



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

RICHTLINIE

VERKEHRSTECHNISCHE REGELUNGSLOGIK

*Funktionale Minimalanforderungen für
Planung und Betrieb der Regelung von
Verkehrsmanagement-Systemen zur
Verflüssigung des Verkehrs*

*Ausgabe 2018 V1.04
ASTRA 15019*

Impressum

Autoren / Arbeitsgruppe

Sigrid Pirkelbauer	(ASTRA N-VIM, Vorsitz)
Markus Bartsch	(ASTRA N-VIM)
Günter Hofer	(ASTRA I-FU Ost)
Peter Schirato	(ASTRA N-VMZ-CH, bis 2015)
Silvio Siegrist	(ASTRA N-VMZ-CH, ab 2015)
Jean-Paul Schnetz	(ASTRA N-ST)
Bernard Crausaz	(ASTRA N-ST, ab 2017)
Felix Roth	(ASTRA N-ST)
Urs Luther	(ASTRA N-ST)
Stefan Huonder	(ASTRA V-VR)
Pascal Laiti	(GE I, Genf)
Reto Gosteli	(GE VIII, NSNW)
Hermann Kaul	(Rudolf Keller & Partner, Verkehrsingenieure AG, MuttENZ)
Thomas Gasser	(Rudolf Keller & Partner, Verkehrsingenieure AG, MuttENZ)
Christoph Schwietering	(Ingenieurbüro Schwietering, Aachen)

Übersetzung (Originalversion in Deutsch)

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch herunter geladen werden.

© ASTRA 2018

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Intelligente Verkehrsmanagement-Systeme auf der Nationalstrasse dienen einer optimalen Ausnutzung der Strasseninfrastruktur. Der Verkehr soll sicherer gemacht und vor allem flüssig gehalten werden.

Die Verkehrsinfrastruktur stösst immer häufiger an die Kapazitätsgrenze. In der Folge häufen sich Überlastungen und Verkehrszusammenbrüche. Intelligente Verkehrsmanagement-Systeme beeinflussen den Verkehr mit dem Ziel, den Verkehrsfluss möglichst lange aufrechtzuerhalten und einen Verkehrszusammenbruch hinauszuzögern.

Dazu werden entlang der Nationalstrasse Sensoren und Aktoren benötigt. Die Sensoren dienen der Erfassung des Verkehrsflusses. Mittels Aktoren wie beispielsweise Wechselsignale werden die Verkehrsteilnehmenden beeinflusst, um eine möglichst optimale Nutzung der bestehenden Verkehrsinfrastruktur zu gewährleisten.

Für das Zusammenspiel zwischen Sensoren und Aktoren wird eine Fachlogik benötigt. Die Fachlogik ist gewissermassen das „Gehirn“ dieser Anlagen. Sie ermittelt aus den Messwerten der Verkehrssensoren die jeweils optimalen Signalzustände, schaltet die notwendigen Signalbilder ein und sorgt damit für eine Interaktion zwischen dem aktuellen Verkehrsgeschehen und dem Verhalten der Verkehrsteilnehmenden.

Die Fachlogik ermöglicht verkehrsabhängige und damit ursachenbezogene Schaltungen von Betriebszuständen. Es können automatische und manuelle Schaltwünsche berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden.

Die Richtlinie formuliert die funktionalen Minimalanforderungen an die Fachlogik von Verkehrsmanagement-Systemen. Sie ist die fachliche Grundlage für eine schweizweit einheitliche Funktionsweise dieser Anlagen und bildet die Basis für die Planung, die Realisierung und den Betrieb derartiger Systeme.

Bundesamt für Strassen

Jürg Röthlisberger
Direktor

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Vorwort	3
1	Einleitung	7
1.1	Zweck der Richtlinie	7
1.2	Geltungsbereich	7
1.3	Adressaten	8
1.4	Inkrafttreten und Änderungen	8
1.5	Übergangsbestimmungen	8
2	Grundlagen	9
2.1	Nationalstrassengesetz Art. 49	9
2.2	Leitbild ITS-CH	9
2.3	Normen / Richtlinien	10
2.4	Verkehrstechnischer Regelkreis	10
2.5	Begriffsdefinitionen	12
2.5.1	Signalquerschnitt (SQ) / Verkehrssektor	12
2.5.2	Messquerschnitt (MQ) / Messsektor	13
2.5.3	Signaltyp	14
2.5.4	Virtuelle Ursacheneinheit	15
2.6	Syntax der Formeln-Bezeichnungen	15
2.7	Stammdaten	15
3	Grundsätze	16
3.1	Verkehrstechnische Grundsätze	16
3.2	Organisatorische Grundsätze	16
3.3	Konfiguration / Parametrierung	16
3.4	Grundsätze zur Bedienung	17
3.5	Grundsätze zur Datenorganisation / -archivierung	18
3.6	Systemtechnische Grundsätze	18
4	Funktionaler Aufbau der verkehrstechnischen Regelungslogik	20
5	Messwert-Kern	23
5.1	Messwert-Übernahme	24
5.1.1	Verkehrs-Messwerte	24
5.1.2	Umfeld-Messwerte	25
5.1.3	Prozessdaten	26
5.1.4	Passivierung Sensoren	26
5.2	Messwert-Plausibilisierung	27
5.2.1	Prüfung Verkehrsmesswerte	27
5.2.2	Prüfung Umfeld-Messwerte	27
5.2.3	Abgrenzung Langzeitplausibilitätsprüfung	28
5.3	Messwert-Aggregation	28
5.4	Messwert- Vervollständigung	28
5.4.1	Fehlende, unplausible Messwerte eines Fahrstreifens	29
5.4.2	Fehlende, unplausible Messwerte eines gesamten Messquerschnitts	29
5.5	Messdaten	29
6	Datenanalyse-Kern	30
6.1	Datenaufbereitung	31
6.1.1	Bildung verkehrstechnischer Kenngrößen	31
6.1.2	Glättung	32
6.2	Datenanalyse	33

6.2.1	Übersicht verkehrstechnische Datenanalysen	33
6.2.2	Deaktivierung / Passivierung Algorithmus	34
6.2.3	Hysterese	34
6.3	Massnahmenabgleich	36
7	Steuerungskern	37
7.1	Grundsätze für den Steuerungskern	37
7.2	Basisdaten für Steuerungskern	38
7.3	Verfahrensschritte Steuerungskern	40
7.4	Massnahmenanforderungen	40
7.5	Auslösung des Betriebszustandes	41
7.5.1	Übersicht Betriebs- und Steuerungsarten	41
7.5.2	Lokal-Betrieb	41
7.5.3	Normalbetrieb	41
7.5.4	Simulationsbetrieb	43
7.5.5	Autark-Betrieb	43
7.6	Generierung des Betriebszustandes (dynamisch)	44
7.6.1	Bildung der Hauptzone – SQ _i	44
7.6.2	Bildung Vor- und Nachzone	45
7.7	Priorisierung	45
7.7.1	Steuerungsart-Priorität	45
7.7.2	Verdrängung	45
7.7.3	Signalbildpriorität	46
7.8	Querabgleich	46
7.8.1	Querabgleich pro Signaltyp	46
7.8.2	Querabgleich Signaltyp-übergreifend	47
7.8.3	Querabgleich SQ-übergreifend / Kopplung	47
7.9	Längsabgleich	49
7.9.1	Regeln	49
7.10	Störungsabgleich	51
7.11	Iteration Abgleiche (Quer- / Längs- / Störungsabgleich)	54
7.12	Übergang IST zu SOLL	55
7.13	Schaltbefehle an die Feldebene	55
7.14	Signalbildabgleich IST/SOLL	56
8	Verkehrstechnische Funktionalitäten Feldebene (Lokalsteuerung)	57
8.1	Verriegelungsmatrix Signalquerschnitt	57
8.2	Autark-Betrieb	58
9	Regional zusammenhängende Verkehrsräume	59
9.1	Definition regional zusammenhängende Verkehrsräume	59
9.2	Kopplung von mehreren Verkehrsrechnern	59
	Anhänge	61
	Glossar	91
	Literaturverzeichnis	99
	Auflistung der Änderungen	101

1 Einleitung

1.1 Zweck der Richtlinie

Die Richtlinie stützt sich auf das Strassenverkehrsgesetz (Art. 57c) [1] sowie das Nationalstrassengesetz (Art. 49) [2] mit dem Ziel, den Verkehr zu verflüssigen und die Sicherheit zu erhöhen.

Verkehrsmanagement (VM)-Systeme zur Lenkung, Leitung, Steuerung und Information des Verkehrs setzen sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Die verkehrstechnische Fachlogik ist zentraler Bestandteil eines VM-Systems zur intelligenten Verkehrsbeflussung. Sie umfasst die fachspezifische Algorithmik und die benötigten Regelungsverfahren.

Die Richtlinie definiert auf dem Stand der Technik einen einheitlichen Standard zum verkehrstechnischen Funktionsumfang der Regelungslogik von VM-Systemen.

Die identische Umsetzung der verkehrsabhängigen Regelungslogik soll dem Verkehrsteilnehmenden schweizweit wiedererkennbare Regelungsphilosophien vermitteln. Die Einheitlichkeit ist für den operativen Betrieb (Benutzer VMZ-CH und regionale Leitzentralen) sowie für den verkehrstechnischen Betrieb (Verkehringenieure) ein wesentlicher Baustein und somit für ein effizientes und wirksames Verkehrsmanagement.

Die Standardisierung der Regelungslogik von VM-Systemen ist eine notwendige Grundlage für eine effiziente Integration von Verkehrsrechnern in eine gemeinsame übergeordnete Managementebene.

1.2 Geltungsbereich

Die Richtlinie beschränkt sich auf die Definition der funktionalen (verkehrstechnischen) Minimalanforderungen an die Regelungslogik von VM-Systemen. Sie legt einen schweizweit einheitlichen, funktionalen Minimal-Standard fest und orientiert sich am Stand der Technik.

Die Richtlinie soll für Planung, Projektierung, Realisierung und Betrieb der VM-Systeme im Unterhaltssperimeter der Nationalstrasse Anwendung finden. Der Standard ist auch bei der Sanierung und Erneuerung bestehender VM-Systeme und/oder der Verkehrsrechner zu erfüllen.

Bei reinen Tunnelverkehrsregelungen mit dem Ausrüstungsgrad «Keine» oder «Niedrig» (gemäss Richtlinie ASTRA 15003 „Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)“ [6]), die sich nicht mit weiteren VM-Ausrüstungen technisch und/oder funktional überlagern oder überlagern werden, kann von der vorliegenden Richtlinie abgewichen werden.

Lichtsignalanlagen an Knotenpunkten, u.a. an Sekundärknoten der Nationalstrassen erster und zweiter Klasse sowie auf Nationalstrassen der dritten Klasse, sind von der Richtlinie ausgenommen. Die Regelungslogik von Lichtsignalanlagen unterliegt anderen funktionalen Anforderungen.

Die Richtlinie definiert eine gemeinsame Funktionalität, so dass sie für alle Massnahmen auf VM-Systemen der Nationalstrasse anwendbar ist. Sämtliche automatischen Massnahmen sowie die manuellen Bedienungen durch die Benutzer von VM-Systemen durchlaufen ohne Ausnahmen die verkehrstechnische Regelungslogik. Die Richtlinie unterstützt somit auch das Ereignismanagement in der Umsetzung von Massnahmen.

Zur Visualisierung von Störungen im Zuge der Applikation der verkehrstechnischen Regelungslogik sowie für allfällige Störungsabgleiche werden Prozessdaten zu Störungen benötigt. Die technische Behebung von Störungen ist nicht Bestandteil der Richtlinie.

Die fachlichen Anforderungen an die Bedienung der VM-Systeme (Human Machine Interface / Graphical User Interface) sind nicht Bestandteil der Richtlinie. Es werden lediglich Anforderungen formuliert, soweit diese für die verkehrstechnische Regelungslogik massgebend sind.

Der Messwert-Kern und der Datenanalyse-Kern oder Teile davon können auch durch externe Dienste (Drittssystem) umgesetzt werden. Die funktionalen Anforderungen der Richtlinie müssen vom Drittssystem eingehalten werden.

1.3 Adressaten

Die Richtlinie stützt sich auf die eingangs erwähnten Gesetze und richtet sich an alle Personen bzw. Organisationen, die an Planung, Realisierung und Betrieb der genannten VM-Systeme teilhaben:

- Operative Einheiten:
 - VMZ-CH (inkl. regionale Leitzentralen)
 - Kantonspolizeien
 - Betreiber in den Fachbereichen betrieblicher Unterhalt und Ereignismanagement
- Fachspezialisten für den verkehrstechnischen Betrieb:
 - Verkehrsingenieure
 - Fachspezialisten Verkehrsmonitoring des ASTRA
- Fachspezialisten für den technischen Betrieb:
 - Fachspezialisten BSA des ASTRA
 - Fachspezialisten BSA der Gebietseinheiten
- Projekte:
 - Projektleiter des ASTRA
 - Planer, Besteller und Betreiber in den Fachbereichen betrieblicher Unterhalt, Erhaltung und Instandhaltung von VM-Systemen
 - Lieferanten der VM-Systeme und Verkehrsrechner
 - Verkehrstechnische Ingenieurbüros

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Die Richtlinie tritt am 01.06.2018 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 101 dokumentiert.

1.5 Übergangsbestimmungen

Für alle ab dem **01.09.2018** startenden Projekte ist die Richtlinie verbindlich und umfassend anzuwenden.

Für früher gestartete Projekte ist die Anwendbarkeit der Richtlinie wie folgt geregelt:

- Wenn das Detailprojekt bzw. das Massnahmenprojekt per **01.12.2018** noch nicht zur Genehmigung eingereicht worden ist, ist die Richtlinie anzuwenden. Die Nicht-Anwendung ist zu begründen.
- Ist das Detailprojekt bzw. das Massnahmenprojekt vor dem **01.12.2018** bereits zur Genehmigung eingereicht worden, ist die Richtlinie nur anzuwenden, soweit dies mit verhältnismässigem zusätzlichem Aufwand möglich ist.
- Ist das Detailprojekt bzw. das Massnahmenprojekt vor dem **01.12.2018** genehmigt worden und der Start der Phase Ausführung bis zum **01.12.2020** noch nicht erfolgt ist, ist die Richtlinie zu berücksichtigen.

2 Grundlagen

2.1 Nationalstrassengesetz Art. 49

Gestützt auf Artikel 49 des Nationalstrassengesetzes [2] ist auf der Nationalstrasse ein sicherer und flüssiger Verkehr zu gewährleisten. Dies soll u.a. mit VM-Massnahmen erreicht werden. Für die korrekte Beeinflussung des Verkehrs wird eine Fachlogik benötigt, die kontinuierlich im Hintergrund die jeweils optimalen VM-Massnahmen ermittelt.

2.2 Leitbild ITS-CH

In der Dokumentation ASTRA 85001 „Verkehrstelematik ITS-CH 2012, Leitbild für die Schweiz im Jahre 2012“ [14] werden im Leitsatz 3 für die Verkehrsleitung folgende strategische Grundsätze definiert:

„Streckenabschnitte und Knoten auf Nationalstrassen mit kritischer Verkehrsbelastung werden mit Verkehrsleit- und Verkehrssteuerungssystemen ausgerüstet. Diese Systeme haben in erster Linie die Aufgabe, den Verkehr flüssig und sicher über diese Strecken zu führen und auch den Ab- sowie Zufluss zu steuern. Die Verkehrsleitung und -steuerung bezüglich Nationalstrassen erfolgen durch die nationale Verkehrsmanagementzentrale.“

Dargelegt wird dies wie folgt:

„Verkehrsleit- und Verkehrssteuerungssysteme sind bewährte Mittel zur Hebung der bewältigbaren Verkehrsmenge und zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Nationalstrassenabschnitten und -knoten sowie auf den Übergängen von / zu den Nationalstrassen, die an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gelangt sind.

Diese Anwendungen sind nicht grundlegend neu. Der Einsatz der Telematik [intelligenten VM-Systeme] erhöht aber die Einflussmöglichkeiten durch den Betreiber (v.a. Erkennen von und Reagieren auf Verkehrsstörungen verschiedenster Art) und bringt die Voraussetzungen für eine verbreitete Anwendung. Die Systemkapazitäten werden besser nutzbar, wenn mehrere Teilsysteme zusammenwirken (wie Wechselsignalisation, Störungsmanagement, Rampenbewirtschaftung). Durch gezielte Einflussnahme kann bei gegebener Fahrstreifenanzahl eine höhere Verkehrsmenge bewältigt werden, bevor der Verkehrsfluss instabil wird und der Verkehr zusammenbricht. Die Effekte auf die Sicherheit sind positiv, insbesondere dann, wenn die verkehrspolizeiliche Unterstützung an die Verkehrsleit- und -steuerungssysteme angepasst respektive integriert wird. Die ökologischen Auswirkungen hängen von der konkreten Ausgestaltung ab: die Verflüssigung des Verkehrs führt grundsätzlich zu einer Verminderung der Luftschadstoffe.“

Die VM-Systeme auf Nationalstrassen weisen folgende Funktionen auf:

- **Verkehrsinformation** u.a. mit Wechseltextanzeigen und Content-Providing für Radio-Verkehrsmeldungen
- **Verkehrslenkung** mit Wechseltextanzeigen und Wechselwegweisungen
- **Verkehrsleitung** u.a. mit variablen Geschwindigkeitsanzeigen, Lastwagenüberholverböten, Gefahrenanzeigen und Pannestreifenumnutzungen
- **Verkehrssteuerung** für Knoten, Rampen, Objekte, Engstellen, usw.

Die beschriebenen Funktionen stützen sich auf eine gemeinsame Fachlogik ab.

Auf Basis dieses Leitbildes sind verschiedene Richtlinien des Verkehrsmanagements erarbeitet worden (Kap. 2.3).

2.3 Normen / Richtlinien

Diese Richtlinie gehört zu den Verkehrsmanagement-Richtlinien.

Kopfrichtlinie	15003 Verkehrsmanagement in der Schweiz (VM-CH)			
VM-Strecken-ausrüstung	15011 Wechseltexanzeigen	15002 Pannestreifenumnutzung	15015 Rampenbewirtschaftung 15020 Sekundärknoten	15013 Überholverbot für LW
	15012 Dynamische Wegweisung	15016 Geschwindigkeitsharmonisierung und Gefahrenwarnung	15 017 Fahrstreifen-Lichtsignal-Systeme "FLS" und Tunnelsignale	15014 Warteräume und Abstellplätze für LW
VM-Support-systeme	13031 Systemarchitektur Leit- und Steuerungssysteme BSA	15019 Verkehrstechnische Regelungslogik	15010 Betriebszustände - Verkehrssteuerung	15018 Betriebskonzept der VM-Anlagen
		13012 Verkehrszähler	13005 Videoanlagen	
Legende: <i>kursiver Text = Dokument in Bearbeitung</i>				

Abb. 2.1 Übersicht der Richtlinien des Verkehrsmanagements (Stand Mai 2017).

Die erforderliche Streckenausrüstung (Sensoren, Aktoren) wird in der Kopfrichtlinie ASTRA 15003 „Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)“ [6] sowie deren Detailrichtlinien definiert (und nicht aufgrund der vorliegenden Richtlinie).

Darauf basierend stellt die Richtlinie ASTRA 15010 „Betriebszustände - Verkehrssteuerung“ [7] den einheitlichen Aufbau von einzelnen Betriebszuständen dar.

Bei der direkten Schnittstelle zur Feldebene muss aus Sicht der Fachlogik und deren Benutzer ein schweizweit einheitliches, offenes und standardisiertes Datenprotokoll zur strukturierten Übermittlung der benötigten Messwerte und Prozessdaten, das die fachlichen Anforderungen abdeckt, zum Einsatz kommen. Die Richtlinie ASTRA 13031 „Systemarchitektur Leit- und Steuerungssysteme der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen“ [12] beschreibt die allgemeinen technischen Bedingungen dazu.

2.4 Verkehrstechnischer Regelkreis

Die VM-Systeme agieren analog der Steuerungs- und Regelungstechnik aus klassischen Verfahrensprozessen. Dabei wird ein einfacher verkehrstechnischer Regelkreis angewandt (Abb. 2.2):

Mit Hilfe von Sensoren (**Messwerte**) wird die Verkehrslage (Ist) erfasst. Mit der Aufbereitung der Messwerte zu **Messdaten** werden die relevanten Regelgrößen für die nachfolgende Regelungslogik ermittelt.

Aus diesen Messdaten werden sodann mit Hilfe von Algorithmen **Massnahmenanforderungen** festgelegt. In einem nächsten Schritt werden daraus **Schaltwünsche** abgeleitet und in Folge ein **Betriebszustand (SOLL)** definiert. Dabei kann es sich z.B. um eine Reduktion der Geschwindigkeitslimite oder einer Gefahrenwarnung handeln. Mit der Überlagerung von bestehenden und neuen Schaltwünschen wird danach ein neuer Gesamt-Betriebszustand (SOLL) festgelegt.

Anhand des Gesamt-Betriebszustandes (SOLL) werden als Stellgrößen **Schaltbefehle** für die Aktoren (Signale) gebildet und ausgelöst. Die umgesetzten Schaltbefehle ergeben einen neuen **Gesamt-Betriebszustand (IST)**, der die Verkehrsteilnehmenden beeinflusst.

Aufgrund dieser Beeinflussung wird mit Hilfe von Sensoren wiederum eine neue Verkehrslage (IST) erfasst, usw.

