sind für den betrieblichen Unterhalt (z.B. Winterdienst, Reinigung der Fahrbahn, Pflege und Unterhalt der elektromechanischen Installationen) zuständig (ASTRA, 2006).
GR	Gruppenrechner
HMI	Human Machine Interface. Siehe Benutzeroberfläche
INA	Integrierte Applikation
KNR	Knotenrechner
KR	Kopfrechner
LUE	Lüftungsanlage
MISTRA	Management-Informationssystem Strasse und Strassenverkehr
MMI	Mensch-Maschine-Interface. Siehe Benutzeroberfläche
NFA	Neuordnung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen. Ziel der NFA ist eine Verbesserung der Effizienz, Effektivität und Anreizstruktur des föderalen Systems der Schweiz. Um dies zu erreichen werden die Aufgaben, Kompetenzen und Finanzströme zwischen Bund und Kantonen so weit wie möglich und sinnvoll entflochten (www.efd.admin.ch).
NT	Notruftelefon
PID	Proportional-Integral-Derivative Controller

Begriff	Bedeutung
RLZ	Regionale Leitzentrale. Diese Zentrale wird durch die Polizei genutzt. Die Polizei ist für die Verkehrssicherheit auf dem ihr zugeteilten Nationalstrassennetz zuständig. Im Ereignisfall ist sie für die Koordination der Interventionsdienste (Ambulanz, Feuerwehr, etc) zuständig.
SA-CH	Systemarchitektur Schweiz
SIG	Signalisationsanlage
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
UeLS	Übergeordnetes Leitsystem. Das UeLS ist eine den BSA übergeordnete Ebene, welche die Überwachung und Steuerung aller BSA vereinfacht. Es ersetzt diese jedoch nicht. Das heisst, dass die BSA auch dann funktionieren, wenn das UeLS ausser Betrieb ist.
UPIaNS	Unterhaltsplanung Nationalstrassen
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. Aufgabe des UVEK ist es, eine nachhaltige Entwicklung und eine gute Grundversorgung mit öffentlichen Dienstleistungen zu gewährleisten - im Interesse der Gesellschaft, der Umwelt und der Wirtschaft. Die Schweiz im Zentrum Europas ist auf moderne Verkehrswege und effiziente Kommunikations- und Stromnetze angewiesen (www.uvek.admin.ch)
VMP	Verkehrsmanagementpläne
VMZ-CH	Verkehrsmanagementzentrale der Schweiz
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute. Der VSS ist ein Zusammenschluss von Fachleuten, Firmen und Institutionen des privaten und des öffentlichen Sektors, die sich mit der Planung, der Projektierung, dem Bau, dem Betrieb, dem Unterhalt, der Nutzung und dem Rückbau von Verkehrsanlagen befassen (www.vss.ch).
WTA	Wechseltextanzeige
ZSI	Zentrale Speicher Infrastruktur

Literaturverzeichnis

-
- ASTRA (2006): Faktenblatt 3 - Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH). Bundesamt für Strassen. Bern.
<http://www.astra.admin.ch/org/00135/00153/00155/index.html?lang=de> (Zugriff: 12.4.2012)
-
- Bäriswyl, R. (2010): Geschichten aus dem wilden Westen. Der Datenschutz im privatrechtlichen Bereich geht seine eigenen Wege: Der Grundrechtsschutz bleibt auf der Strecke. Digma.
-
- Bitterli, R., Steuri, P. (2010): Vorgehensmodell IT-Risikoanalyse. Arbeitshilfe für KMU-Prüfer. Fachstab für Informatik der Treuhand-Kammer. Zürich.
-
- Bundesamt für Metrologie (2009): Weisungen zur Verordnung des EJPD über Messmittel für Geschwindigkeitskontrollen und Rotlichtüberwachungen im Strassenverkehr (Geschwindigkeitsmessmittelverordnung; SR 941.261). Bundesamt für Metrologie METAS. Bern.
-
- ETH Zürich (2011): Vorlesung Betriebssysteme, ETH Zürich, 2011.
-
- Falliere, N., Murchu, L., Chien, E. (2011): W32.Stuxnet Dossier. Symantec.
-
- Münger, R., Münster, M. (2010): Systemarchitektur Schweiz (SA-CH). Vision. Bundesamt für Strassen ASTRA. Bern.
-
- ISO (2003): Enterprise-control system integration – Part 1: Models and terminology. IEC /DIS 62264-1.
-
- Moser, M., Mellert, L. D., Lingwood, S., Morel, D. (2012): Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen. Forschungsauftrag VSS 2010/206_OBF auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute, Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.
-
- Rapp (2005): Verkehrs-Telematik – Leitbild für die Schweiz im Jahre 2012. Bundesamt für Strassen ASTRA. Bern.
-
- Tannenbaum, A. (1992): Modern Operating Systems. Prentice Hall.
-
- Universität Stuttgart (2003): Automatisierungsgerätesysteme und -strukturen, Skript. 2003 IAS, Universität Stuttgart.
-
- Walker, C. (1995): Privatized Infrastructure: The Build Operate Transfer Approach. Thomas Telford Ltd.
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 22.11.2012