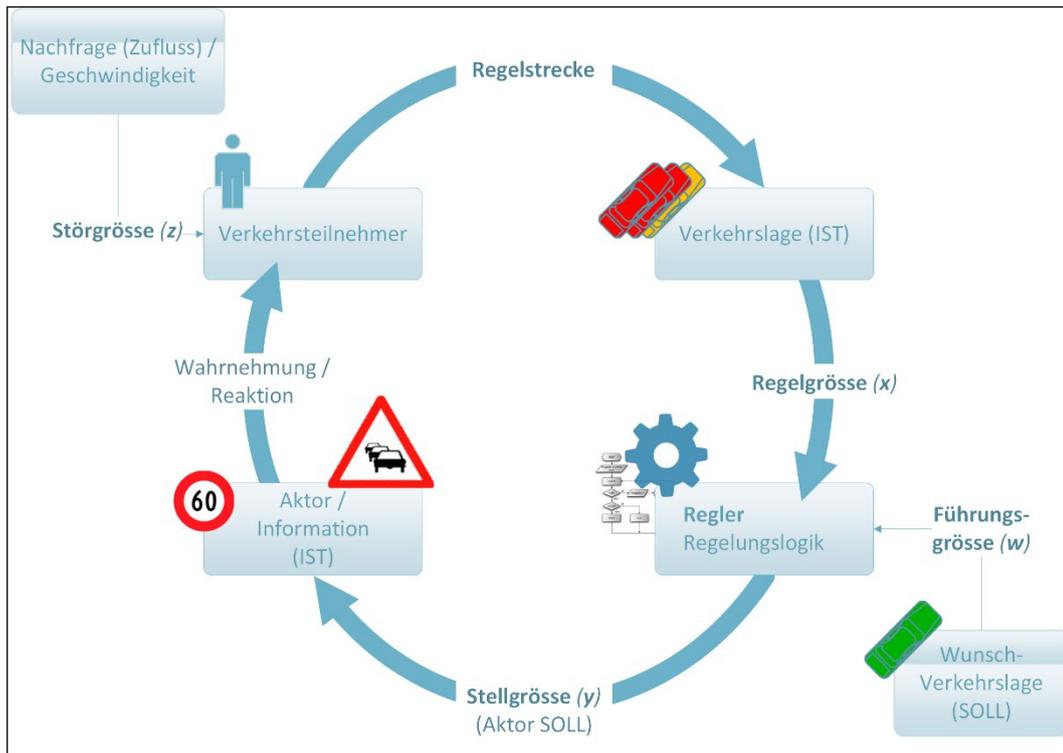


Abb. 2.2 Verkehrstechnischer Regelkreis.

Die VM-Systeme enthalten sowohl Steuerungs- als auch Regelungslogiken. Regelungen verfügen im Gegensatz zu Steuerungen über eine Rückkopplung. Im weiteren Verlauf wird vereinfachend immer von einer «Regelung» gesprochen.

Aufbauend auf der Prozessfolge «Input > Verarbeitung > Output» gemäss nachfolgender Übersichtsskizze werden die fachlichen Anforderungen aus der Verkehrstechnik definiert. Die «Verarbeitung» ist das wesentliche Kernelement der verkehrstechnischen Regelungslogik und Hauptbestandteil der Richtlinie.



Abb. 2.3 Prozessfolge Input > Verarbeitung > Output

Aus dem verkehrstechnischen Regelkreis und der Prozessfolge ergibt sich nachstehende Abfolge der verkehrstechnischen Regelungslogik:

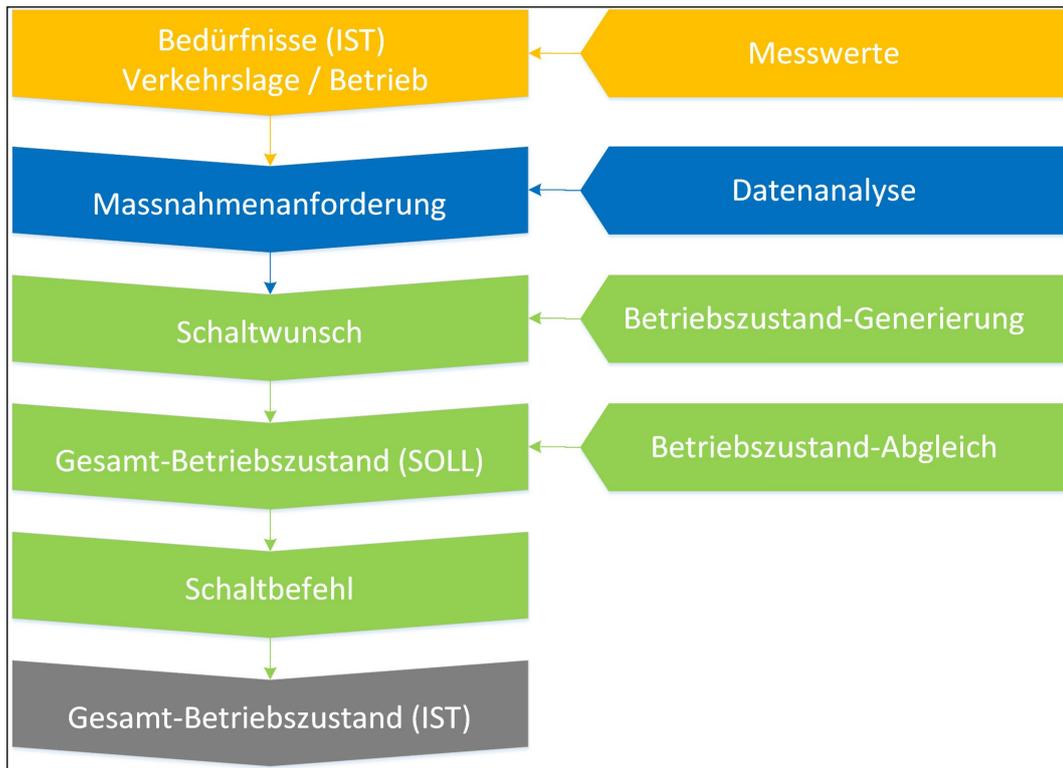


Abb. 2.4 Prozessabfolge verkehrstechnische Regelungslogik

In Kap. 4 wird der funktionale Aufbau der verkehrstechnischen Regelungslogik detailliert beschrieben.

2.5 Begriffsdefinitionen

Klassische Begriffe des Verkehrsmanagements sind im Glossar (Seite 91) aufgeführt.

Generell werden für die Komponenten der VM-Systeme die Definitionen der Richtlinie ASTRA 13013 „Struktur und Kennzeichnung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (AKS CH)“ [11] verwendet.

Zusätzlich werden folgende grundsätzliche Begriffe benötigt und angewendet:

2.5.1 Signalquerschnitt (SQ) / Verkehrssektor

Ein **Signalquerschnitt (SQ)** umfasst die Signale an einem Signalportal respektive an einem oder mehreren Masten (Seitensteller), die verkehrsrechtlich und -technisch eine Einheit bilden.

Ein Signalportal kann mehrere Signalquerschnitte umfassen, insbesondere bei:

- Richtungstrennung / Gegenverkehrsbetrieb
- Auftrennung in Stammstrecke und Ein-, Ausfahrt oder Neben- / Verteilerfahrbahnen
- Einer Verzweigung
- Fahrstreifen, die mit (doppelten) Sicherheitslinien abgegrenzt sind

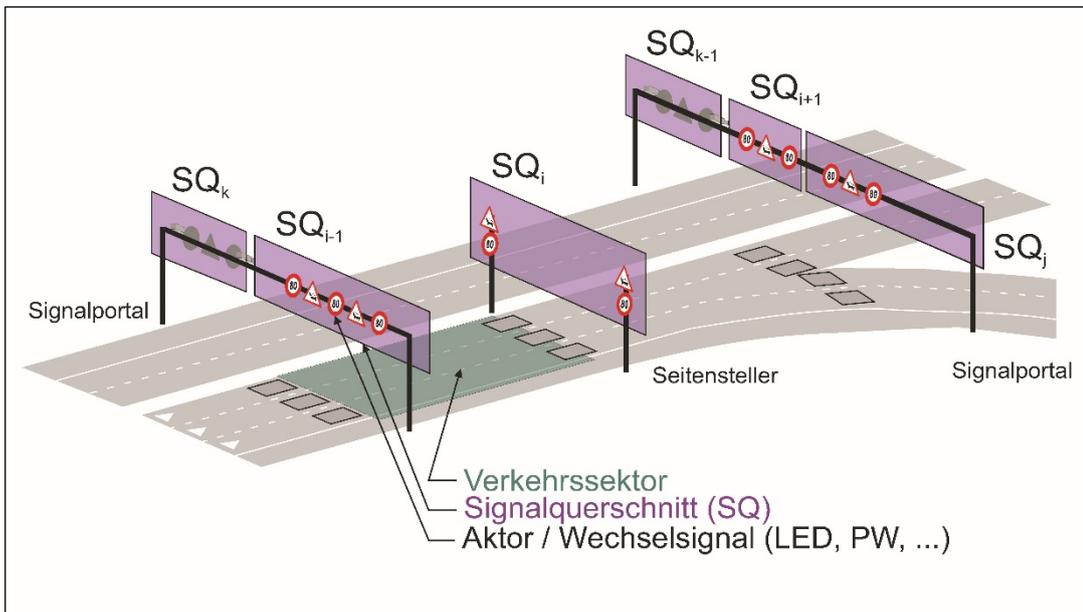


Abb. 2.5 Signalquerschnitt (SQ) / Verkehrssektor

Zwischen zwei aufeinander folgenden Signalquerschnitten befindet sich ein **Verkehrssektor**. Dieser kann sowohl fahrfstreifenspezifisch als auch querschnittsbezogen definiert sein. Mit dem Verkehrssektor ist derjenige Raum definiert, der durch den in Fahrtrichtung vorhergehenden Signalquerschnitt (stromaufwärts) beeinflusst wird.

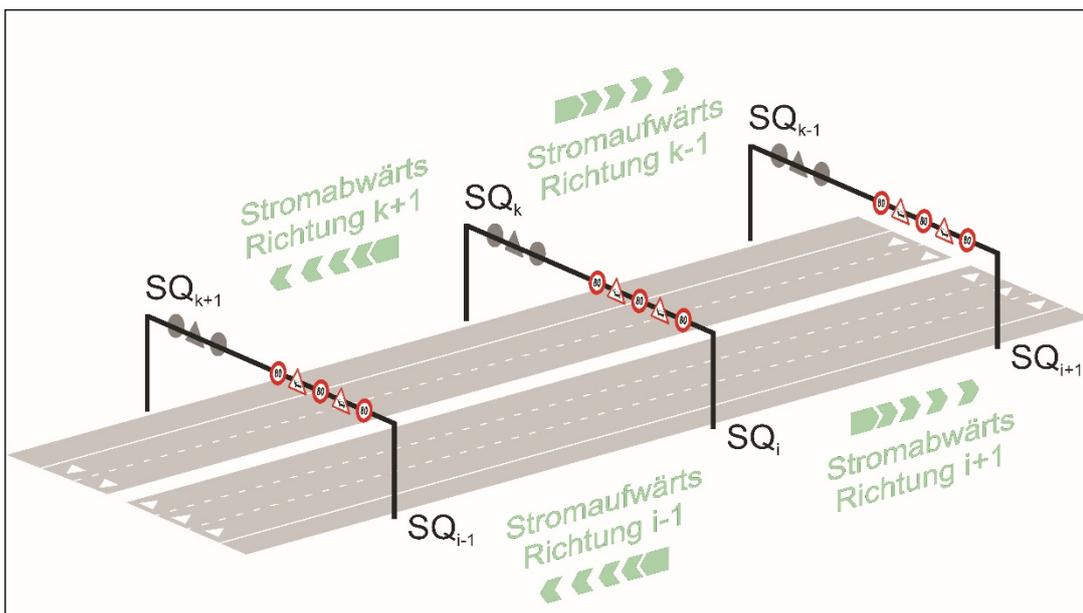


Abb. 2.6 Richtungsangaben

2.5.2 Messquerschnitt (MQ) / Messektor

Ein **Messquerschnitt (MQ)** umfasst Sensoren der lokalen Datenerfassung, die verkehrstechnisch eine Einheit bilden. Neben physikalisch vorhandenen, lokalen Datenerfassungen können auch virtuelle Datenerfassungen existieren.

Ein Strassenquerschnitt kann mehrere Messquerschnitte umfassen.

Diverse Sensoren können Daten mit einer bestimmten räumlichen Ausdehnung erfassen. Diese räumliche Ausdehnung wird als **Messektor** definiert, der jedem Messquerschnitt

zugeordnet wird. Dieser Begriff ist nur bei flächenmässiger Erfassung sowie bei fahrzeugseitiger Detektion relevant.

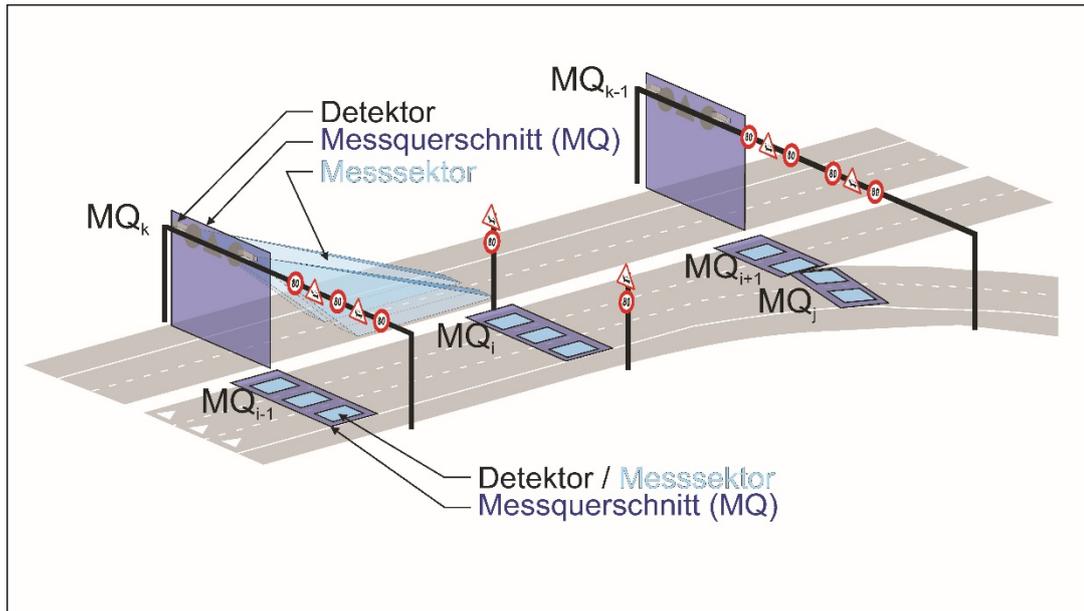


Abb. 2.7 Messquerschnitt (MQ) / Messsektor

2.5.3 Signaltyp

Die „Signalisationsverordnung (SSV)“ [3] gruppiert die Signale nach ihrer verkehrsrechtlichen Intention.

Technisch gesehen, umfasst ein dynamisches Signal meist mehrere zugeordnete Signaltypen, den Signaltypvorrat.

Für die verkehrstechnische Regelungslogik sind gleichartige Signaltypen mit identischem Signaltypvorrat zu definieren. Dazu werden Signaltypen gebildet, die sich üblicherweise an der verkehrsrechtlichen Gruppierung orientieren.

Im Sinne der Richtlinie und der verkehrstechnischen Regelungslogik sind folgende Signaltypen definiert:

- Lichtsignale
- Fahrstreifenlichtsignale (FLS)
- Gebotssignale (inkl. korrespondierender Signale mit Aufhebungen)
- Geschwindigkeitssignale (inkl. korrespondierender Signale mit Aufhebungen)
- Gefahrensignale
- Hinweissignale
- Wegweisungssignale

Unterscheiden sich Signaltypen in der Zusammensetzung und/oder im Umfang des Signaltypvorrates, sind diese als zwei unterschiedliche Ausprägungen des Signaltyps zu definieren.

Der Signaltypvorrat in der Fachlogik muss stets dem entsprechen, was das dynamische Signal vor Ort technisch anzeigen kann.

2.5.4 Virtuelle Ursacheneinheit

Eine Massnahme im Sinne einer Beeinflussung des Verkehrs bedarf einer - wie auch immer gearteten - Ursache. Zur Modellierung im Rahmen der Regelungslogik werden virtuelle Ursacheneinheiten verwendet (vgl. [19]).

Den virtuellen Ursacheneinheiten werden Messquerschnitte, Reflexe (z.B. Auslösung von Drittsystemen via Tunnel-Reflexmatrix), ad hoc-Betriebszustände oder weitere Ursacheneinheiten zugeordnet.

Den Ursacheneinheiten werden auch die Algorithmen zugewiesen, die auf Basis der Entscheidungskriterien im Datenanalyse-Kern die (automatischen) Massnahmenanforderungen generieren. Zudem kennen die Ursacheneinheiten die Betriebszustände, die den Massnahmen zugewiesen sind, sowie die Aktoren, auf denen diese Massnahmen angezeigt werden sollen.

Über die virtuellen Ursacheneinheiten fließen auch die Parameterwerte in die Berechnungsschritte ein.

2.6 Syntax der Formeln-Bezeichnungen

Die Kenngrössen-, Formeln- und Parameter-Bezeichnungen erfolgen in den nachfolgenden Kapiteln nach einer einheitlichen Bezeichnungskonvention gemäss Anhang I.

2.7 Stammdaten

Die im Weiteren verwendeten Informationen und Verarbeitungsschritte müssen datentechnisch eindeutig zugeordnet sowie im Längs- und Querprofil der Stammstrecke georeferenziert werden können. Zudem müssen Informationen zu Art sowie technischen Funktionen der Anlagen und Aggregate (u.a. Sensoren, Aktoren) zur Verfügung stehen. Dazu sind Stammdaten zu den VM-Systemen notwendig.

Dabei sollen die vom ASTRA genutzten Referenzierungssysteme verwendet werden. Sofern vorhanden und aktuell, sollen Stammdaten von einem gemeinsamen System übernommen werden. Es benötigt aber darüber hinaus noch weitere Informationen.

Stammdaten umfassen typisierte, georeferenzierte Informationen zur Streckentopologie, Sensoren und Aktoren, u.a.:

- Routingfähiges Fahrstreifenmodell zur fahrstreifengenauen Abbildung der Streckentopologie
- Inventar: Sensoren / Aktoren / Datenpunkte
- Funktionalitäten: Sensoren / Aktoren / Schnittstellen

Diese Stammdaten sind derzeit noch quasi-statisch. Im Rahmen technologischer Entwicklungen und zusätzlicher Bedürfnisse ist – z.B. im Rahmen V2X - jedoch bereits absehbar, diese Stammdaten zeitlich / dynamisch veränderbar abzubilden.

Die Dokumentation ASTRA 85019 «Verkehrstechnische Regelungslogik – Konfiguration und Parametrierung – Fachdatenmodell für die Versorgung» [15] enthält eine Referenzmodellierung. Diese zeigt eine mögliche Umsetzung des Fachdatenmodells für die Versorgung der verkehrstechnischen Regelungslogik eines Verkehrsrechners, inklusive Konfiguration und Parametrierung.

3 Grundsätze

3.1 Verkehrstechnische Grundsätze

1. Mit der verkehrstechnischen Regelungslogik werden sämtliche Betriebszustände gemäss Richtlinie ASTRA 15010 „Betriebszustände - Verkehrssteuerung“ [7] berücksichtigt. Demnach werden neben VM-Betriebszuständen auch Sicherheits-Betriebszustände und Betriebszustände zu „lokalen und allgemeinen Anordnungen“ behandelt.
2. Die Regelungslogik ist eine verkehrabhängige Steuerung, in der Regel mit Rückkopplung (= Regelung). Der Ablauf erfolgt regelbasiert.
3. Die Regelungslogik ist auf eine voll- und semiautomatische Verarbeitung sowie eine manuelle Bedienung ausgelegt. Das System ergänzt vollautomatisch die Schaltwünsche. Sämtliche Schaltwünsche der Regelungslogik sind parallel zu verarbeiten.
4. Bei Überlagerungen von mehreren Betriebszuständen wird mit Hilfe diverser Abgleiche ein resultierender Gesamtbetriebszustand ermittelt.
5. Die Regelungslogik funktioniert einzelaggregatbezogen. Dies erlaubt eine hohe Flexibilität bei der Definition und der Schaltung der Betriebszustände für das Verkehrsmanagement und den Unterhalt der Gebietseinheiten.
6. Jeder Aktor wird ausschliesslich einer Regelungslogik zugeordnet. Sämtliche Schaltbefehle an diesen Aktor werden von dieser Regelungslogik generiert. Bedienungen vor Ort bleiben vorbehalten.
7. Jeder Sensor wird einer Regelungslogik zugeordnet.
8. Die Regelungslogik ist fahrriichtungsgetrennt aufgebaut und meist stromaufwärts (Hauptfall) gerichtet.

3.2 Organisatorische Grundsätze

1. Die Anforderungen in der Richtlinie sind unabhängig von der organisatorischen Struktur definiert.
2. Grundsätzlich müssen sich organisatorische Anpassungen im VM-System flexibel abbilden lassen. Dazu ist die Regelungslogik mandantenfähig umzusetzen, damit Zugriff bzw. Restriktionen Rollen- und User-spezifisch definiert werden können.
3. Die Koordinierung und die Überwachung von Einzelanlagen des Verkehrsmanagements erfolgen zentral.
4. Die Rollen und die Zuständigkeiten bei der Abwicklung von Verkehrssteuerungen werden in einem separaten ASTRA-Dokument geregelt.

3.3 Konfiguration / Parametrierung

Die Stammdaten gemäss Kap. 2.7 sind konfigurierbar umzusetzen und somit jederzeit erweiterbar. Die Konfiguration verwendet ein standardisiertes Datenmodell (vgl. Dokumentation ASTRA 85019 „Verkehrstechnische Regelungslogik – Konfiguration und Parametrierung – Fachdatenmodell für die Versorgung“ [15]).

Unter Parametrierung werden in der Richtlinie das Setzen und das Verändern der Werte von Daten während der Laufzeit und mit Auswirkung auf diese verstanden. Dabei ist ein Parameter ein Datenfeld, das zu einer Softwarekomponente oder einem –modul gehört und sich durch folgende Merkmale auszeichnet:

1. Das Datenfeld dient zur geplanten Anpassung der (generischen) Softwarekomponenten und/oder –module. Es wird vorab definiert und implementiert.
2. Neben dem Datenfeld muss auch dessen Bedeutung und dessen Auswirkung auf Struktur und Verhalten der Softwarekomponenten und/oder –module definiert werden.
3. Der Benutzer der Applikation der verkehrstechnischen Regelungslogik belegt das Datenfeld so mit Werten, Ausdrücken oder Bildern, dass die Softwarekomponenten und/oder –module seinen Anforderungen entsprechend arbeiten.

4. Die vom Benutzer der Applikation ausgewählten Werte sind änderbar, werden in Datenbanken historisiert und schweizweit einheitlich abgespeichert.
5. Ein Parameterwert ist ein Wert, der einem bestimmten Parameter zugewiesen (z.B. Zahl, Text, strukturierte Daten, logischer Regelausdruck, Bitmap) und mittels Datentyps und Wertebereich definiert ist.

Die Algorithmen sowie sämtliche Verfahrensschritte des Messwert-Kerns (Kap. 5), des Datenanalyse-Kerns (Kap. 6) und des Steuerungs-Kerns (Kap. 7) sind regelbasiert sowie parametrierbar umzusetzen. Die Parametrierung verwendet ein standardisiertes Datenmodell (vgl. Dokumentation ASTRA 85019 „Verkehrstechnische Regelungslogik – Konfiguration und Parametrierung – Fachdatenmodell für die Versorgung“ [15]).

Sämtliche parametrierbaren Werte müssen für folgende Ebenen unabhängig definierbar sein:

- Schweizweit, verkehrsrechnerübergreifend
- Global (Standard innerhalb Verkehrsrechner)
- Lokal (z.B. querschnitts- bzw. gerätebezogen)

Die Anpassung bzw. Erweiterung der Konfiguration und Parametrierung (Anpassung Parameter-Werte) muss einfach und benutzerfreundlich durchgeführt werden können. Änderungen der Konfiguration sowie der Parametrierung werden durch speziell instruierte Benutzer, in der Regel Super-User, durchgeführt.

3.4 Grundsätze zur Bedienung

Die Bedienung ist benutzerorientiert zu gestalten. Der Aufbau der zugehörigen Benutzeroberfläche richtet sich nach den Grundsätzen der Weisung ASTRA 73002 „Steuerung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen: Rollen, Aufgaben und Anforderungen für Benutzeroberflächen“ [5] und der Dokumentation ASTRA 83050 „Style Guide BSA“ [20].

An die Bedienung und die Benutzeroberfläche ergeben sich zudem folgende verkehrstechnische Anforderungen:

1. Fahrstreifengetreues Abbild der Strassen (routingfähiges Modell der Strassenachsen) im Perimeter des VM-Systems. Sensoren und Aktoren sind mit der exakten Position im Längs- und Querschnitt zur Strassenachse zu verorten.
2. Georeferenzierte Karten, um u.a. für folgende Anwendungen gerüstet zu sein: V2X-Daten (dynamische Sensoren / Aktoren), Integration von mobilen Signalen der Gebiets-einheit mittels GPS-Positionsdaten
3. Visualisierung IST-Zustand (Signalzustände, Verkehrsdaten, pro Signalquerschnitt mit Symbolen: Betriebsart / Schaltgrund u.a. Automatik, Sonderprogramm, Handschaltung, Vor-Ort-Betrieb, Störungen)
4. Manuelle Schaltungen:
 - Sonderprogramm: Primär via „Sektorenauswahl“ (ASTRA 83052 „Style Guide“ [20])
 - Handschaltung: Primär via „Signalsicht“ (ASTRA 83052 „Style Guide“ [20])
5. Der Benutzer muss manuell erstellte Schaltwünsche (ad hoc-Betriebszustände) für eine spätere oder nochmalige Nutzung speichern können.
6. Bei manuellen Schaltwünschen ist optional vor dem Schalten eine Vorschau mit dem künftigen Gesamtbetriebszustand (SOLL) darzustellen. Der Benutzer kann folgende Vorschauarten wählen:
 - Einzel: Resultierender SOLL-Zustand des neuen Betriebszustandes
 - Überlagerung: Resultierender SOLL-Zustand mit Überlagerung des neuen Betriebszustandes mit den gestellten Betriebszuständen (IST)

In der Vorschau ist zudem auch die Wirkung der SQ-Verriegelung (Kap. 8.1) in den Lokalsteuerungen darzustellen.
7. Komplexe Betriebszustände (z.B. Überleitungen) müssen in Teilschritten aufgebaut werden. Dazu ist ein Dialog zur Unterstützung des Benutzers vorzusehen.
8. Simulationsmodus für Schulung und Tests (Kap. 7.5.4).

9. Sämtliche Sensoren und Datenpunkte müssen global oder lokal passiviert (deaktiviert bzw. unterdrückt) werden können (Kap. 5.1.4).
10. Sämtliche Algorithmen aus dem Datenanalyse-Kern müssen global oder lokal deaktiviert bzw. passiviert werden können (Kap. 6.2.2)

3.5 Grundsätze zur Datenorganisation / -archivierung

1. Werte und Daten werden grundsätzlich elektronisch aufgezeichnet, verarbeitet und archiviert inkl. Speicherung der Zwischenergebnisse.
2. Sämtliche automatische, semi-automatische und manuelle Eingriffe sowie deren Zwischenergebnisse sind zur Nachvollziehbarkeit elektronisch zu speichern.
3. Alle Signalzustände sowie Störungen sind im Archiv des Verkehrsrechners elektronisch zu speichern.
4. Sämtliche gestellten Betriebszustände sind inkl. den Ursacheneinheiten und dem auslösenden Benutzerkonto durch das System elektronisch zu speichern.
5. Sämtliche Änderungen am System sind personalisiert zu speichern.
6. Die Speicherung hat historisiert und persistent zu erfolgen.
7. Obgenannte Daten sind 10 Jahre lang zu archivieren, davon 1 Jahr direkt zugreifbar. Die übrigen Jahre können ausgelagert archiviert werden.

3.6 Systemtechnische Grundsätze

1. Die Regelungslogik ist schweizweit einheitlich aufzubauen, zu strukturieren und anzuwenden.
2. Grundsätzlich muss jede Funktion hinsichtlich künftiger Entwicklungen änderbar, erweiterbar, austauschbar, übertragbar, prüfbar und bedienbar sein.
3. Die Regelungslogik soll generisch über das gesamte VM-System umgesetzt werden und eine starke Trennung bzw. Modularisierung der einzelnen Kerne (gemäss Kap. 4) und Funktionen besitzen.
4. Eine hohe Skalierbarkeit und Erweiterbarkeit lassen sich durch eine strenge Aufteilung zwischen Regelungslogik und einer Zuordnungs- bzw. Referenzierungsebene auf das VM-System herstellen. Die fachlich definierten Funktionen beziehen sich auf die generischen Kerne. Die Stammdaten (Konfiguration und Parameter) stellen den Bezug zum VM-System vor Ort her.
5. Die technische Implementierung der verkehrstechnischen Regelungslogik findet im Verkehrsrechner gem. Richtlinie ASTRA 13013 „AKS-CH“ [11] statt. Von dort wird die Feldebene der VM-Systeme direkt angesteuert.
6. Die Regelungslogik unterstützt die einzelaggregatscharfe Kommunikation mit den Aktoren und Sensoren der Feldebene.
7. Sämtliche Stamm- oder Basisdaten (z.B. Signaltyp) sind als vererbte Objekte in der Applikation der verkehrstechnischen Regelungslogik zu definieren.
8. Das Verkehrsmanagement ist davon abhängig, dass zeitgerecht auf Situationen des Verkehrsflusses reagiert wird. Daher sind die Verfahrensschritte sowie die Datenverteilung und -speicherung performant sowie ereignisgetriggert in Realzeit umzusetzen. Dabei darf der Durchlauf im Steuerungskern von der Massnahmenanforderung bis zum Ausgang des Schaltbefehls maximal 2 Sekunden betragen.
9. Die VM-Systeme referenzieren auf eine einheitliche Basis-Zeit ohne Sommer- / Winterzeit-Korrektur, i.d.R. den Universal-Time-Code. Die Angabe der Ortszeit wird ergänzend vorgehalten und in der Benutzeroberfläche dargestellt.
10. Schaltwünsche und Bedienungen durch den Benutzer müssen jederzeit und für jeden Teil einer Anlage möglich sein, die notwendigen Benutzerrechte vorbehalten.
11. Weitergehende Schaltwünsche werden als Schaltwünsche «Dritter» ausgetauscht (Kap. 9). Der Informationsaustausch erfolgt auf übergeordneter Ebene.
12. Eine Anpassung der Streckentopologie, des Inventars (Ergänzen oder Entfernen von Sensoren / Aktoren / Datenpunkte), der Grundfunktionen sowie die Erweiterung von Funktionalitäten muss im laufenden Betrieb erfolgen.
13. Sämtliche parametrisierten Anpassungen an der Regelungslogik sind ohne Neuinitialisierung oder Herunterfahren des Systems sofort wirksam.

14. Für Prüfungen der Konfiguration oder von Parametrierungen ist ein abgesetztes Testsystem inkl. Simulation (siehe auch Kap. 7.5.4) vorzusehen. Um bestimmte Szenarien auf dem Testsystem zu prüfen, müssen Signalstörungen, Inputs aus der Datenanalyse sowie Reflexe manuell gesetzt werden können. Es ist zudem die Möglichkeit vorzusehen, bestehende Messwerte (aus Datenarchiv) einzuspielen und zu simulieren.

4 Funktionaler Aufbau der verkehrstechnischen Regelungslogik

Grundsätzlich kann das Funktionsmodell der Regelungslogik in drei Hauptblöcke aufgeteilt werden:

Messwert-Kern (Kap. 5):

Input: Übernahme (standardisierter) **Messwerte** der Feldebene (**Sensorik**)

Funktionen: Plausibilisierung und Vervollständigung der Messwerte

Output: **Messdaten** (aggregierte, plausibilisierte Messwerte)

Datenanalyse-Kern (Kap. 6):

Input: **Messdaten** (aus Messwert-Kern)

Funktionen: Datenanalyse anhand von **Algorithmen**

Output: **Massnahmenanforderungen** aufgrund von diversen Algorithmen

Steuerungskern (Kap. 7):

Input: **Massnahmenanforderungen / Schaltwünsche** (aus Datenanalyse-Kern, GUI, Drittsysteme)

Funktionen: **Regelbasierte Betriebszustands-Generierung, Signalbildpriorisierung, Quer-/Längs-/Störungs-Abgleiche und Signalbildabgleich SOLL/IST**

Output: **Schaltbefehle** an die Feldebene (**Aktorik**)

In der nachfolgenden Abbildung ist das Funktionsmodell der verkehrstechnischen Regelungslogik schematisch aufgezeigt. Der Umfang der Richtlinie ist rot umrahmt und wird in den weiteren Kapiteln detailliert beschrieben.

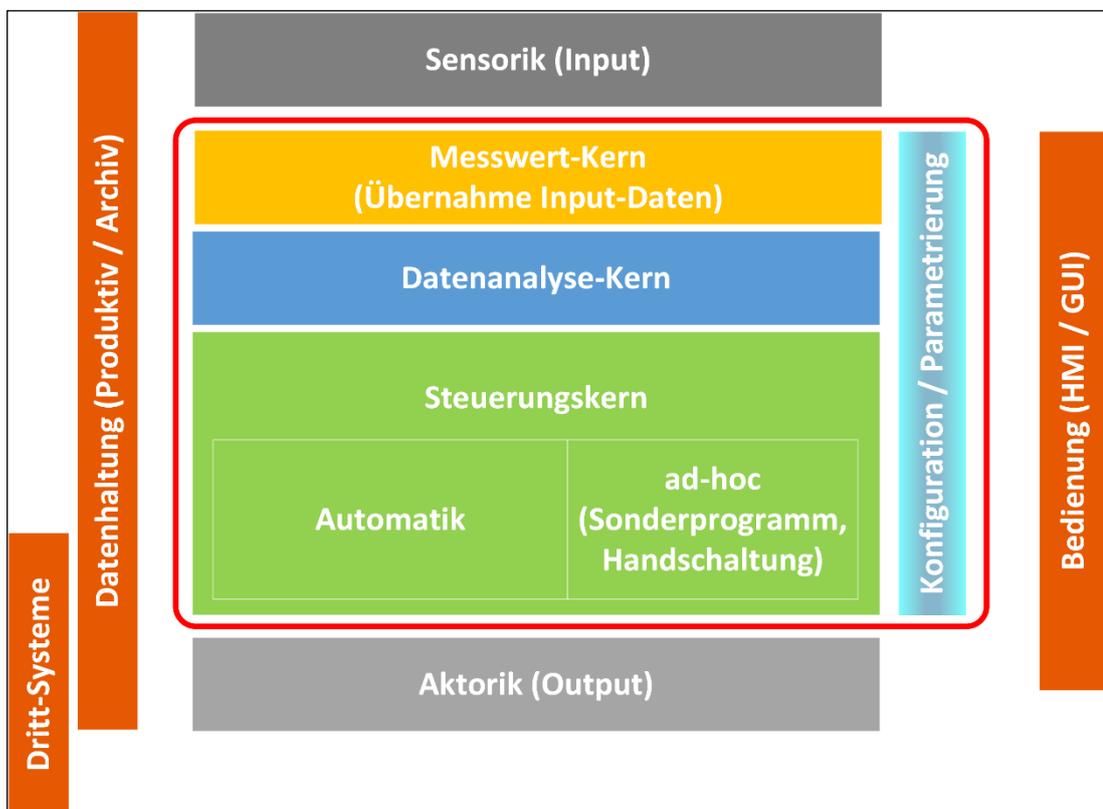


Abb. 4.1 Übersicht über die Strukturierung des Funktionsmodell der Regelungslogik

Alle drei Kerne sind durch einen Verkehrsrechner-internen, gemeinsamen Datenverteiler verbunden, sodass die notwendigen Informationen mit der notwendigen Performance abgerufen, ausgetauscht, bearbeitet und gespeichert werden können. Dieser Datenverteiler ist die Schnittstelle:

- zur Bedienung,
- zur Datenspeicherung und -archivierung und
- zu diversen Drittsystemen.

Die drei Kerne (Messwert-Kern, Datenanalyse-Kern und Steuerungs-Kern) können unabhängig voneinander realisiert werden.

In der folgenden Abbildung sind die Verarbeitungsschritte und die Funktionen der einzelnen Kerne abgebildet. Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die Kerne im Detail.

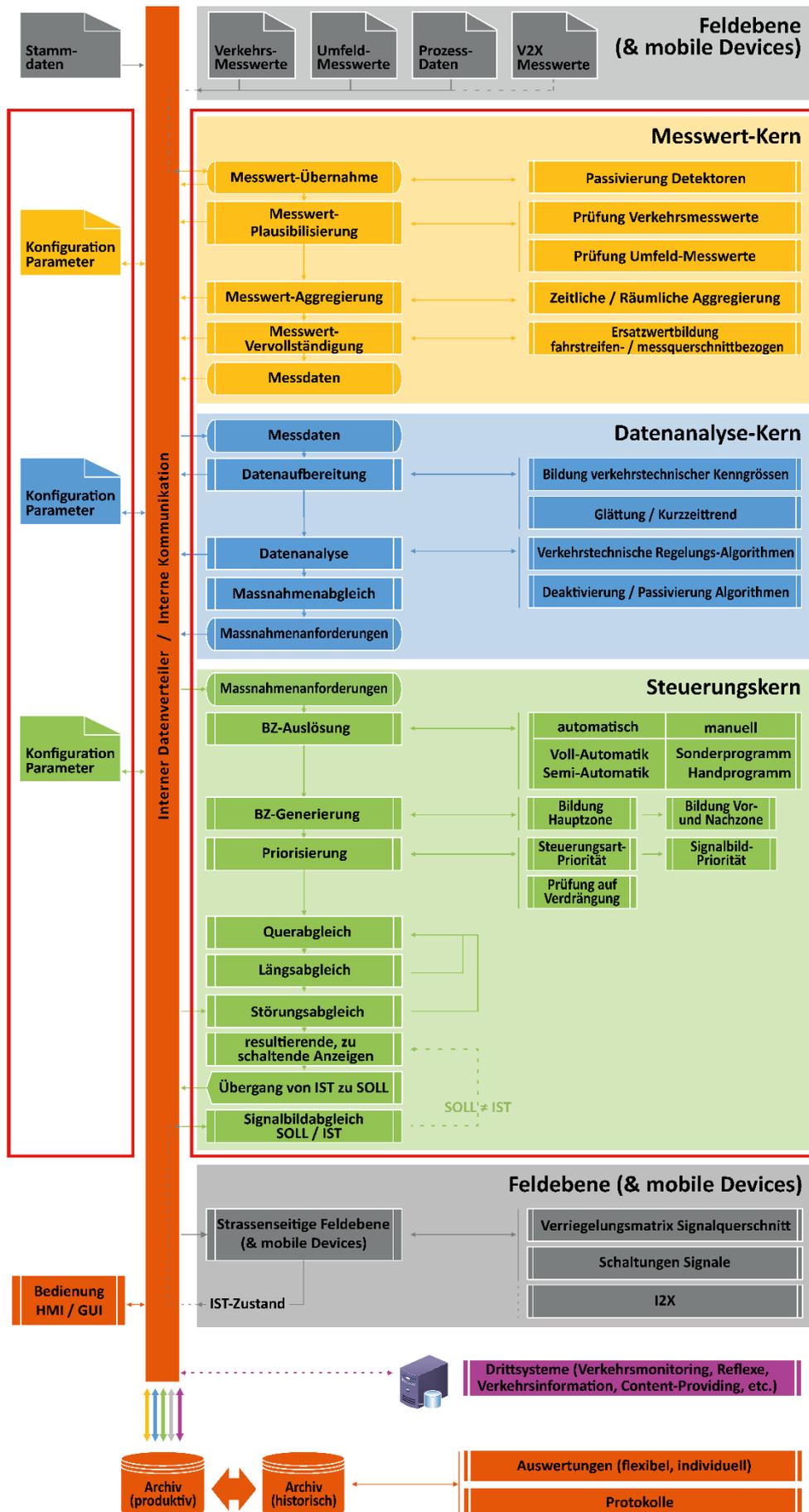


Abb. 4.2 Strukturierung des Funktionsmodell der Regelungslogik – Detailstufe

5 Messwert-Kern

Im Messwert-Kern werden die unverarbeiteten Messwerte der Feldebene einer einheitlichen Plausibilisierung, Aggregierung und Vervollständigung zugeführt und zu Messdaten aufbereitet. Zudem werden Prozessdaten der Feldebene entgegengenommen.

Definition Messwert:

Ein Messwert entspricht dem direkt von einem Sensor registrierten Ergebnis einer unabhängigen und eigenständigen Einzelmessung, die einer weiteren Datenverarbeitung zugeführt wird.

Definition Messdaten:

Messdaten beschreiben bereits verarbeitete, aufbereitete, ausgewertete oder zusammengestellte Messwerte. Sie stellen die Input-Daten für die weitergehenden Verfahrensschritte der Datenanalyse dar.

Definition Prozessdaten:

Prozessdaten beschreiben den Zustand des technischen Systems (z.B. dargestelltes Signalbild, Störungsmeldungen, etc.). Sie sind ebenfalls Input-Daten und werden in den weitergehenden Verfahrensschritten der Datenanalyse und des Steuerungskerns mitberücksichtigt (z.B. Störungsabgleich).

Der Messwert-Kern stellt eine einheitliche Verarbeitung sicher. Ergänzende Verarbeitungsschritte der einzelnen Messwerte müssen sich leicht und umfassend implementieren lassen. Damit ist die Prüfbarkeit einzelner Verarbeitungsschritte möglich. Eine Weiterentwicklung der Regelungslogik kann auf Zwischenwerten aufbauen und zielgerichtet erfolgen.

Der Zugriff auf Messdaten ermöglicht auch aussagekräftige statistische Berechnungen. Die Nutzung der Messdaten stellt daher eine gemeinsame Basis für viele verschiedene Anwendungen dar.