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2010 / 205
 Projekttitel: Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen
 Enddatum: 9.11.2012

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die bestehenden Tunnel-Prozessleitsysteme besitzen im Bereich der Ablage von Prozessdaten ein bisher ungenutztes Optimierungspotential. Die vorliegende Forschungsarbeit zeigt auf, dass dieses Potential durch den effizienteren Einsatz von Speichertechniken erschlossen werden kann.

Die Ablage von Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen präsentiert sich heute mehrheitlich dezentralisiert und birgt aus heutiger Sicht ein Potential zur weiteren Koordination und Effizienzsteigerung. Dahingegen hat sich im Dienstleistungsumfeld, das ebenfalls mit einem grossen Datenvolumen konfrontiert ist, eine koordinierte und zentralisierte Variante im Umgang mit Daten durchgesetzt. In dieser Forschungsarbeit wird untersucht, ob im Umfeld der Tunnel-Prozessleitsysteme ebenfalls eine Optimierung durch einen effizienteren Einsatz von Speichertechnik möglich ist.

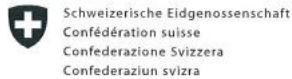
Eine Möglichkeit zu optimieren besteht darin, die Speichertechnik noch besser an die technischen Anforderungen der Prozessdaten anzupassen. Als Instrument zur Optimierung wurde ein Stellenwertstufen-Modell entwickelt, welches es erlaubt, Prozessdaten auf Grund ihrer Eigenschaften wie Transaktionszuverlässigkeit und Transaktionsgeschwindigkeit zu beurteilen. Je höher diese Eigenschaften bewertet werden, desto höher ist die Stellenwertstufe. Mit diesem Instrument kann eine effizientere Speichertechnik abgeleitet werden.

Die Analyse hat ergeben, dass die untersuchten Tunnel-Prozessleitsysteme Prozessdaten aus heutiger Sicht meist nicht mehr mit der effizientesten Speichertechnik behandeln. Interessanterweise wurde bei allen Systemen ein ähnliches Optimierungspotential entdeckt, nämlich, dass die Daten tendenziell mit einer zu hohen und damit zu aufwändigen Stellenwertstufe behandelt werden. Diese Feststellung ermöglichte die Herleitung von drei Massnahmen, die bei allen heutigen und neuen Systemen umsetzbar sind:

- Die Kommunikation zwischen dem Tunnel-Prozessleitsystem und dem Arbeitsplatz in der Zentrale soll mit einer geringeren Stellenwertstufe als heute üblich, behandelt werden.
- Das Auslösen eines automatischen Reflexes soll auf eine Art und Weise gespeichert werden, welche eine Manipulation der Daten verunmöglicht.
- Das Abfragen von statistisch relevanten Daten soll mit der tiefst möglichen Stellenwertstufe behandelt werden.

Die obigen Massnahmen wurden so gewählt, dass das vorhandene Potential bereits grösstenteils erschlossen wird. Die Frage, ob für die Datenablage ein zentraler Ansatz wie im Dienstleistungsumfeld gewählt oder der bisher verwendete dezentrale Ansatz verwendet werden soll, kann und muss nicht abschliessend beantwortet werden. Es wird deutlich, dass der Aufwand die Speichertechnik anzupassen, den Nutzen bei bestehenden Tunnel-Prozessleitsystemen übersteigt. Allerdings kann bei Systemen, die sich in der Planung befinden, dieses Potential genutzt und die vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt werden.

Es wird empfohlen, bei der Konzeption von Tunnel-Prozessleitsystemen die Ablage von Prozessdaten mit der Anwendung der drei hergeleiteten Massnahmen effizienter zu planen und umzusetzen.



Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die Arbeit hatte zum Ziel, eine Ist-Situationsanalyse der sich schweizweit im Einsatz befindenden Tunnel-Prozessleitsysteme bezüglich der Ablage von Prozessdaten durchzuführen; Soll-Anforderungen im Bereich der zentralisierten Datenablage zu beschreiben; sowie praxistaugliche und wirtschaftliche Lösungsvarianten vorzuschlagen. Diese Ziele wurden grundsätzlich erreicht. Die Forschungsarbeit zeigt, dass:

- die heutige Herausforderung der Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen unterschiedlich gelöst wird, aber alle Systeme ein nahezu identisches Potential zur weiteren Koordination und Effizienzsteigerung aufweisen.
- sich die Soll-Anforderungen auf Grund der verbesserten Technologie und die dadurch gewachsenen Ansprüche an ein Tunnel-Prozessleitsystem verändert haben.
- sich die Differenzen zwischen Ist-Situation und Soll-Anforderungen bei neuen Systemen mittels drei wirtschaftlichen Lösungsvarianten beheben lassen.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Forschungsarbeit zeigt auf, dass die Ablage von Prozessdaten effizienter und optimaler gestaltet werden kann und schlägt ein Instrument mit drei verschiedenen Massnahmen vor (Verbesserung der Kommunikation zwischen ÜLS und Arbeitsplatz, Sicherung der Refelxe und Verbesserung der Abfragen von statistisch relevanten Daten).

Es wird klargemacht, dass die effizientere Ablage von Prozessdaten bei aktuellen Systemen nicht umgesetzt werden kann, weil der Aufwand höher wäre als der erwirkte Ertrag. Allerdings können die Massnahmen bei der Konzeption oder dem Umbau von Tunnel-Prozessleitsystemen umgesetzt werden.

Publikationen:

Stokar, D., Moser, M., Lingwood, S. (2012): Ablage von Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen VSS 2010/205 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute, Bundesamt für Strassen, Bern.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Lingwood

Vorname: Stephen

Amt, Firma, Institut: Amstein + Walther Progress AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Im Rahmen einer Sitzung der EK2.09 des VSS, sowie mehrerer Workshops mit der Begleitkommission wurde der akute Stand des Forschungsprojektes präsentiert und weiter erarbeitet. Während den nachfolgenden Diskussionen hatten die Mitglieder der Begleitkommission die Möglichkeit, Anmerkungen sowie allfälligen Anpassungsbedarf aktiv einzubringen.

Die erfolgreiche Durchführung der sehr intensiven und zielorientierten Workshops sowie die anschliessende Analyse wurden von der Begleitkommission positiv beurteilt.

Umsetzung:

Das Forschungsteam hat mit ihrer Arbeit die gesteckten Ziele erreicht und sinnvolle Massnahmen für eine effizientere Ablage von Prozessdaten vorgeschlagen. Mit dem Durchführen des Workshops wurde sichergestellt, dass die Massnahmen möglichst nahe an der Realität sind und mit den Bedürfnissen der Tunnel-Prozessleitsystembetreiber einhergehen.

Der Schlussbericht führt den Leser sinnvoll und logisch in die relevanten Aspekte der Datenablage bei Tunnel-Prozessleitsystemen ein und zeigt auf, wie die theoretischen Grundlagen in der Praxis umgesetzt werden könnten. Die Auswertung der Ergebnisse aus dem Workshop geschieht auf eine verständliche Art und Weise. Insgesamt entspricht der Bericht den Erwartungen der Begleitkommission.

weitergehender Forschungsbedarf:

Das Forschungsteam hat aufgezeigt, dass die Ablage der Prozessdaten aus heutiger Sicht effizienter gestaltet werden kann. Es empfiehlt sich, die vorgeschlagenen Massnahmen bei der Entwicklung von neuen Tunnel-Prozessleitsystemen umzusetzen.