Input:

Kap. 5.1 Messwert-Übernahme: Übernahme (standardisierter) unverarbeiteter Messwerte der Feldebene

Funktionen:

Kap. 5.2 Messwert-Plausibilisierung

Kap. 5.3 Messwert-Aggregierung

Kap. 5.4 Messwert- Vervollständigung

Output:

Kap. 5.5 Messdaten: Plausibilisierte, aggregierte und vervollständigte Messwerte

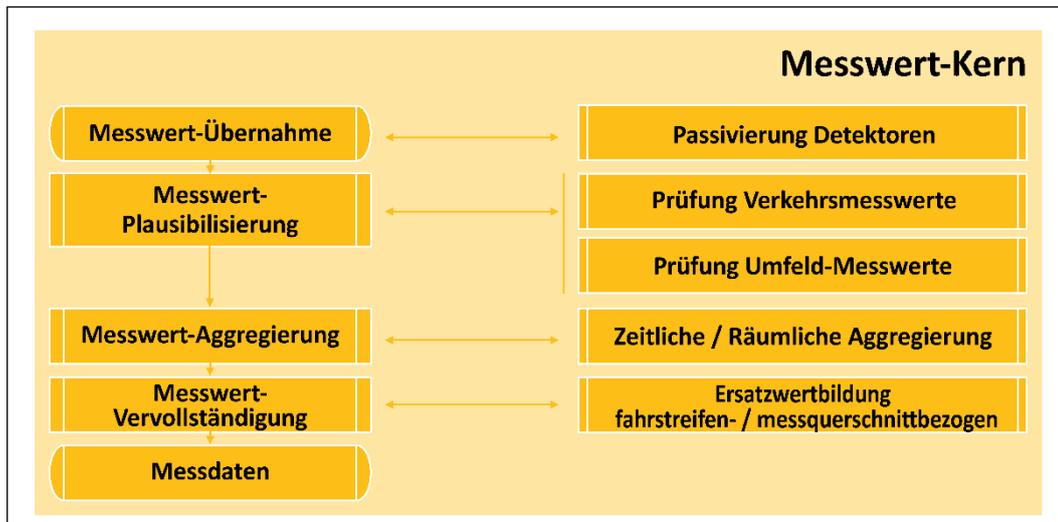


Abb. 5.1 Übersicht Funktionsmodell – Modul Messwert-Kern

Die Bezeichnungskonvention der Messwerte erfolgt gemäss Anhang I.

5.1 Messwert-Übernahme

Für die Datenanalyse und den Steuerungskern werden diverse Messwerte und Daten benötigt, die von den Sensoren und Aktoren der Feldebene sowie allenfalls von Drittsystemen in Echtzeit (online) übernommen werden.

Die Systeme der Feldebene oder Drittsysteme müssen die Messwerte und die Daten an die verkehrstechnische Regelungslogik in einem standardisierten, offenen Datenformat übergeben. Die Daten-Konsistenz ist sicherzustellen, damit eine Abbildung im Datenmodell sowie die Verarbeitung stattfinden kann.

Damit sämtliche Messwerte und Daten durch die Regelungslogik verarbeitet werden können, muss automatisch sichergestellt werden, dass sie zeitlich synchronisiert sind.

5.1.1 Verkehrs-Messwerte

Zur Erfassung des Verkehrszustandes werden stationäre, strassenseitige (querschnittsbezogene) respektive dynamische, fahrzeugseitige (streckenbezogene) Verkehrs-Messwerte herangezogen. Die Übernahme dieser Verkehrs-Messwerte erfolgt vorwiegend als Einzelfahrzeug-Messwerte. Dabei werden Messwerte von den Sensoren (Feldebene) oder Drittsystemen sowie fahrzeugseitig erhobene Messwerte (V2X, Floating-Car-Data oder weitergehende Technologien) im Rohformat (ohne Vorverarbeitung, Plausibilisierung, Aggregation und Ergänzung) übernommen.

Für die übernommenen Messwerte der lokalen Messquerschnitte gelten die Qualitätsanforderungen gemäss Richtlinie ASTRA 13012 „Verkehrszähler“ [10].

Folgende Messwerte **zu jedem einzelnen Fahrzeug** sind als Mindestanforderung vorgegeben:

Bei lokaler, strassenseitiger Verkehrs-Messung (statische Sensoren):

- **Datum- & Zeitstempel** pro Einzelfahrzeug [1/10s] im UTC-Format
- **Georeferenzierung:**
 - **Strecke** (Zuordnung Messquerschnitt mit Kilometrierung):
Bei statischen Sensoren Georeferenz in den Stammdaten
 - **Messquerschnitt** (Zuordnung zu Fahrstreifen):
Bei statischen Sensoren Georeferenz in den Stammdaten

- **Fahrtrichtungserkennung** positive und negative Messwerte der Sensoren („Gegenverkehrstauglich“)
- **Fahrzeugklassifizierung:**
 - Für das Verkehrsmanagement sind **zwei Klassen (PW-, LW-ähnlich)** ausreichend
 - Falls die Sensoren gleichzeitig zu statistischen Zwecken verwendet werden, erfolgt die Fahrzeugklassifizierung gemäss Richtlinie ASTRA 13012 „Verkehrszähler“ [10]
- **Fahrzeuggeschwindigkeit v [km/h]**

Zusätzlich ist der **Belegungsgrad OCC [%]** in einem **zyklischen Intervall von 15 Sekunden** pro Messquerschnitt und Fahrstreifen zu übernehmen respektive im Messwertkern zu berechnen.

Bei momentaner, fahrzeugseitiger Messung (Fahrzeug-Sensoren):

- **Datum- & Zeitstempel** pro Einzelfahrzeug [1/10s] im UTC-Format
- **Georeferenzierung:**
 - **Strecken** (Zuordnung Messquerschnitt mit Kilometrierung):
Bei dynamischen Sensoren (z.B. V2X) ist der Messwert mit einer Georeferenz zu versehen
 - **Messquerschnitt** (Zuordnung zu Fahrstreifen):
Bei dynamischen Sensoren (z.B. V2X) ist der Messwert mit einer Georeferenz zu versehen
- **Fahrtrichtungserkennung** positive und negative Messwerte („Gegenverkehrstauglich“)
- **Fahrzeugklassifizierung:**
 - Für das Verkehrsmanagement sind **zwei Klassen (PW-, LW-ähnlich)** ausreichend
 - Falls die Sensoren gleichzeitig zu statistischen Zwecken verwendet werden, erfolgt die Fahrzeugklassifizierung gemäss Richtlinie ASTRA 13012 „Verkehrszähler“ [10]
- **Momentane Fahrzeuggeschwindigkeit v_m [km/h]**

Sonderfall Übergangsphase:

Falls in einer Übergangsphase die Sensorik noch nicht erneuert wird und nicht in der Lage ist, Einzelfahrzeug-Messwerte zu liefern, sind in einem zyklischen Intervall von 15 Sekunden pro Messquerschnitt und Fahrstreifen folgende Messwerte zu übernehmen:

- **Datum- & Zeitstempel pro Intervall [1/10s] im UTC-Format**
- **Georeferenzierung:**
 - **Strecken** (Zuordnung Messquerschnitt mit Kilometrierung):
Bei statischen Sensoren Georeferenz in den Stammdaten
 - **Messquerschnitt** (Zuordnung zu Fahrstreifen):
Bei statischen Sensoren Georeferenz in den Stammdaten
- **PW-Menge q_{PW} [Anzahl/h]**
- **PW-Geschwindigkeit v_{PW} [km/h]**
- **LW-Menge q_{LW} [Anzahl/h]**
- **LW-Geschwindigkeit v_{LW} [km/h]**
- **Belegungsgrad OCC [%]**

5.1.2 Umfeld-Messwerte

Umfeld-Messwerte umfassen Informationen zum Umfeld, die unmittelbaren Einfluss auf den Verkehrsfluss haben (z.B. wetterbedingt reduzierte Leistungsfähigkeit der Stammstrecke). Dabei werden Umfeld-Messwerte im Rohformat (ohne Vorverarbeitung, Kombinatorik mehrerer Messwerte, Plausibilisierung, Aggregation und/oder Ergänzung) übernommen, soweit diese für die Datenanalyse und den Steuerungskern benötigt werden.

Mögliche Umfeld-Messwerte sind:

- Helligkeit

- Sichtweite
- Wetterzustand
 - Luft-Temperatur
 - Niederschlag
 - Wind
- Fahrbahnzustand
 - Nässe
 - Fahrbahn-Temperatur
- Immissionswerte (Lärm, Luftschadstoffe)

Die Helligkeit wird für die Dimmung der LED-Signalisation benötigt.

Vorerst sind für die Umfeld-Messwerte keine Datenanalysen bzw. Algorithmen vorgesehen. Bei Bedarf muss die Regelungslogik für die Übernahme von weiteren Umfeld-Messwerten nachgerüstet werden können.

5.1.3 Prozessdaten

Prozessdaten umfassen Daten des Verkehrsrechners, der Lokal-Steuerung, der Sensoren und Aktoren, die die Regelungslogik benötigen und beeinflussen, u.a.:

- Zustandsmeldungen pro Aktor und Sensor
- Betriebsdaten der Sensoren und Aktoren (z.B. Signalzustände, Schaltbefehle, Parameter, Signalbildvorrat, Schriftfont-Dateien, etc.)
- Betriebsart
- Technische Störungen

Der Austausch der Meldungen und Informationen muss bidirektional erfolgen. Neben klassischen Schaltbefehlen müssen die Parameter der Aggregate (u.a. Sensoren, Aktoren), die für das Verkehrsmanagement relevant sind, über den Verkehrsrechner änderbar sein.

5.1.4 Passivierung Sensoren

Die Passivierung von Sensoren unterbindet die Verarbeitung von Verkehrs-, Umfeld-Messwerten und Prozessdaten. Diese erfolgt als Parameteränderung im laufenden Betrieb durch den Benutzer. Es gibt folgende Arten der Passivierung:

Die **physikalische Passivierung** beendet per zentralen Befehl und bis auf Wiederaufhebung jeglichen aktiven Versand (Push-Kommunikation) von Verkehrs- und Umfeld-Messwerten sowie von Prozessdaten durch das einzelne Aggregat auf der Feldebene oder der übergeordneten Kommunikationsebene. In der Folge werden keinerlei Informationen entgegengenommen und auch keine Daten archiviert. Die physikalische Passivierung kann zum Beispiel bei gestörten Aggregaten zum Einsatz kommen, wenn die Regelungslogik und die Bedienung durch die vorliegende Störung wesentlich negativ beeinflusst werden.

Dagegen unterbindet die **logische Passivierung** lediglich die Verarbeitung im Rahmen des Datenanalyse- und des Steuerungskerns. Die Messwerte werden jedoch weiterhin im Messwert-Kern archiviert. Damit wird erreicht, dass nicht ursachengerechte Schaltungen zeitlich und räumlich flexibel unterdrückt werden können, ohne grosse Anpassungen an der Regelungslogik durchzuführen. Die logische Passivierung kommt vor allem im Rahmen von Unterhaltsarbeiten (Fahrstreifensperrungen während temporären und längerfristigen Baustellen) vor. Gesperrte Fahrstreifen führen zu einer reduzierten Grundleistungsfähigkeit. Des Weiteren ist der Baustellenverkehr auf gesperrten Fahrstreifen für die Regelungslogik nicht relevant.

Mit den übrigen, nicht passivierten Sensoren des Messquerschnittes ist weiterhin die Datenanalyse durchzuführen. Um plausible Resultate zu erzielen, müssen die Parameter bzw. Schwellenwerte um die Anzahl der Fahrstreifen mit passivierten Sensoren angepasst bzw. reduziert werden.

5.2 Messwert-Plausibilisierung

Die übernommenen Messwerte sind automatisiert auf Plausibilität zu prüfen. Die Einzelmesswerte werden mittels einfacher Regeln überprüft. Unplausible Messwerte müssen gekennzeichnet und in der Datenhaltung dokumentiert werden. Unplausible Messwerte dürfen für die weitere Datenanalyse der VM-Systeme nicht verwendet werden. Anstelle der unplausiblen Messwerte sollen für einen parametrierbaren kurzen Zeitraum Ersatzwerte gebildet und verwendet werden (Kap. 5.4).

5.2.1 Prüfung Verkehrsmesswerte

Folgende Einzelmesswertprüfungen sind vorzusehen:

- Zeitliche Bedingungen:
 - Messwerte, die bei der Messwertübernahme um ein parametrierbares Zeitintervall gegenüber der Fahrzeugdurchfahrt (Zeitstempel) verspätet eintreffen, müssen als «verspätet geliefert» gekennzeichnet werden. Trifft ein Messwert verspätet ein, ist dieser Wert für die Datenanalyse (Kap. 6) und damit für die Funktionen innerhalb einer intelligenten, dynamischen Verkehrsbeeinflussung nicht mehr relevant. Für die Aggregation zu Stundenwerten im Sinne statistischer Analysen muss er jedoch mehrere Stunden rückwärts nachgetragen werden können (z.B. Ausfall eines Zählers, der die Ereignisse temporär lokal gepuffert hat).
 - Enthalten Messwerte einen Zeitstempel der Fahrzeugdurchfahrt, der um einen parametrierbaren Wert später als der Zeitstempel der Messwertübernahme datiert ist, so müssen diese Messwerte als «verfrüht geliefert» gekennzeichnet werden. Zudem ist eine Synchronisation der Systemzeiten durchzuführen. Eine weitere Zeitsynchronisation darf erst nach Ablauf eines definierten Zeitraumes oder durch manuellen Eingriff möglich sein.
 - Werden Messwerte, die in einem bestimmten Zyklus erfasst werden, nicht geliefert, gelten diese als ausgefallen und sind in der Regelungslogik zu kennzeichnen.
- Zustandsbedingungen:
 - Die Messwerte des Sensors sind auf den vorher festgelegten, gültigen Wertebereich zu prüfen.

$$\begin{array}{l} |V_{PW}| \leq |V_{PW, \max}| \\ |V_{LW}| \leq |V_{LW, \max}| \end{array}, \text{ wobei } V_{PW, \max} \text{ und } V_{LW, \max} \text{ parametrierbar sein müssen}$$
 - Bei Störungsmeldungen des Sensors (i.d.R. 255, -1, NULL¹, o.ä.) sind die entsprechenden Messwerte als «fehlerhaft» zu kennzeichnen.
 - Falls das gelieferte Messwert-Telegramm unvollständig ist, sind die entsprechenden Lücken als «nicht erfasst» zu kennzeichnen.
 - Falls ein Sensor logisch passiviert wurde, sind die entsprechenden Messwerte zu separieren und nicht zu verarbeiten (Kap. 5.1.4).

Bei zyklischen Messwerten sind zudem folgende Prüfungen vorzusehen:

- Logische Bedingungen:
 - $OCC \leq OCC_{\max}$, wobei OCC_{\max} parametrierbar sein muss, sonst OCC unplausibel
 - bei $q_{vehc} = 0$: $q_{PW} \neq 0$ ODER $q_{LW} \neq 0 \rightarrow$ alle q-Werte unplausibel
 - $q_{vehc} \geq q_{LW}$, sonst alle q-Werte unplausibel
 - falls $v \neq 0$ bei $q = 0 \rightarrow v$ unplausibel

5.2.2 Prüfung Umfeld-Messwerte

Für die Umfeld-Messwerte sind analoge Messwert-Plausibilisierungen vorzunehmen. Die entsprechend unplausiblen Messwerte sind als «unplausibel» zu kennzeichnen. Verschiedene Umfeld-Messwerte sind nicht unabhängig voneinander. Durch eine geschickte Wahl von physikalischen und/oder meteorologischen Bedingungen kann eine Prüfung erfolgen.

¹ NULL: Nullwert im Sinne «leer» oder «kein Wert». Er ist nicht identisch mit dem Zahlwert «0».

5.2.3 Abgrenzung Langzeitplausibilitätsprüfung

Spezielle Plausibilitätsprüfungen über einen längeren Zeitraum können systematische Fehler identifizieren. Die zugehörigen Auswertungen werden in der Regel durch den Benutzer ausgelöst und der Beobachtungszeitraum orientiert sich nicht am Analysezeitraum für die Berechnung von Schaltwünschen. Es handelt sich um eine separate Qualitätssicherung.

5.3 Messwert-Aggregation

Dieser Schritt ist verantwortlich für die Verdichtung und die Konsolidierung der grossen Datenmengen an Messwerten. Es handelt sich um eine Basis-Aggregation zur Durchführung der nachfolgenden Messwert-Vervollständigung (Kap. 5.4). Alle weiteren Aggregationen erfolgen im Datenanalyse-Kern (Kap. 6.1).

Seitens Messwertplausibilisierung (Kap. 5.2) gekennzeichnete Messwerte (unplausible Werte) werden bei der Aggregation nicht verwendet.

Es muss des Weiteren gewährleistet werden, dass ab einem parametrierbaren Anteil von unplausiblen Messwerten die Messwert-Aggregation keinen berechneten Wert ausgibt, sondern den Zustand «unplausibel» speichert.

Die Ausgabe der berechneten Werte wird auf Stundeneinheiten resp. Tageswerte umgerechnet.

Es werden zwei Arten der Aggregation unterschieden:

Zeitliche Aggregation:

Die Einzelmesswerte (je Sensor) sollen in einem Taktintervall (Basisintervall) von 15 Sekunden aggregiert werden. Das Basisintervall stellt dabei die kleinste Einheit dar. Weitergehende Aggregationen mit anderen Zeitintervallen erfolgen im Datenanalyse-Kern (Kap. 6.1).

Räumliche Aggregation:

Zusätzlich müssen die Einzelmesswerte über mehrere Sensoren hinweg summiert werden können (Bsp.: Messquerschnitt über mehrere Fahrstreifen). Die Aggregation muss nach Fahrtrichtung getrennt erfolgen (v.a. wichtig bei temporärem Gegenverkehrsbetrieb).

Folgende Messwerte werden dabei gebildet (aggregiert auf 15 Sekunden und aufgetrennt nach Fahrtrichtung):

- Verkehrsmenge q_{vehc} pro Fahrstreifen und pro Messquerschnitt, hochgerechnet auf eine Stunde (Fz/h)
- Verkehrsmenge q_{PW} pro Fahrstreifen und pro Messquerschnitt, hochgerechnet auf eine Stunde (PW/h)
- Verkehrsmenge q_{LW} pro Fahrstreifen und pro Messquerschnitt, hochgerechnet auf eine Stunde (LW/h)
- Mittlere Geschwindigkeit v_{vehc} pro Fahrstreifen und pro Messquerschnitt (km/h)
- Mittlere Geschwindigkeit v_{PW} pro Fahrstreifen und pro Messquerschnitt (km/h)
- Mittlere Geschwindigkeit v_{LW} pro Fahrstreifen und pro Messquerschnitt (km/h)
- Belegungsgrad OCC (pro Fahrstreifen und Messquerschnitt) (%)
- Für statistische Auswertungen oder verkehrliche Analysen müssen Messquerschnitte beider Fahrtrichtungen summiert werden können

5.4 Messwert- Vervollständigung

Bei allen Messwerten, die gemäss Kap. 5.2 und Kap. 5.3 eine Kennzeichnung «unplausibel», «fehlerhaft», «verspätet geliefert» oder «nicht erfasst» erhalten haben, muss geprüft werden, ob ein Ersatzwert gebildet werden kann. Die Ersatzwertbildung erfolgt primär mit Verkehrs-Messwerten (Verkehrsstärke, Geschwindigkeit), die für die weitere Datenanalyse (Kap. 6) verwendet werden.

Gebildete Ersatzwerte müssen entsprechend gekennzeichnet werden und dürfen für die weitere Datenanalyse zeitlich befristet verwendet werden. Alle übrigen gekennzeichneten Messwerte dürfen für die weitere Datenanalyse nicht verwendet werden. In diesem Fall ist auf die letzten «plausiblen» Messwerte zurückzugreifen.

Liegt eine längerfristige Störung vor, ist der betroffene Sensor durch den Benutzer logisch oder physikalisch zu passivieren und eine Störungsmeldung abzusetzen.

Die Ersatzwertbildung erfolgt nach den Grundsätzen von MARZ [18].

Die möglichen Ersatzwertverfahren müssen den einzelnen Messquerschnitten zugeordnet werden können und einzeln parametrierbar sein. Die zeitliche Befristung (Anzahl der Basisintervalle) einer Messwertersetzung muss parametrierbar sein.

Folgende Fälle für die Ersatzwertbildung werden unterschieden:

5.4.1 Fehlende, unplausible Messwerte eines Fahrstreifens

Voraussetzung für die Ersatzwertbildung:

- Der Messquerschnitt des ausgefallenen Fahrstreifens hat mehrere Fahrstreifen
- Der zugeordnete Nachbarfahrstreifen liefert plausible Werte

Verfahren Ersatzwertbildung:

Der Ersatzwert des fehlenden Messwerts eines Fahrstreifens ergibt sich aus dem Wert des vorausgegangenen Intervalls sowie aus dem aktuellen und alten Wert des zugeordneten Nachbarfahrstreifens (parametrierbar):

$$\text{Wert}_{\text{Ersatz}} = \text{Wert}_{\text{alt}} * \text{Wert}_{\text{neu, Nachbar_FS}} / \text{Wert}_{\text{alt, Nachbar_FS}}$$

Bei LW-Verkehrsstärke und –Geschwindigkeit ist anstelle des Nachbarstreifens eher ein Ersatzfahrstreifen (eines vor- bzw. nachgelagerten Messquerschnittes) zu verwenden (parametrierbar).

5.4.2 Fehlende, unplausible Messwerte eines gesamten Messquerschnitts

Falls bei einem gesamten Messquerschnitt fehlende oder unplausible Messwerte vorhanden sind, können die Werte eines zugeordneten Nachbar-Messquerschnitts (parametrierbar) als Ersatzwerte übernommen werden. Voraussetzung ist, dass der Abstand zum Nachbar-Messquerschnitt kleiner als 1500 Meter ist und kein Anschluss oder sonst eine streckentopologische Veränderung (Fahrstreifenreduktion, Verzweigung, Kuppe / Senke, o.ä.) vorliegt. Kann aufgrund der Streckentopologie kein geeigneter Ersatz-Messquerschnitt zugeordnet werden, ist auf ein Ersatzwertverfahren zu verzichten.

5.5 Messdaten

Nach durchgeführter Messwert-Plausibilisierung (Kap. 5.2), Messwert-Aggregation (Kap. 5.3) und Messwert- Vervollständigung (Kap. 5.4) werden aus den Messwerten zyklische Messdaten generiert.

Falls keine Messdaten vorhanden sind (Lücken, unplausible Daten ohne Ersatzwertbildung), dürfen die Daten nicht als Zählwert «0» eingetragen oder weitergegeben werden, sondern müssen eindeutig als «NULL» - im Sinne von «kein Wert» - deklariert werden.

Die generierten, zyklischen Messdaten stellen die Basis für weitere Datenaufbereitungen sowie die Datenanalyse dar.

6 Datenanalyse-Kern

Aufbauend auf den Messdaten werden weitergehende verkehrstechnische Berechnungen und Analysen durchgeführt, mit dem Ziel, stabile und verlässliche Grundlagen und algorithmisch generierte Massnahmenanforderungen für die nachfolgenden automatischen Prozessschritte des Steuerungskerns zu generieren.

Input:

Kap. 5.5 Messdaten (-->Aggregierte, plausibilisierte und vervollständigte Messwerte)

Funktionen:

Kap. 6.1 Datenaufbereitung

Kap. 6.2 Datenanalyse

Kap. 6.3 Massnahmenabgleich

Output:

Nach erfolgtem Massnahmenabgleich (Kap. 6.3) ergeben sich Massnahmenanforderungen, die im Steuerungskern (Kap. 7) als Input für die automatische Regelung verwendet werden.

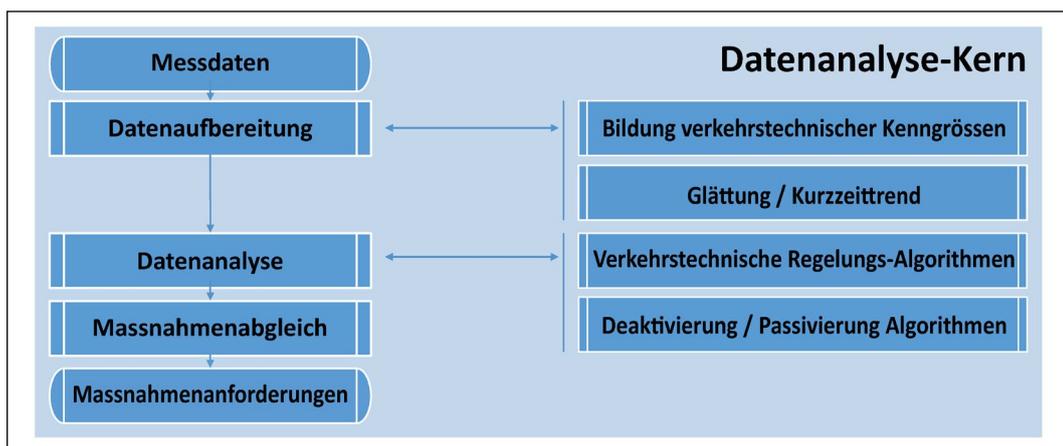


Abb. 6.1 Übersicht Funktionsmodell – Modul Datenanalyse

Bezeichnungskonventionen der Messdaten und Kennwerte erfolgen gemäss Anhang I.

6.1 Datenaufbereitung

Auf Basis der vorverarbeiteten Messdaten (gemäss Kap. 5.5) müssen weitere verkehrstechnische Kenngrössen abgeleitet und fachlich aufbereitet werden. Dabei kann es die nachfolgend definierten Intervalle geben.

Definition Intervalle:

- Taktintervall: Basisintervall, in dem Daten gesammelt und in einer 1. Stufe aggregiert werden (Kap. 5.3 Messwert-Aggregation)
- Beobachtungsintervall (verkehrstechnische Ebene): Anzahl Taktintervalle, die zusammengefasst den Input für einen Algorithmus darstellen (2. Stufe Aggregation)

Die Aufbereitung ist abhängig von den Algorithmen, die in der nachfolgenden Datenanalyse verwendet werden.

6.1.1 Bildung verkehrstechnischer Kenngrössen

Folgende verkehrstechnische Kenngrössen sind aus den Messdaten gemäss Kap. 5 zu bilden (pro Fahrstreifen und pro Messquerschnitt):

- Zuordnung Fahrzeugklasse:

Tab. 6.2 Zuordnung Fahrzeugklasse gemäss „Swiss 10“

Fz-Klasse	Name	Zuordnung Fz- Klasse
0	unbekannt	PW-ähnlich
1	Bus, Car	LW-ähnlich
2	Motorrad	PW-ähnlich
3	Personenwagen	PW-ähnlich
4	Personenwagen mit Anhänger	PW-ähnlich
5	Lieferwagen	PW-ähnlich
6	Lieferwagen mit Anhänger	LW-ähnlich
7	Lieferwagen mit Auflieger	LW-ähnlich
8	Lastwagen	LW-ähnlich
9	Lastenzug	LW-ähnlich
10	Sattelzug	LW-ähnlich

- Verkehrsmenge q_{vehc} (q_{Fz} , q_{LW} , q_{PW}) [Fz/h]
- LW-Anteil a_{LW} ($=q_{LW} / q_{Fz} * 100$) [%]
- PW-äquivalente Verkehrsmenge q_{PCU} [PWE/h] (Bemessungsverstärke, siehe [18])
 $q_{PCU}(x,t) = q_{PW}(x,t) + [k1 + k2 \cdot (v_{PW}(x,t) - v_{LW}(x,t))] \cdot q_{LW}(x,t)$ [PW-E/h]
 mit: $k1$: Parameter der Wichtung der LW, Voreinstellung 2,00
 $k2$: Parameter der Wichtung des Geschw.-Unterschieds, Voreinstellung 0,01
 für $v_{PW}(x,t) - v_{LW}(x,t) \leq 0$ gilt: $q_{PCU}(x,t) = q_{PW}(x,t) + k1 \cdot q_{LW}(x,t)$
- mittlere Geschwindigkeiten v (v_{Fz} , v_{LW} , v_{PW}) [km/h],
 wobei $v_{Fz} = ((v_{PW} * q_{PW}) + (v_{LW} * q_{LW})) / q_{Fz}$
- lokale Verkehrsdichte k ($= q/v$) [Fz/km]
- gemessene Verkehrsdichte k_m [Fz/km] bei dynamischer, fahrzeugseitiger Messung (Fahrzeug-Sensoren) innerhalb eines bestimmten Streckenabschnittes
- Reisezeit t_T [s] bei dynamischer, fahrzeugseitiger Messung (Fahrzeug-Sensoren) innerhalb eines bestimmten Streckenabschnittes
- Belegungsgrad OCC [%]

Die Bildung von weiteren verkehrstechnischen Kenngrössen sowie Aggregationen mit anderen Zeitintervallen muss jederzeit möglich sein.

6.1.2 Glättung

Um kurzfristig auftretende, zufällige Schwankungen zu vermeiden, müssen die Messdaten geglättet werden.

Aufgrund der in der nachfolgenden Datenanalyse (Kap. 6.2) definierten Algorithmen sind folgende Glättungen vorgesehen:

- Bildung eines gleitenden, fahstreifenbezogenen Mittelwerts für Geschwindigkeiten der letzten $N = 5$ (parametrierbar) detektierten Fahrzeuge nach der Formel:

$$\circ v_{mittel,N}(t) = \frac{1}{N} * \sum_N v_{mess}$$

$$\circ v_{mittel,PW,N}(t) = \frac{1}{N_{PW}} * \sum_N v_{mess,PW}$$

- Ermittlung der gleitenden, fahstreifenbezogenen Verkehrsstärke (1 Minute). Für die letzten 60 Sekunden (parametrierbar) wird im Taktintervall eine gleitende Verkehrsstärke ermittelt:

$$\circ q_{mittel} = \sum_{t=0}^{-59} N$$

$$\circ q_{mittel,PCU} = \sum_{t=0}^{-59} N_{PCU}$$

$$\circ q_{mittel,PW} = \sum_{t=0}^{-59} N_{PW}$$

$$\circ q_{mittel,LW} = \sum_{t=0}^{-59} N_{LW}$$

- Ermittlung der fahstreifenbezogenen, gleitenden Dichte:

$$\circ k_{mittel,FS} = \frac{q_{FS}}{v_{FS}}$$

- Bildung eines fahstreifenbezogenen, gleitenden Mittelwerts für den Belegungsgrad über $N=4$ Taktintervalle (60 Sekunden, parametrierbar)

$$\circ OCC_{mittel,N}(t) = \frac{1}{N} * \sum_N OCC_{mess}$$

Sonderfall Übergangsphase:

Falls in einer Übergangsphase noch keine Einzelfahrzeugdaten-Erfassung möglich ist, wird für die Verkehrsstärke und die Geschwindigkeit der gewichtete, gleitende Mittelwert verwendet. Neue Werte erhalten gegenüber den zeitlich älteren Werten eine höhere Gewichtung:

$$W_{neu}(t) = \sum k_i * W(t-i), \text{ wobei } \sum k_i = 1$$

Weitere Methoden zur Glättung eines Kurzzeittrends müssen jederzeit in der Regelungslogik integrierbar sein.

6.2 Datenanalyse

6.2.1 Übersicht verkehrstechnische Datenanalysen

Mit den aufbereiteten Messdaten werden mittels diverser Algorithmen verkehrstechnische Analysen durchgeführt, mit dem Ziel, stabile und verlässliche (semi-)automatische Massnahmenanforderungen zu generieren. Die Datenanalyse erfolgt gemäss folgender Systematik:

Input:

Kap.6.1 Datenaufbereitung (→ vorbereitete Messdaten für die diversen Algorithmen)

Funktionen:

Diverse Algorithmen sind in der Datenanalyse implementiert. Im Anhang II sind diese eingehend beschrieben. Die Verarbeitung erfolgt immer auf eine (virtuelle) Ursacheneinheit bezogen.

Output:

Kap. 6.3 Massnahmenabgleich (→ Ursacheneinheitenbezogene Massnahmenanforderungen, siehe auch Zuordnung zu BZ-Typen im Anhang III)

Jedes VM-System hat strategisch und planerisch zugewiesene (verkehrliche) Funktionen. Diese werden durch die Richtlinie ASTRA 15003 „Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)“ [6] definiert. Innerhalb der Applikation der verkehrstechnischen Regelungslogik wird jede Funktion in einer eigenen virtuellen Ursacheneinheit umgesetzt. Entsprechend der Funktionen werden den (virtuellen) Ursacheneinheiten spezifische Datenanalysen zugeordnet:

Tab. 6.3 Übersicht verkehrstechnische Datenanalysen

Funktion der Ursacheneinheit	Datenanalyse / Algorithmus ²
Geschwindigkeitsharmonisierung und Gefahrenwarnung (GHGW) ³	GHGW mit Nutzung Einzelfahrzeugdaten (Anhang II.1) und ²
	GW Stauerkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ (Anhang II.2) zur Erfassung bei stehenden Kolonnen, z. B. bei LW-Stau vor Zoll oder Unfall
	Sonderfall: Übergangsphase, falls Feldebene noch nicht auf Einzelfahrzeugerkennung umgerüstet ist: GHGW Kriterium Verkehrszustandsstufe in Analogie zu MARZ (Anhang II.3) und ² GW Stauerkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ (Anhang II.2)
Temporäres Lastwagenüberholverbot (LW-ÜV)	LW-Überholverbot in Analogie zum Hessischen Steuerungsmodell (Anhang II.4)
Temporäre Pannestreifenumnutzung (PUN)	Temporäre Pannestreifenumnutzung (PUN) in Analogie zu MARZ (Anhang II.5)
Falschfahrer	Falschfahrer (Anhang II.6)
Rampendosierung (Einfahrt)	Rampendosierung (Einfahrtsrampen) (Anhang II.7)

² Alle Algorithmen der Datenanalyse funktionieren grundsätzlich parallel und voneinander unabhängig. Sie generieren eigenständige Massnahmenanforderungen. Die Erwähnung mehrerer Algorithmen pro BZ-Typ bedeutet nicht, dass die erwähnten Algorithmen logisch UND-verknüpft sind.

³ Die Funktionen GH und GW werden nur kombiniert betrachtet, da die zugehörigen Algorithmen beim Stand der Technik stets beide Funktionen zeitgleich erfüllen.

Die entsprechenden Algorithmen pro Funktion der Ursacheneinheit sind im Anhang II aufgeführt und detailliert beschrieben.

Die Zuordnung der Algorithmen zu den auslösenden Betriebszustands-Typen gemäss Richtlinie ASTRA 15010 „Betriebszustände – Verkehrssteuerung“ [7] sind im Anhang III aufgeführt.

Die Falschfahrerererkennung erfolgt nur, wenn eine bestehende Detektion für GHGW vorhanden ist.

Üblicherweise haben VM-Systeme mehrere Funktionen, z.B. GHGW, LW-ÜV und PUN. Die verkehrstechnische Regelungslogik muss sämtliche Funktionen parallel verarbeiten können. Jede potenziell auslösende Ursache bekommt wiederum eine eigene virtuelle Ursacheneinheit. Der Verkehrsingenieur muss die Zuordnungen im Projekt definieren.

Die Datenanalysen und/oder Algorithmen müssen jederzeit prüf-, anpass-, ersetz-, erweiter- oder deaktivierbar sein.

6.2.2 Deaktivierung / Passivierung Algorithmus

Ein Algorithmus kann gesamthaft oder nur für einzelne Messquerschnitte deaktiviert werden. Dabei erfolgt für die gewählte Ursacheneinheit respektive die gewählten Ursacheneinheiten keine Datenanalyse mehr.

Liegt bei einem Algorithmus eine «Passivierung» vor, erfolgt die Datenanalyse inkl. Generierung entsprechender Logfiles weiterhin. Hingegen werden keine Massnahmenanforderungen generiert, die an den Steuerungskern weitergeleitet werden. Die Passivierung kann für den gesamten Algorithmus oder nur für einzelne Messquerschnitte erfolgen.

Die Deaktivierung und Passivierung sowie die korrespondierende Aktivierung erfolgen als Parameteränderung im laufenden Betrieb durch den Benutzer.

6.2.3 Hysterese

Die Hysterese bezeichnet eine Schaltungsdifferenz zwischen Ein- und Ausschalten von Massnahmen. Dies wirkt schnell und häufig wechselnden Massnahmen im Bereich von Schaltgrenzen entgegen und dient der Stabilisierung von Massnahmen (vgl. nachfolgende Abbildung). Die verkehrstechnischen Algorithmen werden mittels Parameter an die örtlichen Strecken- und Verkehrsverhältnisse angepasst. Dabei kommen Schwellenwerte zum Einsatz.

Der verkehrstechnischen Regelungslogik stehen folgende Arten von Hysteresen zur Verfügung:

- Messwertbasiert
- Schwellwertbasiert
- Frequenzbasiert
- Zeitbasiert

Die messwertbasierte Hysterese basiert auf der Glättung und der anschliessenden Trendextrapolation der Eingangsdaten. Dabei werden üblicherweise Korrekturfaktoren eingesetzt. Die neuen Messwerte werden im Vergleich zu den vorhergehenden Messintervallen unterschiedlich stark gewichtet.

Die schwellenwertbasierte Hysterese verwendet unterschiedlich hohe Ein- und Ausschalt-schwellenwerte. Über die richtige Justierung der Schwellenwerte wird die Wechselhäufigkeit der Betriebszustände beeinflusst. Identische Schwellenwerte führen z.B. zu labilen (ständig wechselnden) Massnahmenanforderungen. Der Verkehrsteilnehmende würde dadurch verunsichert. Demgegenüber besteht die verkehrstechnische Anforderung nach reaktiven Massnahmen.

Bei der frequenzbasierten Hysterese muss stets eine Bedingung für ein bestimmtes Kollektiv erfüllt sein.

Die zeitbasierte Hysterese verwendet eine Zeitdauer, für die ein Betriebszustand mindestens aktiv sein muss, bevor er deaktiviert wird.

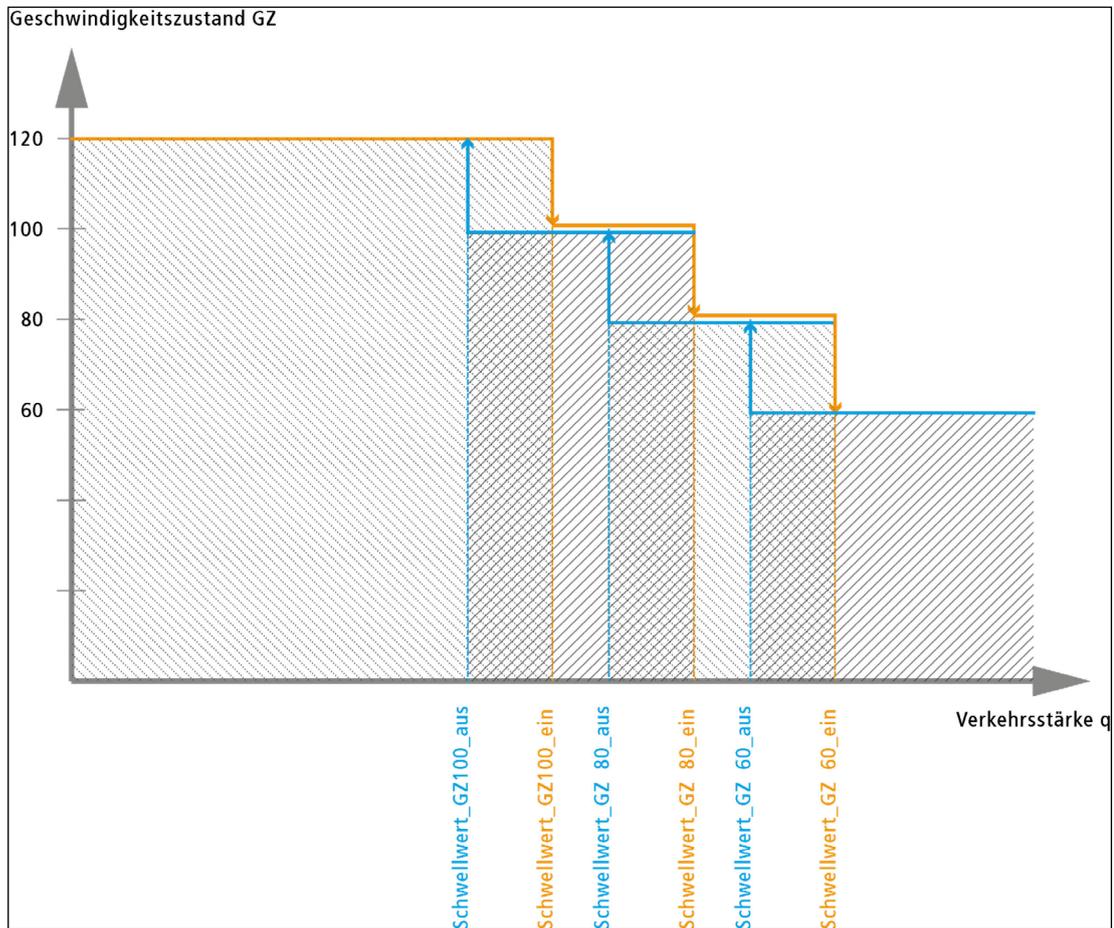


Abb. 6.4 Schwellwertbasierte Hysterese (Beispiel)

Die verschiedenen Arten von Hysteresen lassen sich kombinieren. Im Rahmen der verkehrstechnischen Algorithmen der Richtlinie werden vor allem die schwellenwert- und die zeitbasierte Hysterese verwendet (siehe Anhang II).

Der Verkehrsingenieur legt die Schwellenwerte der Algorithmen entsprechend den Strecken- und Verkehrsverhältnissen anlagespezifisch oder pro Ursacheneinheit fest. Das Mass zwischen Reaktivität und Wechselhäufigkeit der Betriebszustände ist im Einzelfall abzuwägen.

6.3 Massnahmenabgleich

Nach Analyse der Messdaten und verschiedener fachlicher Aufbereitungen liegen aufgrund von diversen (virtuellen) Ursacheneinheiten diverse Massnahmenanforderungen vor.

Bei Überlagerungen und/oder Widersprüchen von Massnahmenanforderungen muss in einem Massnahmenabgleich mit parametrierbaren Regeln festgelegt werden, welche Massnahmenanforderungen sich durchsetzen.

Input:

Massnahmenanforderungen aus Kap. 6.2 Datenanalyse

Funktionen:

Eliminierung von Überlagerungen bzw. Widersprüchen der Massnahmenanforderungen aus Kap. 6.2 Datenanalyse mittels logischer Ausdrücke (u.a. durch die Verwendung von UND/ODER-Verknüpfungen, Durchführung von Vergleichen). Der Verkehrsingenieur hat diese im Vorfeld festzulegen.

Output:

Resultierenden Massnahmenanforderungen, die als Input in den nachfolgenden Steu-
rungskern (Kap. 7) einfliessen, in dem daraus automatische Schaltwünsche generiert wer-
den.