Einfluss auf Normenwerk:

Die Forschungsarbeit hat keinen direkten Einfluss auf das Normenwerk. Es wird jedoch empfohlen, sich mit der Möglichkeit einer nationalen Norm vertieft auseinanderzusetzen.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Ritzenthaler

Vorname: Jean-Michel

Amt, Firma, Institut: Steria Schweiz AG

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Undonj den 22.11.2012



Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an ? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen <i>Transports de l'avenir ?</i> <i>Moteurs et carburants pour la mobilité de demain</i> <i>What drives us on ?</i> <i>Drives and fuels for the mobility of tomorrow</i>	2011
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im labormasstab <i>Désenrobage des enrobés peu bruyants des couches de roulement sous sollicitation de roulement en laboratoire</i> <i>Stripping of Low Noise Surface Courses during Laboratory Scaled Wheel Tracking</i>	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors <i>SPIN-ALP: Abschätzung des Potentials des Intermodalen Verkehrs auf Alpenkorridoren</i> <i>SPIN-ALP: Estimation du potentiel du transport intermodal sur les axes transalpins</i>	2010
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten <i>Fonctions de résistance pour des tronçons routiers urbains en dehors de la zone d'influence de carrefours</i> <i>Capacity restraint functions for urban road sections not affected by intersection delays</i>	2010
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-Vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes. <i>Die charakteristischen Indikatoren einer Velostadt. Evaluationsmethode der Velopolitiken anhand von 8 Indikatorgruppen für kleine und mittlere Gemeinden</i> <i>Characteristic indices of a Bike City. Method of evaluation of cycling policies in 8 indices for small and medium-sized communes</i>	2010
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology <i>Temps de parcours en réseau urbain</i> <i>Methodologie für Fahrzeitbewertung in städtischen Strassennetz</i>	2011

1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit <i>Modèles d'impact d'équipements de véhicules pour améliorer la sécurité routière</i> <i>Modelling of the impact of in-vehicle equipment for the enhancement of traffic safety</i>	2009
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground <i>Entscheidungsgrundlagen und Hilfsmittel für die Planung von TBM-Vortrieben in druckhaftem Gebirge</i> <i>Critères de décision et outils pour la planification de l'avancement au tunnelier dans des conditions de roches poussantes</i>	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr <i>Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers</i> <i>Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports</i>	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr <i>L'agressivité au volant</i> <i>Aggressive Driving</i>	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS" <i>Projet initial pour le paquet de recherche "Augmentation de l'utilité pour les usagers du système d'information de la route"</i> <i>Initial project for the research package "Increasing benefits for the users of the road and transport information system"</i>	2011
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen <i>Application areas of various means of transportation in agglomerations</i> <i>Domaine d'application de différent moyen de transport dans les agglomérations</i>	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren <i>Investigations of the ice-wall grow and frost heave in artificial ground freezing</i> <i>Recherches sur la formation corps gelés et du soulèvement au gel pendant la procédure de congélation</i>	2010
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges <i>Qualitätsprüfung und Überwachung elektrisch isolierter Spannglieder in Brücken</i> <i>Contrôle de la qualité et surveillance des câbles de précontrainte isolés électriquement dans les ponts</i>	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene <i>Sécurité en cas de tracés rail-route parallèles ou rapprochés</i> <i>Safety measures to manage risk of roads meeting or running close to railways</i>	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen <i>On-site runoff experiments on roads</i> <i>Essai d'écoulements pour l'évacuation des eaux des autoroutes</i>	2011

1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik <i>IT-Security pour la télématique des transports</i> <i>IT-Security for Transport and Telematics</i>	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen) <i>Passage pour piétons (les bases)</i> <i>Pedestrian crossing (basics)</i>	2011
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung <i>Quantification of the leakages into exhaust ducts in road tunnels with concentrated exhaust systems</i> <i>Quantification des fuites des canaux d'extraction dans des tunnels routiers à extraction concentrée de fumée</i>	2010
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels <i>Entwicklung einer besten Praxis-Methode zur Risikomodellierung für Strassentunnelanlagen</i> <i>Développement d'une méthode de meilleures pratiques pour l'analyse des risques dans les tunnels routiers</i>	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhand D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis <i>Essai de résistance aux sulfates selon la norme SIA 262/1, Annexe D: Applicabilité et importance pour la pratique</i> <i>Testing sulfate resistance of concrete according to SIA 262/1, appendix D: applicability and relevance for use in practice</i>	2011
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen <i>Coopération dans les gares et arrêts</i> <i>Coopération at railway stations and stops</i>	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs <i>Activity oriented analysis of induced travel demand</i> <i>Analyse orientée aux activités du trafic induit</i>	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung <i>Approches innovantes de la gestion du stationnement</i> <i>Innovative approaches to parking management</i>	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer? <i>Driver Inattention and Distraction as Cause of Accident: How do Drivers Behave in Cars?</i> <i>L'inattention et la distraction: comment se comportent les gens au volant?</i>	2012