7 Steuerungskern

Aus den vorliegenden Massnahmenanforderungen aus dem Datenanalyse-Kern (Kap. 6) werden automatische Schaltwünsche generiert. Unter Berücksichtigung weiterer Massnahmenanforderungen oder Schaltwünsche (z.B. aus Drittsystemen, durch Tunnelreflexe und/oder manuelle Eingriffe) und unter Anwendung allgemeiner Regeln ergibt sich ein homogener und verkehrsrechtlich korrekter Gesamt(betriebs)zustand.

7.1 Grundsätze für den Steuerungskern

Ein Schaltwunsch hat immer eine Ursache. Daher werden **Messquerschnitte** (Kap. 2.5), **Reflexe** (z.B. Auslösung von Drittsystemen via Tunnel-Reflexmatrix) und **manuelle Eingriffe** (Kap. 7.5) in eigenständigen (virtuellen) **Ursacheneinheiten** abgebildet.

Auf Basis der Ursacheneinheiten werden Massnahmenanforderungen ausgelöst (Kap. 7.5), die für die **Hauptzone** als Schaltwünsche an Verkehrssektoren angelegt werden. Danach erfolgt die Generierung des Betriebszustands (Kap. 7.6), die die Hauptzone automatisch mit **Vor- und Nachzonen ergänzt**. Das Resultat sind fahstreifenbezogene **Schaltwünsche**, die den einzelnen Verkehrssektoren zugeordnet sind.

Pro Verkehrssektor bzw. Signalquerschnitt können gleichzeitig mehrere Schaltwünsche vorhanden sein. Mit Hilfe der **Priorisierung** (Kap. 7.7) werden eindeutige Schaltwünsche ermittelt. Der automatische **Querabgleich** (Kap. 7.8) prüft die Konsistenz der Signalbilder im (Signal-)Querschnitt. Dies erfolgt pro Signaltyp. Insbesondere bei Fahstreifenlichtsignalen dürfen keine verkehrsgefährdenden Situationen dargestellt werden. Diese müssen korrigiert werden. Bei Ein- und Ausfahrten sowie Verzweigungen erfolgt diese Prüfung bei Bedarf signalquerschnittsübergreifend.

Der automatische Längsabgleich (Kap. 7.9) prüft die verkehrsrechtlich korrekte Darstellung über den Streckenverlauf, und es werden allfällige Korrekturen durchgeführt. Diese werden als separate Schaltwünsche umgesetzt und haben eine eigene Ursache. Der Längsabgleich erfolgt fahstreifenbezogen.

Bei Ausfällen von Signalen werden mit dem automatischen **Störungsabgleich** (Kap.7.10) regelbasiert Ersatz-Schaltwünsche vorgenommen (z.B. Verschiebung Hauptzone auf andere Signalquerschnitte stromaufwärts).

Das Vorgehen beim Quer-, Längs- und Störungsabgleich erfolgt **iterativ** (Kap. 7.11) bis ein stabiler, verkehrstechnisch und -rechtlich korrekter **Gesamtbetriebszustand (SOLL)** erreicht ist (oder eine maximale parametrierbare Anzahl Iterationen durchlaufen ist).

Der **Übergang IST zu SOLL** (Kap. 7.12) kann bei Bedarf mittels eines harmonischen Übergangs vom aktuell gestellten Gesamtbetriebszustand (IST) zum neu berechneten Gesamtbetriebszustand (SOLL) durch Zwischenbilder und/oder einer zeitlichen Staffelung erfolgen.

Die berechneten Ergebnisse werden mittels **Schaltbefehle an die Feldebene** (also die Aktoren) gesendet (Kap. 7.13). Die Adressierung erfolgt **Einzelaggregat-scharf**.

Mit der vollständigen Anzeige der Signalbilder auf den Aktoren liegt der **Gesamtbetriebszustand (IST)** vor. Dazu ist von den Aktoren eine Bestätigung der vollständigen Umsetzung des Schaltbefehls an den Verkehrsrechner zu senden. Diese Quittierungsmeldungen der Aktoren werden gespeichert und archiviert. Eine Abweichung des Gesamtbetriebszustandes (IST) vom Gesamtbetriebszustand (SOLL) wird durch den **Signalbildabgleich IST/SOLL** (Kap. 7.14) kontinuierlich geprüft. Abweichungen werden dem Benutzer gemeldet.

In einer „**Verriegelungsmatrix Signalquerschnitt**“ (Kap. 8.1) können Kombinationen von Signalbildern hinterlegt werden, die in keinem Fall, auch nicht durch Reflexe (z.B. Auslösung von Drittsystemen via Tunnel-Reflexmatrix) oder Handprogrammen, geschaltet werden dürfen.

Die gesamte Abwicklung der Regelungslogik des Steuerungskerns erfolgt **regelbasiert**. Dabei werden die Regeln wie folgt unterschieden:

- Global:
Globale Regeln gelten ortsunabhängig. Mit den globalen Regeln werden die Grundsätze abgedeckt.
- Lokal:
Mit **lokalen Regeln** werden ortsspezifische Spezialfälle abgedeckt (z.B. im Anschlussbereich, im Bereich von Randbereichen der VM-Systeme). Sie sollen nur gelegentlich angewendet werden und nur die sich gegenüber den globalen Regeln abweichenden Inhalte darstellen.

Lokale Regeln setzen sich gegenüber globalen Regeln durch.

7.2 Basisdaten für Steuerungskern

Aufbauend auf den Stammdaten (Kap. 2.7) werden für die Abwicklung des Steuerungskerns diverse Basisinformationen benötigt, die in Form von Parameter-Tabellen aufbereitet werden.

Signalquerschnitte bzw. Verkehrssektoren:

Es werden alle Signalquerschnitte sowie die dazugehörigen Verkehrssektoren aufgeführt, die für die nachfolgenden Regelschritte des Steuerungskerns verwendet werden. Damit die Kontinuität über die Systemgrenzen hinweg gewährleistet werden kann, werden auch virtuelle Signalquerschnitte von Nachbarsystemen aufgeführt (Kap. 9).

Typen von Signalquerschnitten:

Die technischen Funktionalitäten (alle Signalbilder der Geschwindigkeitssignale, Gefahrensignale, Fahrstreifenlichtsignal) sowie die verkehrstechnischen Einschränkungen sind objektbezogen abzubilden. Die Signalquerschnitte werden typisiert als vererbare Objekte definiert.

Vorgänger / Nachfolger der Signalquerschnitte bzw. Verkehrssektoren:

Jeder Verkehrssektor bzw. Signalquerschnitt hat üblicherweise einen definierten Vorgänger und Nachfolger:

- Die Zuordnung zu den Verkehrssektoren erfolgt fahrstreifenbezogen
- Vorgänger sind immer gegen die Fahrtrichtung (stromaufwärts), Nachfolger entsprechend stromabwärts situiert
- Ausnahmen bestehen im Rahmen von Systemgrenzen

- Bei Fahrstreifenadditionen und -subtraktionen sowie Ein- und Ausfahrten können einem Verkehrssektor bzw. Signalquerschnitt auch mehr als ein Vor- respektive Nachfolger zugeordnet werden.

Zuordnung Ursacheneinheiten zu Verkehrssektoren:

Eine Ursacheneinheit löst generell die Schaltwünsche aus. Sie ist mindestens einem Verkehrssektor bzw. Signalquerschnitt zugeordnet. Ursacheneinheiten sind virtuell und können aus verschiedenen Quellen Daten oder auch (fertige) Schaltwünsche beziehen.

Steuerungsart-Priorität

Es können eine Vielzahl von Massnahmenanforderungen am gleichen Signalquerschnitt anliegen (Messquerschnitte, Reflexe, Sonderprogramme, Handschaltungen, andere virtuelle Ursacheneinheiten, usw.). Mit der Steuerungsart-Priorität wird geregelt, welche Anforderung in welcher Reihenfolge berücksichtigt wird bzw. welche Anforderung nicht parallel überlagert werden darf (Kap. 7.7.1).

Steuerungsart-Prioritäten werden mit Werten in 10'000er-Schritten (z.B. Handprogramm: 40'000, Normalbetrieb: 10'000) vergeben und anschliessend zur nachfolgenden Signalbildpriorität addiert. Damit kann sich die Steuerungsart in jedem Fall gegenüber der nachfolgenden Signalbildpriorität durchsetzen. Bei gleicher Steuerungsart-Priorität ist die Signalbildpriorität ausschlaggebend.

Signalbildpriorität

Falls trotz Steuerungsart-Priorität und Prüfung auf Verdrängung für ein Signal mehr als ein Schaltwunsch existiert, wird mit der Signalbildpriorität das Signalbild definiert, das sich durchsetzt (Kap. 7.7.3).

Jedem Signalbild wird eine einheitliche Signalpriorität zugewiesen. Einer Priorität darf nur ein einziges Signalbild zugeordnet sein. Im Rahmen mehrfacher Massnahmenanforderungen ist es zulässig, demselben Signalbild eine weitere Priorität zuzuweisen. Hier ist exemplarisch das «hochprioritäre AUS/DUNKEL» zu erwähnen.

Bei dynamischen Wegweisungen (DWW) können pro Signaltafel mehrere Ansteuerungs-Module vorhanden sein. Dabei wird für jedes Modul separat die Signalbildpriorität vergeben (keine Gruppenpriorität für die gesamte Signaltafel).

Die Wechseltextanzeigen (WTA) bestehen aus einem Signalfeld und 3 Textzeilen. Bei der Signalbildpriorität wird die WTA als Gruppe betrachtet und entsprechend priorisiert.

Die Signalbildpriorität muss parametrierbar sein. Im Anhang IV „Signalbildprioritäten“ befindet sich eine Globalversorgung der Signalbildprioritäten.

Basis Demodulierung auf Signalbild

Pro Signal müssen für jedes Signalbild Schaltbefehle (einheitliche Stellcodes) definiert werden, die an die Feldebene gesendet werden (siehe auch Kap. 7.13 Schaltbefehle an die Feldebene).

Grundprogramm

Das Grundprogramm stellt den verkehrsrechtlich unbedenklichen (Fail-Safe-)Zustand dar. Es wird pro Signalquerschnitt und Signaltyp als ständig aktivierter Schaltwunsch hinterlegt. Dies umfasst meist ein ausgeschaltetes Signal, kann aber u.a. auch eine Grundgeschwindigkeit darstellen.

7.3 Verfahrensschritte Steuerungskern

Die notwendigen Verfahrensschritte für die Berechnung eines homogenen und verkehrrechtlich korrekten Gesamt(betriebs)zustandes werden im Weiteren aufgezeigt.

Input:

Kap. 7.4 Massnahmenanforderungen

Aufbau / Funktionen:

Kap. 7.5 Auslösung

Kap. 7.6 Generierung des Betriebszustandes (dynamisch)

Kap. 7.7 Priorisierung

Kap. 7.8 Querabgleich

Kap. 7.9 Längsabgleich

Kap. 7.10 Störungsabgleich

Kap. 7.11 Iteration Abgleiche (Quer- / Längs- / Störungsabgleich)

Kap. 7.12 Übergang IST zu SOLL

Output:

Kap. 7.13 Schaltbefehle an die Feldebene

Kap. 7.14 Signalbildabgleich IST/SOLL

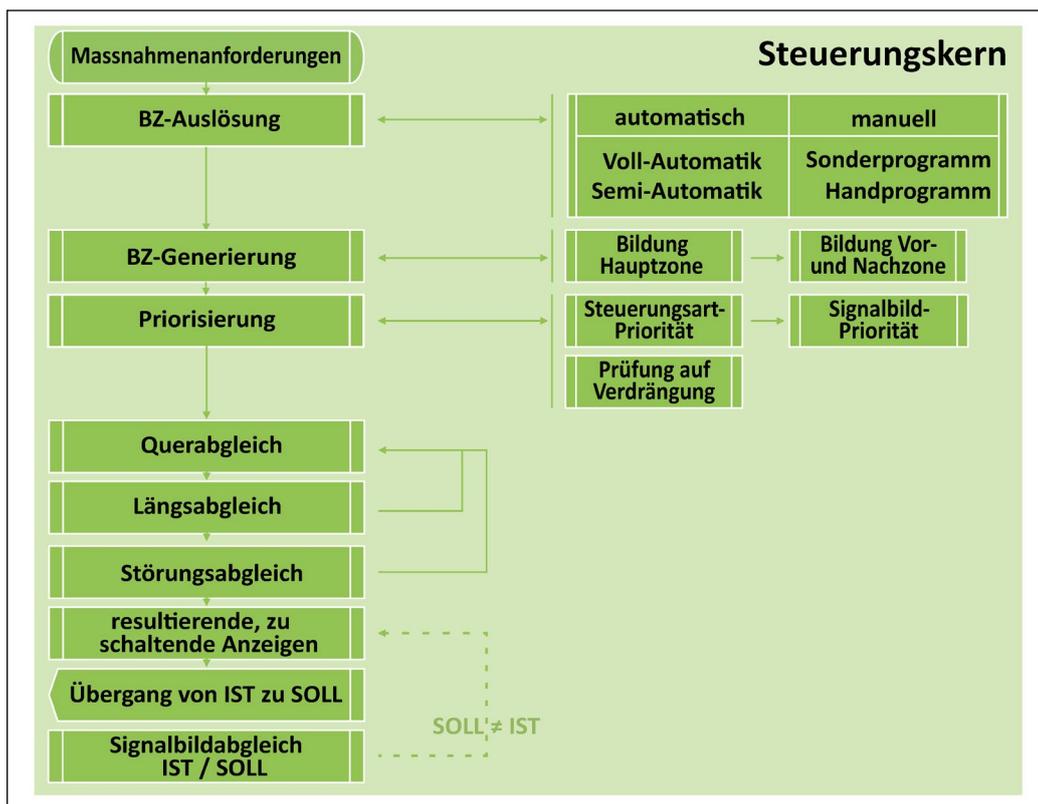


Abb. 7.1 Übersicht Steuerungskern

7.4 Massnahmenanforderungen

Es gibt folgende Arten von Massnahmenanforderungen:

- Algorithmisch (aus Datenanalyse-Kern, Kap. 6.2)
- Manuell (Sonderprogramm, Handschaltung)
- Drittsysteme (z.B. Auslösung via Tunnel-Reflexmatrix)

7.5 Auslösung des Betriebszustandes

7.5.1 Übersicht Betriebs- und Steuerungsarten

Die folgende Tabelle zeigt die Zusammenhänge der Betriebs- und Steuerungsarten der verkehrstechnischen Regelungslogik im Verkehrsrechner (VR) zur Feldebene (Lokalsteuerung) auf:

Tab. 7.2 Betriebs- und Steuerungsarten

Betriebsarten gemäss Richtlinie ASTRA 13031 „Systemarchitektur Leit- und Steuerungssysteme der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen“ [12]	VR-Betriebsart	VR-Steuerungsart
Lokal	Lokal-Betrieb (Vor-Ort-Einzelsignalschaltung)	Lokal
Fern	Normalbetrieb	Automatisch: - Vollautomatisch - Semiautomatisch mit: - Aktivierung - Abbruch
		Manuell: - Sonderprogramm - Handprogramm
	Simulationsmodus	Simulationsmodus
	Autark-Betrieb	Autark

Die Zuweisung der VR-Steuerungsarten zu den Betriebszustand-Typen gemäss Richtlinie ASTRA 15010 „Betriebszustände – Verkehrssteuerung“ [7] ist im Anhang III ersichtlich.

7.5.2 Lokal-Betrieb

Für Unterhaltungszwecke können ab Feldebene (Lokalsteuerung) Einzelsignale gestellt werden. Für diesen Anwendungszweck kommt die Betriebsart «LOKAL» zur Anwendung. Das heisst, dass keine übergeordnete Beeinflussung der entsprechenden Signale mehr stattfinden kann. Die übergeordnete Regelungslogik erhält lediglich Rückmeldungen der vor Ort gestellten Aktoren. Aus Sicht Verkehrsrechner hat der Lokal-Betrieb deshalb die höchste Priorität.

Beim Lokal-Betrieb erfolgt für die Aktoren, die an einer betroffenen Lokalsteuerung angeschlossen sind, keinerlei Unterstützung durch den Steuerungskern sowie durch die Signalquerschnittsverriegelung vor Ort. Es liegt in der vollständigen Verantwortung des Benutzers vor Ort, dass keine (verkehrs)sicherheitsgefährdenden Schaltungen ausgeführt werden.

Der Lokal-Betrieb gilt analog auch für die Sensoren und die Lokalsteuerung.

7.5.3 Normalbetrieb

Beim normalen Betrieb ab Verkehrsrechner hat die gesamte Kommunikation die Betriebsart «FERN».

Dabei werden folgende VR-Steuerungsarten gemäss der Richtlinie unterschieden:

Automatisch:

Auf Basis der erfassten Verkehrs- und Umfelddaten werden durch einen Algorithmus regelbasiert Massnahmenanforderungen ermittelt, Schaltwünsche generiert und automatisch via Steuerungskern auf der Feld-Ebene geschaltet.

Die Schaltwünsche der automatischen Massnahmenanforderungen können abhängig von den Signalbildprioritäten durch andere Schaltwünsche übersteuert werden.

Automatische Massnahmenanforderungen können auch von **Reflexen** (z.B. Auslösung von Drittsystemen via Reflexmatrix) ausgelöst werden. Sie durchlaufen vollumfänglich die Regelungslogik des Steuerungskerns.

Bei den automatischen Massnahmenanforderungen werden folgende VR-Steuerungsarten unterschieden:

- Vollautomatisch:
Bei der vollautomatischen Massnahmenanforderungen werden die Schaltwünsche ohne Rückfrage beim Benutzer umgesetzt und aktiviert
- Semiautomatisch:
Bei der semiautomatischen Massnahmenanforderungen erfolgt zuerst eine Rückfrage an den Benutzer. Dabei werden folgende Arten unterschieden:
 - Mit Aktivierung:
Der Benutzer kann innerhalb eines Zeitfensters / einer Wartefrist eine Massnahmenanforderung / einen Schaltwunsch aktivieren, sonst erfolgt keine Aktivierung der Schaltung
 - Mit Abbruch:
Der Benutzer kann innerhalb eines Zeitfensters / einer Wartefrist eine Massnahmenanforderung / einen Schaltwunsch abbrechen, sonst erfolgt eine automatische Aktivierung

Sämtliche automatischen Massnahmenanforderungen respektive die zugeordneten Regelbetriebszustände müssen systemweit, anlagenweit, pro Instanz des Steuerungskerns oder pro (virtueller) Ursacheneinheit (= Ursachenbezogen) aktivierbar / deaktivierbar sein (Kap. 6.2.2).

Manuell (Bedienung durch einen Benutzer):

Es werden folgende zwei VR-Steuerungsarten unterschieden:

- Sonderprogramm:
 - Mit Unterstützung der Regelungslogik
- Handprogramm:
 - Mit / ohne Unterstützung der Regelungslogik;
 - Ohne Berücksichtigung der übrigen anstehenden Schaltwünsche

Der Benutzer kann die eingegebenen Daten zu jedem Sonder- oder Handprogramm unter einem selbst gewählten Namen abspeichern inkl. weitere Metadaten (erläuternde Angaben usw.). Gespeicherte Sonder- oder Handprogramme können geschaltet, gruppiert, (räumlich/zeitlich) selektiert, sortiert, aufgerufen, geplant und ad-hoc modifiziert sowie wieder abgespeichert werden (bei Bedarf unter einem neuen Namen).

Sonderprogramm:

Für Sonderfälle, die nicht durch die automatischen Schaltwünsche abgedeckt werden können, sind Sonderprogramme vorgesehen. Diese sind Schaltwünsche, die der Benutzer mit Unterstützung der Regelungslogik des Steuerungskerns aufbaut und aktiviert.

Diese können abhängig von den Prioritäten durch andere Schaltwünsche übersteuert werden, wobei in der Regel automatische Schaltwünsche und Sonderprogramme die gleiche Steuerungsart-Priorität haben und mit Quer- und Längsabgleichregeln zu einem gemeinsamen Gesamtbetriebszustand (SOLL) zusammengefasst werden. Ein Sonderprogramm bleibt als Schaltwunsch solange aktiv, bis der Benutzer das Sonderprogramm zurücknimmt oder ein von ihm vorgegebener Zeitraum verstrichen ist.

Der Benutzer muss beim Sonderprogramm folgende Angaben definieren:

- Signaltyp (Geschwindigkeit, Gefahren, Fahrstreifensperrung usw.)
- Ort: Von Streckenkilometer zu Streckenkilometer bzw. von Verkehrssektor bis Verkehrssektor (Hauptzone) oder die Angabe von Signalquerschnitten
- Zeitpunkt: Sofort oder individueller Gültigkeitszeitraum

- Wahl, ob im Falle eines Gültigkeitszeitraums für das Ein- und Ausschalten der Benutzer angefragt werden muss (Semi-Automatik)
- Bei Bedarf: Kommentar zum Sonderprogramm erstellen

Aufgrund dieser Angaben vervollständigt die BZ-Generierung des Steuerungskerns den Schaltwunsch mit Vor- und Nachzone.

Dieser ermittelte Betriebszustand wird dem Benutzer in Form einer Vorschau zur Prüfung und ggf. weiteren Bearbeitung angezeigt. Der Benutzer kann dabei folgende Vorschauarten wählen:

- Einzel: Resultierender SOLL-Zustand des neuen Betriebszustandes
- Überlagerung: Resultierender SOLL-Zustand des neuen Betriebszustandes mit Überlagerung der übrigen anstehenden / gestellten Betriebszustände

Nach erfolgter Prüfung über die Vorschau kann der Benutzer den Betriebszustand schalten.

Handprogramm:

Der Benutzer kann in einem Handprogramm die Schaltwünsche sowohl für ein einzelnes Signal als auch für mehrere Signale speichern. Im Eingabedialog kann er auswählen, ob dies mit oder ohne Unterstützung durch die Regelungslogik des Steuerungskerns erfolgen soll. Die Schaltwünsche liegen mit Aktivierung des Handprogramms alle zeitgleich an.

Die Schaltwünsche des Handprogramms sind durch Ihre hohe Steuerungsart-Priorität (7.7.1) immer höher als die automatischen Schaltwünsche (Voll- und Semiautomatik) sowie die Sonderprogramme priorisiert.

Im Gegensatz zu Sonderprogrammen dürfen Handprogramme auf Verantwortung des Benutzers gegen Konsistenzregeln, Prioritätenfestlegungen und sonstige Zusatzbedingungen verstossen, jedoch nicht gegen die gemäss „Verriegelungsmatrix Signalquerschnitt“ (Kap. 8.1) unterbundenen Kombinationen von Signalbildern.

Die vorgenommenen Schaltungen werden entsprechend gekennzeichnet. Das Handprogramm darf nur durch verkehrsrechtlich und anlagetechnisch eingewiesene bzw. weisungsbefugte Personen erfolgen, da damit die (Schutz-)Regeln der verkehrstechnischen Regelungslogik nicht zur Anwendung kommen.

7.5.4 Simulationsbetrieb

Parallel zum Normalbetrieb kann in einen Simulationsbetrieb gewechselt werden. Der Simulationsbetrieb dient zur Schulung und zum Austesten von Massnahmenanforderungen / Schaltwünschen und (Gesamt-)Betriebszuständen am Produktivsystem. Der Simulationsbetrieb funktioniert gleich wie der Normalbetrieb mit dem Unterschied, dass resultierende Schaltbefehle nicht zur Schaltung von Aktoren führen, sondern innerhalb des Simulationsbetriebes als «gestellt» zurückgemeldet werden. Massnahmenanforderungen / Schaltwünsche, die im Simulationsmodus generiert wurden, sollen bei Bedarf durch den Benutzer gespeichert und für den Normalbetrieb zur Verfügung gestellt werden können.

7.5.5 Autark-Betrieb

Siehe Kap. 8.2

7.6.2 Bildung Vor- und Nachzone

Aufgrund der gebildeten Hauptzonen werden die Vorzone und Nachzone automatisch und regelbasiert festgelegt:

Vorzone (= Trichter) – $SQ_{i-1..n}$

Die Vorzone erstreckt sich immer stromaufwärts. Sie dient dazu, den Beginn einer Massnahme gegenüber dem Verkehrsteilnehmenden zu kommunizieren und ihn aus den Aspekten des Verkehrsflusses und der –sicherheit an die Hauptzone heranzuführen:

- Geschwindigkeitstrichter:
Die Differenz der Werte der Geschwindigkeitssignalisation wird in Schritten von 20 km/h (parametrierbar) in Fahrtrichtung reduziert.
- Gefahrensignale:
Zur Vorwarnung werden Gefahrensignale in der Vorzone ergänzt. Die genauen Regeln sind abhängig von der Massnahmenanforderung bzw. dem Schaltwunsch.
- Fahrstreifenlichtsignale:
Bei einer Fahrstreifensperrung mittels roter, gekreuzter Schrägbalken (rotes Kreuz, SSV Art. 69 Abs. 3 Buchstabe c) wird stromaufwärts mindestens ein «gelb blinkender, schräg nach unten gerichteter Pfeil» vorgesehen.

Die Vorzone umfasst mindestens einen Verkehrssektor, kann bei Bedarf (parametrierbar) aber auch mehrere Verkehrssektoren umfassen.

Nachzone (= Aufhebung) – $SQ_{i+1..n}$

Die Nachzone dient dazu, das Ende einer Massnahme gegenüber dem Verkehrsteilnehmenden zu kommunizieren:

- Aufhebung Geschwindigkeitsreduktion / Überholverbot
- Aufhebung Fahrstreifensperren («grüner senkrechter Pfeil»)

Die Nachzone umfasst üblicherweise nur einen Verkehrssektor.

Die zugeordnete Ursacheneinheit ist als Attribut bei den gebildeten Vor- und Nachzonen analog zur Hauptzone im Hintergrund verfügbar und gespeichert. Sie steht somit für das GUI und auch für eine spätere Rückverfolgbarkeit zur Verfügung.

7.7 Priorisierung

7.7.1 Steuerungsart-Priorität

Es können viele unterschiedliche Massnahmenanforderungen zeitgleich an einem Signalquerschnitt anliegen. Mit der Steuerungsart-Priorität wird geregelt, welche Massnahmenanforderungen in welcher Reihenfolge berücksichtigt werden bzw. welche Anforderungen nicht parallel überlagert werden dürfen (Kap. 7.2 Basisdaten für Steuerungskern).

Dabei gilt das Überlagerungsprinzip:

Das Kollektiv der Massnahmenanforderungen kann sich jederzeit ändern. Zu jedem zyklischen und ereignisbasierten Berechnungsschritt werden die Massnahmenanforderungen nach ihrer Steuerungsart-Priorität und unabhängig von vorherigen Ergebnissen neu analysiert. Die Massnahmenanforderung mit der höchsten Steuerungsart-Priorität setzt sich gegenüber den restlichen durch.

7.7.2 Verdrängung

Falls für ein Signal Schaltwünsche von mehreren Signaltypen anstehen, kann bei Bedarf einer der anliegenden Schaltwünsche um einen Signalquerschnitt verschoben werden. Exemplarisch ist das dynamische Lastwagen-Überholverbot (Anhang II.4) in Kombination mit der Geschwindigkeitsharmonisierung (Anhänge II.1 und II.3) zu nennen.

Es gilt ebenfalls das Überlagerungsprinzip: Die Verdrängung ist abhängig von den verursachenden Schaltwünschen. Bei jedem zyklischen oder ereignisbasierten Rechenschritt werden der verursachende Schaltwunsch und damit die Grundlage für die Verdrängung neu ermittelt.

Eine Verdrängung ist nur einmal um einen Signalquerschnitt möglich und wird in der Regel stromaufwärts umgesetzt. Die Verdrängung erfolgt regelbasiert.

7.7.3 Signalbildpriorität

Das Kollektiv von Schaltwünschen wird nach Prüfung der Steuerungsart-Priorität und Verdrängung mittels Signalbildprioritäten auf die wesentlichen Schaltwünsche (pro Signal ein Schaltwunsch) reduziert. Die Signalbildpriorität definiert, welches Signalbild sich durchsetzt (Kap. 7.2 Basisdaten für Steuerungskern).

Analog zur Steuerungsart-Priorität gilt auch hier das Überlagerungsprinzip.

7.8 Querabgleich

Beim Querabgleich wird anhand von Regeln dafür gesorgt, dass pro Signalquerschnitt ein homogener und für den Verkehrsteilnehmenden schlüssiger und verkehrsrechtlich korrekter Betriebszustand erzielt wird. Es dürfen keine sich widersprechenden, unzulässigen oder verkehrsfährdenden Kombinationen von Signalbildern schaltbar sein.

Anhand von parametrierbaren Regeln sind folgende Reaktionen möglich:

- Korrekturen, Substitutionen, Ergänzungen von Signalbildern
- Verriegelung von Kombinationen von Signalbildern (Kap. 8.1) sowie Sistierung des Schaltwunsches inkl. Rückmeldung an den Benutzer

Es sind folgende Abgleiche durchzuführen:

- Querabgleich pro Signaltyp
- Querabgleich Signaltyp-übergreifend
- Querabgleich SQ-übergreifend (Sonderfall bei Ein-, Ausfahrten und Verzweigungen)

7.8.1 Querabgleich pro Signaltyp

In einem ersten Schritt erfolgt ein Querabgleich für jeden Signaltyp pro Signalquerschnitt.

Beispiel **FLS-Vervollständigung**:

Schaltwunsch			
Querabgleich-Regel «Vervollständigung»			

Abb. 7.5 Querabgleich: Vervollständigung FLS

Beispiel **Vervollständigung Geschwindigkeit**:

Schaltwunsch		
Querabgleich-Regel «Vervollständigung»		

Abb. 7.6 Querabgleich: Vervollständigung Geschwindigkeit

Beispiel **Verriegelung**:

Schaltwunsch 1 (aktiviert)	 
Schaltwunsch 2	 
Querabgleich-Regel «Verriegelung»	  → Verriegelung, Sistierung Schaltwunsch 2 inkl. Rückmeldung an Bediener

Abb. 7.7 Querabgleich: Verriegelung

7.8.2 Querabgleich Signaltyp-übergreifend

In einem weiteren Schritt müssen die einzelnen Signaltypen pro Signalquerschnitt aufeinander abgestimmt werden.

Beispiel **Signaltyp-übergreifend FLS und WWW**:

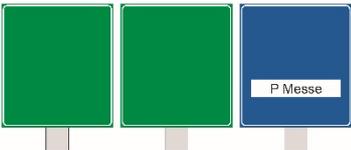
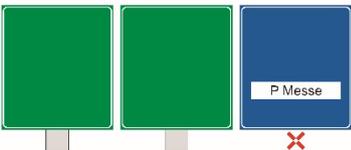
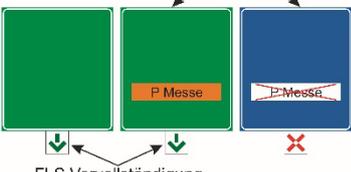
Grundzustand	
Schaltwunsch	
Querabgleich-Regel «Anpassung Signaltyp- übergreifend»	<p style="text-align: center;">Anpassung Signaltyp-übergreifend</p>  <p style="text-align: center;">FLS Vervollständigung</p>

Abb. 7.8 Querabgleich: Signaltyp-übergreifend

7.8.3 Querabgleich SQ-übergreifend / Kopplung

Bei Verzweigungen sowie Ein- und Ausfahrten können mehrere Signalquerschnitte vorhanden sein, die untereinander in einer logischen Abhängigkeit stehen. In diesen Fällen kann auch ein Querabgleich SQ-übergreifend erforderlich sein.

Unter Kopplung wird die «fixe» logische Duplizierung der Signalbilder eines Signales auf ein weiteres Signal verstanden. Somit werden auf beiden Signalen immer gleichlautende Signalbilder dargestellt.

Beispiel **Geschwindigkeitsharmonisierung SQ-übergreifend / Kopplung**:

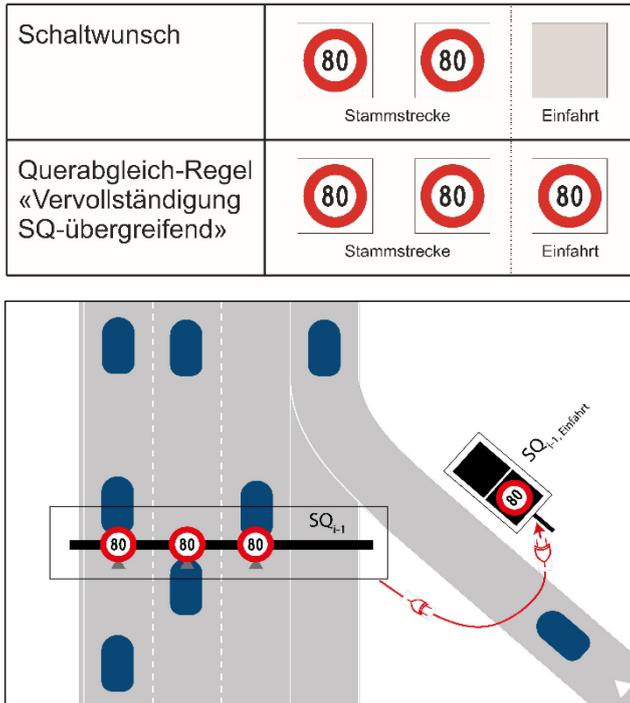


Abb. 7.9 Querabgleich: Geschwindigkeitsharmonisierung SQ-übergreifend / Kopplung

Beispiel **Querabgleich vor Zusammenschluss Verzweigung**:

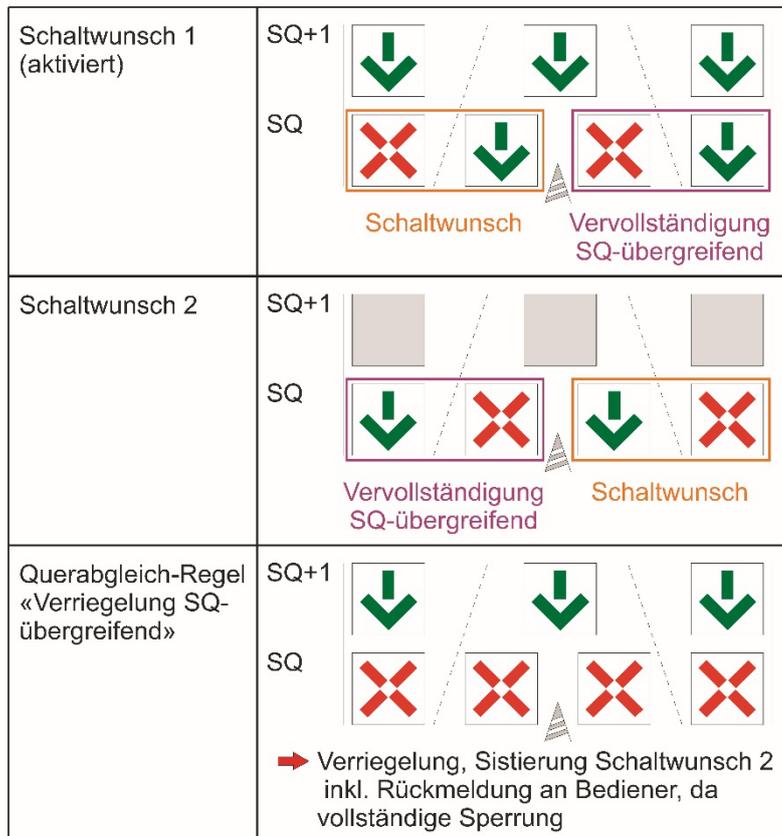


Abb. 7.10 Querabgleich vor Zusammenschluss Verzweigung

7.9 Längsabgleich

Beim Längsabgleich werden die Anzeigen aufeinanderfolgender Signalquerschnitte aufeinander abgestimmt, sodass eine kontinuierliche und schlüssige Signalisierungsfolge entsteht. Dabei sind sich widersprechende Signale und verkehrsrechtlich unzulässige Konstellationen von Signalbildern zu vermeiden.

Der Längsabgleich erfolgt entsprechend den durch die Vorgänger- / Nachfolgerbeziehungen miteinander verknüpften Signalquerschnitten. Die Zuordnung erfolgt fahrstreifenbezogen.

7.9.1 Regeln

Der Längsabgleich umfasst u. a. folgende parametrierbare Regeln, die nachfolgend erläutert werden:

- Geschwindigkeitstrichter (Prüf-Regel)
- Fahrstreifensperre FLS (Prüf-Regel)
- Ausreisser
- Lückenfüllung

Sollte eine Prüf-Regel verletzt sein, wird eine entsprechende Anpassung des Schaltwunsches durchgeführt oder es erfolgt eine Negierung des Schaltwunsches inkl. Rückmeldung an den Benutzer.

Geschwindigkeitstrichter (Prüf-Regel)

Die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen zwei Verkehrssektoren resp. Signalquerschnitten ist entsprechend der spezifischen Parameter auszubilden. Die zulässige Differenz der Werte der Geschwindigkeitssignalisation ist üblicherweise 20 km/h und stromaufwärts gerichtet.

Fahrstreifensperre FLS (Prüf-Regel)

- Stromaufwärts einer Fahrstreifensperre mittels FLS («rotes Kreuz») werden «gelbe Pfeile» angezeigt.
- Eine Freigabe eines gesperrten Fahrstreifens wird stromabwärts mittels «grüner Pfeile» dargestellt.

Ausreisser-Regel

Der Verkehrsfluss soll homogen und gleichförmig sein. Daher sollen stark schwankende Vorgaben der Geschwindigkeitssignalisation vermieden werden. Ist der Wert der Geschwindigkeitssignalisation beim Verkehrssektor «i» höher als bei den benachbarten Verkehrssektoren «i-1» und «i+1», ist die Geschwindigkeitssignalisation über alle drei Verkehrssektoren zu harmonisieren. Eine Abweichung durch einen niedrigeren Wert der Geschwindigkeitssignalisation beim Verkehrssektor «i» gilt nicht als Ausreisser.

Bei den Fahrstreifenlichtsignalen kann ein «grüner Pfeil» oder ein «gelber Pfeil» durch ein «rotes Kreuz» ersetzt werden, wenn davor und dahinter der Fahrstreifen gesperrt ist.

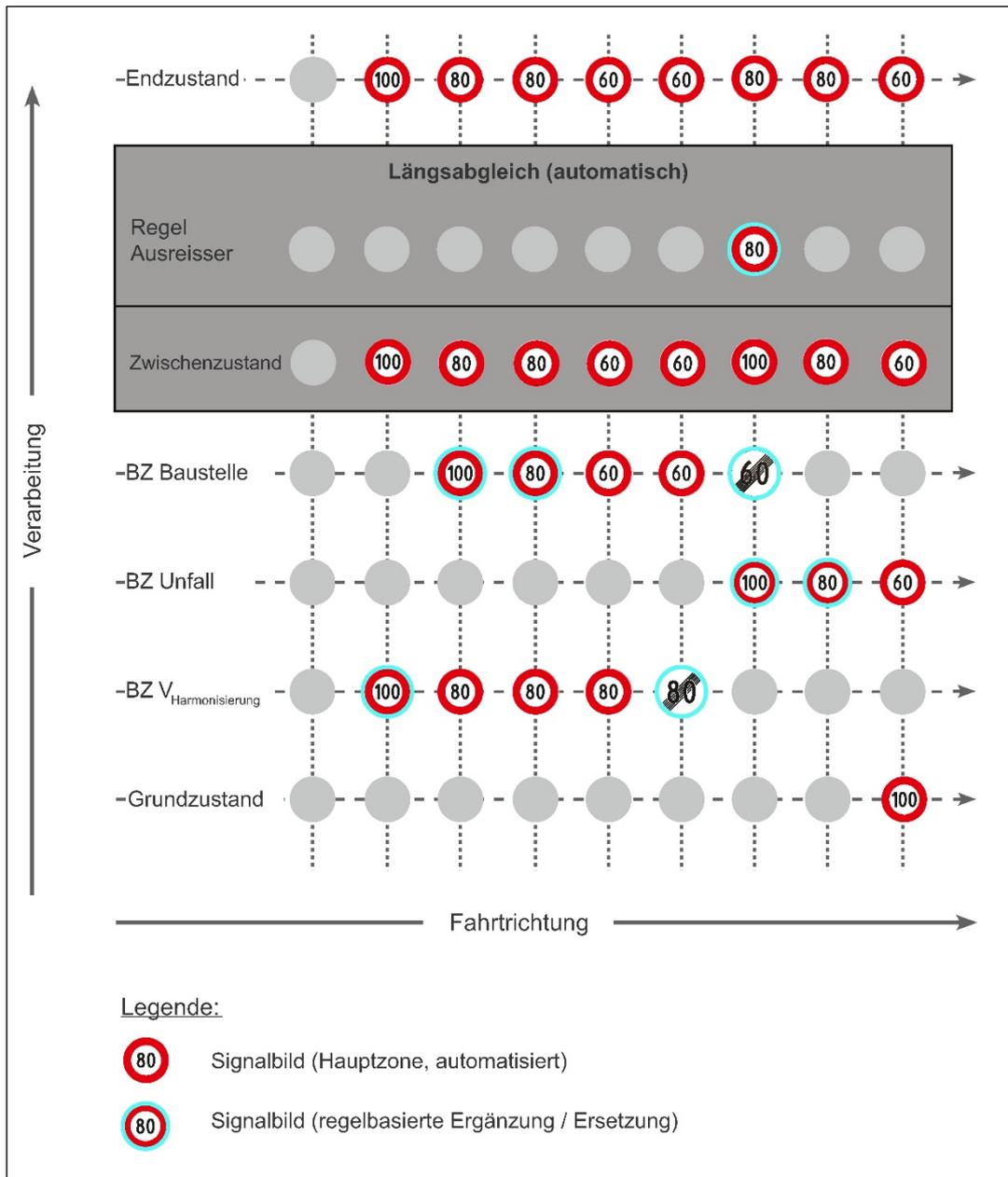


Abb. 7.11 Ausreisser-Regel

Lückenfüllung:

Der Verkehrsfluss soll homogen und gleichförmig sein. Lücken sollen vermieden werden. Über eine Lücke von «n» Verkehrssektoren ist maximal eine Geschwindigkeitsdifferenz von «z» zuzulassen. Die Lückenfüllung ist parametrierbar.

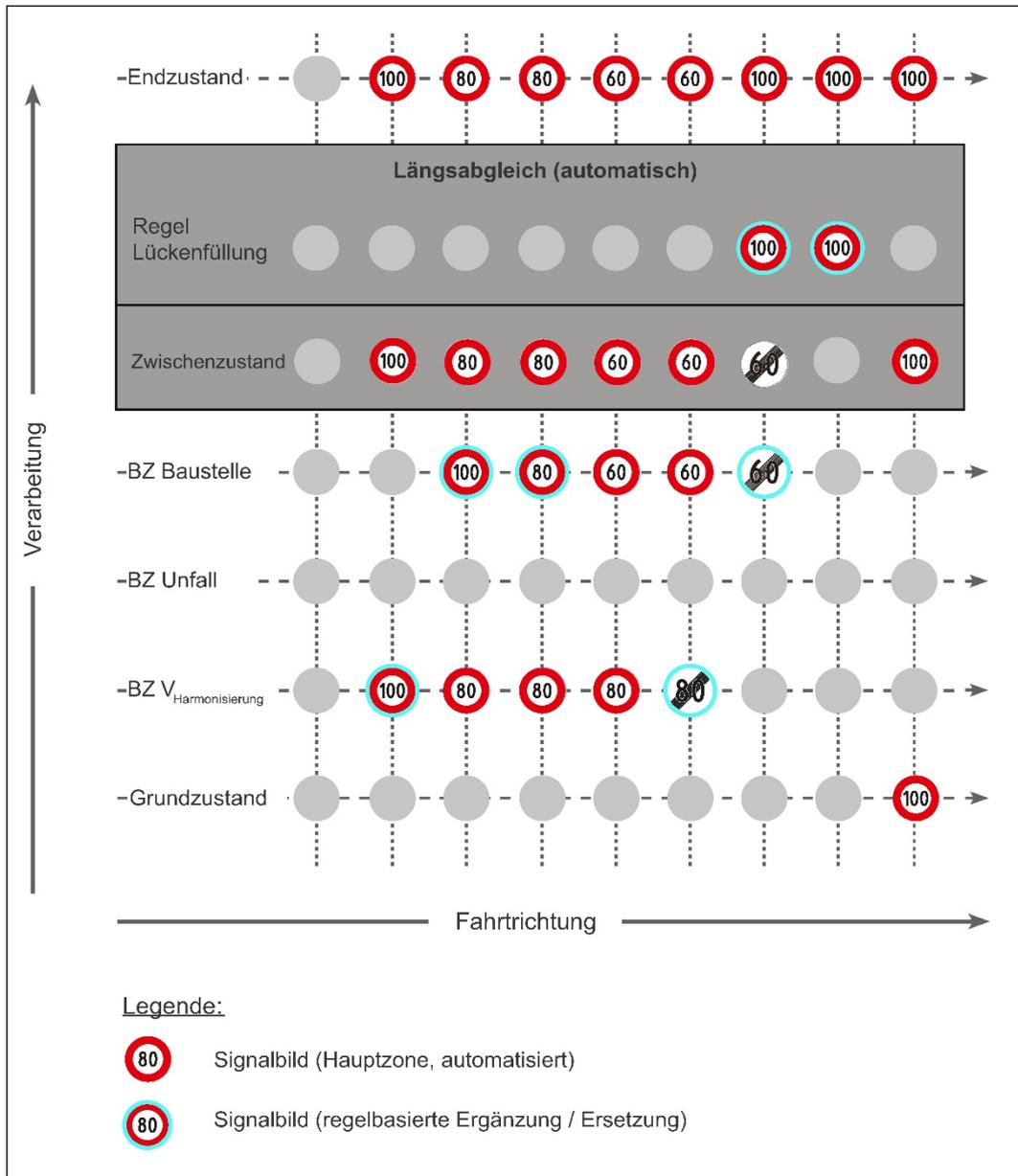


Abb. 7.12 Lückenfüllung

7.10 Störungsabgleich

Bei gestörten Aktoren wird anhand von Regeln festgelegt, ob Ersatzschaltungen zum Zuge kommen.

Die Störungen können:

- sowohl für den kompletten Aktor als auch
- für einzelne Signalbilder des Aktors vorliegen.

Im Fall b) kann durch den Ausfall einer Lichterkette (vgl. u.a. [13]) das betroffene Signalbild nicht mehr vollständig respektive durch den Verkehrsteilnehmenden nicht mehr eindeutig erkennbar dargestellt werden.

In allen Fällen ist der Benutzer auf die Störung und die Auswirkungen hinzuweisen.

Mit den entsprechenden Regeln sind folgende Resultate möglich:

1. **Am Signalquerschnitt liegt noch ein gleichwertiges Signalbild auf einem oder mehreren weiteren Aktoren vor, und der gestörte Aktor zeigt nichts Widersprüchliches an.**

Massnahme:

Da ein verkehrsrechtlich korrektes Signalbild im Signalquerschnitt angezeigt werden kann, ist kein Ersatz-Schaltwunsch notwendig.

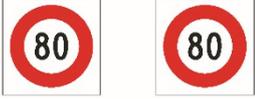
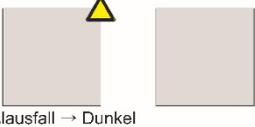
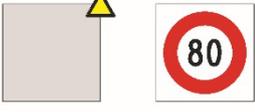
Schaltwunsch	
Störung	
Ergebnis	

Abb. 7.13 Störungsabgleich - Ausfall Aktor.

2. **Am Signalquerschnitt kann kein gleichwertiges Signalbild angezeigt werden; ein höherwertiges bzw. strengeres Signalbild kann jedoch angezeigt werden.**

Massnahme:

Das höherwertige bzw. strengere Signalbild anzeigen.

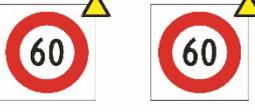
Schaltwunsch	
Störung	
Ergebnis	

Abb. 7.14 Störungsabgleich - Ausfall Signalbild.

3. **Am Signalquerschnitt kann weder ein gleichwertiges noch ein höherwertiges bzw. strengeres Signalbild angezeigt werden.**

Massnahme:

Das Signalbild wird um einen Signalquerschnitt stromaufwärts verschoben.

Bei Aufhebungen wird das Signalbild um einen Signalquerschnitt stromabwärts verschoben. Bedingung ist, dass der Abstand des benachbarten Querschnitts möglichst kleiner als 1'500 m ist und die Streckentopologie beachtet wird (Anschluss, Verzweigung).

	Beispiel «stromaufwärts»	Beispiel «stromabwärts»
Schaltwunsch		
Störung		
Ergebnis		

Abb. 7.15 Störungsabgleich - Verschiebung um einen SQ stromaufwärts resp. bei der Aufhebung um einen SQ stromabwärts.

4. Ersatzbild bei gestörtem Signalbild Fahrstreifenlichtsignal (FLS).

Massnahme:

Bei gestörtem «roten Kreuz» ist das «rote Kreuz» um einen Signalquerschnitt stromaufwärts zu verschieben. Bei Aufhebungen («grüne Pfeile») werden die «grünen Pfeile» um einen Signalquerschnitt stromabwärts verschoben. Bedingung ist, dass der Abstand des benachbarten Querschnitts kleiner als 600 m ist und sich die Topologie nicht wesentlich ändert (Anzahl Fahrstreifen, Anschluss, Verzweigung).

	Beispiel «stromaufwärts»	Beispiel «stromabwärts»
Schaltwunsch		
Störung		
Ergebnis		

Abb. 7.16 Störungsabgleich - Verschiebung FLS um einen SQ.

7.11 Iteration Abgleiche (Quer- / Längs- / Störungsabgleich)

Der Quer-, Längs- und Störungsabgleich ist iterativ zu wiederholen, bis ein stabiler Gesamtbetriebszustand (SOLL) erreicht ist.

Die maximale Anzahl der Iterationen ist parametrierbar. Praxisbewährt sind maximal drei bis fünf Iterationen. Wird die maximale Anzahl Iterationen erreicht, ist dies dem Benutzer anzuzeigen, damit er allenfalls eingreifen kann.

7.12 Übergang IST zu SOLL

Beim Schalten eines neuen Gesamtbetriebszustandes (SOLL) können als Übergang vom IST- zum SOLL-Betriebszustand Zwischenbilder nötig sein. Damit soll verhindert werden, dass z.B. bei Fahrstreifensperrungen das Signalbild von «dunkel» direkt auf das «rote Kreuz» wechselt. Auch bei Ampeln und Geschwindigkeitsreduktionen (um mehr als 40 km/h am selben Verkehrssektor) sind entsprechende Zwischenbilder vorzusehen.

Die Zwischenbilder sind mit einer gewissen Zeitdauer (maximal 15 Sekunden) zu versehen. Der Steuerungskern muss die Zwischenbilder unterstützen und im Rahmen zwischenzeitlicher Abgleiche entsprechend markieren.

Dabei ist eine parallele Abarbeitung vorzusehen. Das heisst bei einer Fahrstreifensperrung wird parallel auf der gesamten Länge des Betriebszustandes gleichzeitig als Zwischenbild der «gelbe Abweispfeil» gestellt. Nach einer bestimmten Zeitdauer erfolgt dann gleichzeitig der Wechsel zum «roten» Kreuz.

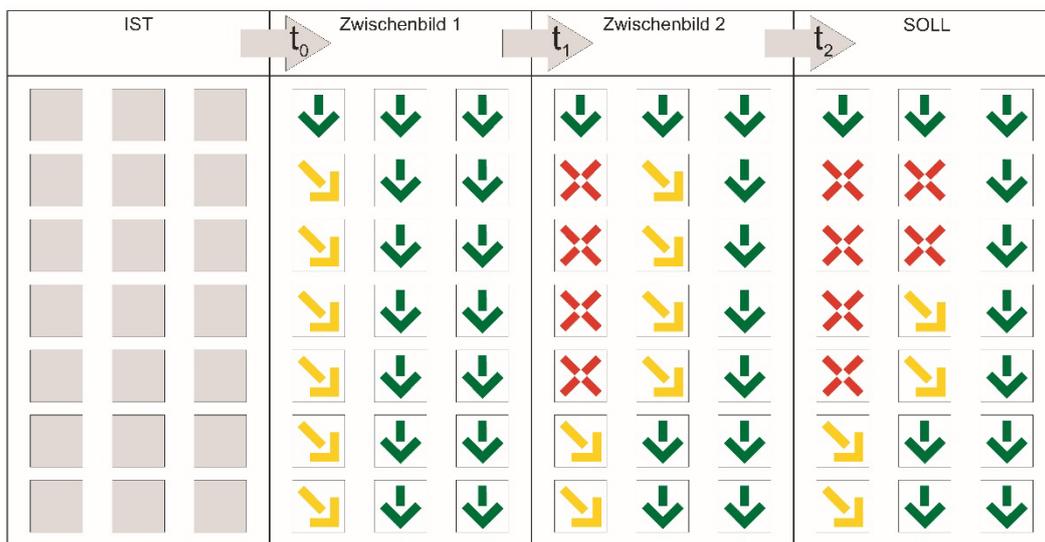


Abb. 7.17 Übergang IST zu SOLL

Beim Einrichten des Gegenverkehrs sollen die FLS für den Gegenverkehr mit dem Zwischenbild «alles rot» gestellt werden. Damit kann verhindert werden, dass beim Zwischenbild die Signalquerschnittsverriegelung anspricht (Kap. 8.1).

Die Übergänge (Zwischenbilder und Zeitdauer) müssen global und pro Signalquerschnitt parametrierbar sein.

7.13 Schaltbefehle an die Feldebene

Auf Basis des resultierenden Gesamtbetriebszustandes werden die Schaltbefehle mit einheitlichen Stellcodes pro Aktor ausgelöst. Die technische Umsetzung ist Teil der Richtlinie ASTRA 13031 „Systemarchitektur Leit- und Steuersysteme der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen“ [12].

In der Lokalsteuerung werden ausschliesslich Schaltbefehle aus der Regelungslogik übernommen und verarbeitet. Inputs aus Drittsystemen müssen zuerst den Steuerungskern durchlaufen und mit anderen Schaltwünschen abgeglichen werden.

Bevor der Schaltbefehl an den Aktor erfolgt, wird durch die Lokalsteuerung mit der „Verriegelungsmatrix Signalquerschnitt“ geprüft, ob unerlaubte Signalbildkombinationen am Signalquerschnitt vorliegen (Kap. 8.1).

7.14 Signalbildabgleich IST/SOLL

Die Aktoren auf der Feldebene quittieren die Schaltbefehle der verkehrstechnischen Regelungslogik mit einer positiven Bestätigung zurück an den Verkehrsrechner, sobald das per Schaltbefehl angeforderte Signalbild vollständig auf dem Wechselsignal dargestellt worden ist.

Stimmt das zurückgemeldete Signalbild IST nicht mit dem Signalbild aus dem Gesamtbetriebszustand (SOLL) überein bzw. trifft eine negative Quittierung zum Signalbild SOLL oder während einer (konfigurierbaren) Zeitdauer keine Quittierung bei der Regelungslogik ein, wird das Signalbild (SOLL) eine parametrierbare Anzahl wiederholt durch den Steuerungs-Kern geschaltet. Ist dies nicht erfolgreich, wird eine Meldung höherer Priorität an das Meldungsmanagement versandt und im GUI eine Störungsmeldung visualisiert.

Eine negative Quittierungsmeldung zum Schaltbefehl eines Signalbildes SOLL ist vorzusehen, wenn dieses wegen einer lokalen Verriegelung von Signalbildkombinationen (Kap. 8.1) nicht angezeigt werden kann oder ein Lokal-Betrieb (Kap. 7.5.2) vorliegt.

Die Schaltbefehle an den Aktor (Signalbild SOLL) sowie dessen Quittierungen müssen gespeichert und archiviert werden. Der zugehörige Schaltgrund sowie die Ursacheneinheit müssen aus den gespeicherten Daten ebenfalls hervorgehen.

8 Verkehrstechnische Funktionalitäten Feldebene (Lokalsteuerung)

Die Lokalsteuerung in der Feldebene leitet primär Schaltbefehle vom Steuerungskern (Kap. 7.13) an die Aktoren weiter und sendet die Quittierungen der Aktoren zurück an den Steuerungskern (Kap. 7.14). Zudem werden Daten der Sensoren an den Messwertkern (Kap. 5) übermittelt sowie Prozessdaten bidirektional ausgetauscht.

Die Lokalsteuerung in der Feldebene hat somit grundsätzlich keine verkehrstechnischen Funktionalitäten. Ausnahme bilden folgende Funktionen, die auf der Feldebene (Lokalsteuerung) realisiert werden müssen:

- Verriegelung unverträglicher Signalbilder am Signalquerschnitt → Kap. 8.1
- Rückfallebene bei Kommunikationsunterbruch → Kap. 8.2 Autark-Betrieb

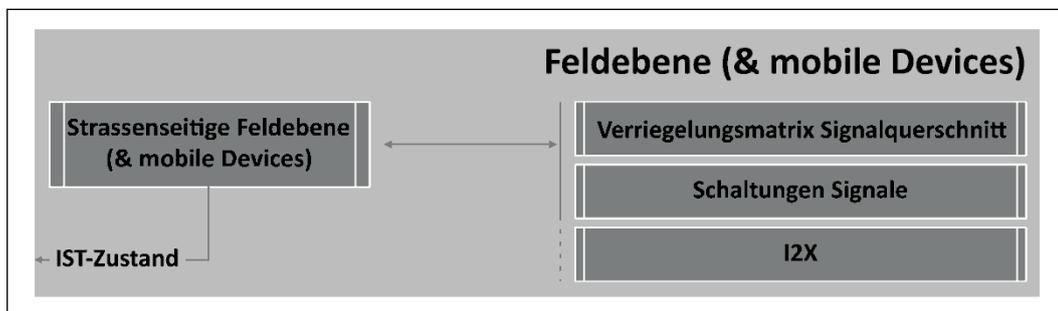


Abb. 8.1 Verkehrstechnische Funktionalitäten Feldebene (Lokalsteuerung)

8.1 Verriegelungsmatrix Signalquerschnitt

Einzelne Signalbilder dürfen nicht in bestimmten Kombinationen an einem Signalquerschnitt vorkommen. Grundsätzlich sollten bereits beim Quer- / Längs- und Störungsabgleich solche unerlaubten Kombinationen ausgeschlossen werden. U.a. aufgrund von Handschaltungen oder Störungen ist nicht auszuschliessen, dass trotzdem unerlaubte Kombinationen als Schaltbefehle bei der Lokalsteuerung auftreten. Deshalb ist für jeden Signalquerschnitt auf Ebene Lokalsteuerung eine Verriegelungsmatrix hinterlegt, die die Signalbilder auf Verträglichkeit prüft.

In der Verriegelungsmatrix können (je Signalquerschnitt parametrierbar) Schaltbilder hinterlegt werden, die in keinem Fall (auch nicht durch Handprogramme) geschaltet werden dürfen.

Die gegenseitig nicht verträglichen Signalbilder betreffen in erster Linie Fahrstreifenlichtsignale (FLS) sowie Ampeln.

Für FLS sind u.a. folgende Verriegelungen vorzusehen:

- «Gelber blinkender, schräg nach unten gerichteter Pfeil (gelber Pfeil)» auf «rote schräge Balken (rotes Kreuz)»
- Auf zwei benachbarten Fahrstreifen zwei aufeinander gerichtete «gelb blinkende, schräg nach unten gerichtete Pfeile (gelber Pfeil)»

Fahrtrichtung		
Regel	Fs ₁₁	Fs ₁₂
1.		
2.		
3.		

Abb. 8.2 Signalquerschnittsverriegelung FLS in Normalfahrtrichtung

- «Grüner, nach unten gerichteter Pfeil (grüner Pfeil)» oder gelber Pfeil in Fahrtrichtung in Kombination von «gelber blinkender, schräg nach unten gerichteter Pfeil (gelber Pfeil)» oder «grüner, nach unten gerichteter Pfeil (grüner Pfeil)» in Gegenrichtung.

Beidseitig					
Regel					
1.		4.		7.	
					
2.		5.		8.	
					
3.		6.		9.	
					

Abb. 8.3 Signalquerschnittsverriegelung FLS inkl. Gegenrichtung

Als Reaktion auf eine Verriegelung wird der gesamte Signalquerschnitt auf ein parametrierbares Signalbild als Rückfallebene gestellt (inkl. Meldung an Benutzer). Vorzugsweise wird der Signalquerschnitt «dunkel» (allenfalls mit Ausnahme der Ampeln) geschaltet.

Diese resultierenden Schaltungen aufgrund der Signalquerschnittsverriegelungen müssen bei jeder SOLL- und IST-Darstellung auf Ebene Steuerungskern berücksichtigt werden.

8.2 Autark-Betrieb

Falls die übergeordnete Regelungslogik ausfällt bzw. die entsprechende Kommunikation zwischen Regelungslogik und Signalen unterbrochen ist, muss die Lokalsteuerung im Autark-Betrieb laufen. Dabei sind verschiedene Strategien möglich und müssen pro Signalquerschnitt vom Verkehrsrechner aus frei parametrierbar sein:

- Die aktuell gestellten Signalbilder werden gehalten, bis die übergeordneten Ebenen wieder funktionsbereit sind und andere Schaltbefehle anliegen (Verharrungs-Prinzip)
- Die Signale fallen in einen vorher definierten Grundzustand (Grundprogramm)

9 Regional zusammenhängende Verkehrsräume

9.1 Definition regional zusammenhängende Verkehrsräume

Innerhalb eines regional zusammenhängenden Verkehrsraumes bestehen direkte verkehrliche Abhängigkeiten bezüglich:

- **Verkehrsinformation** u.a. mit Wechseltextanzeigen
- **Verkehrslenkung** mit Wechseltextanzeigen und Wechselwegweisungen
- **Verkehrsleitung** u.a. mit variablen Geschwindigkeitsanzeigen, Lastwagenüberholverbote, Gefahrenanzeigen
- **Verkehrssteuerung** für Knoten, Rampen, Objekte, Engnisse, usw.

Um aufwändige Schnittstellen zwischen den Verkehrsrechnern zu vermeiden, ist innerhalb eines regional zusammenhängenden Verkehrsraumes nach Möglichkeit ein Verkehrsrechner mit einer Regelungslogik einzusetzen. Bei der räumlichen Zuordnung eines Verkehrsrechners zu einem Verkehrsraum sind neben den verkehrlichen auch betriebliche und wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen.

Im Anhang V befindet sich exemplarisch eine Übersichtskarte, in der mögliche, verkehrlich zusammenhängende Verkehrsräume dargestellt sind.

9.2 Kopplung von mehreren Verkehrsrechnern

Mit den Perimetern der Verkehrsrechner anhand der verkehrlich zusammenhängenden Verkehrsräume (Kap. 9.1) sollen verkehrliche Schnittstellen auf ein Minimum reduziert werden. Dennoch wird es nicht zu vermeiden sein, dass zwischen zwei benachbarten Verkehrsrechnern verkehrliche Abhängigkeiten vorhanden sind, die eine Schnittstelle bzw. eine Kopplung benötigen.

Zwei oder mehrere Verkehrsrechner bzw. Regelungslogiken werden miteinander gekoppelt, indem:

- Alle relevanten Verkehrs- und Prozessdaten sowie die Schaltwünsche beider Verkehrsrechner gleichermaßen zur Verfügung stehen.
- Die benachbarten Signalquerschnitte (vgl. nachfolgende Abbildung) des angrenzenden Verkehrsrechners 2 werden als virtuelle Signalquerschnitte in Verkehrsrechner 1 integriert. Diese virtuellen Signalquerschnitte haben keinen direkten Kontakt mit der Feldebene. Sämtliche Daten der Feldebene werden im jeweilig zugeordneten Verkehrsrechner verarbeitet und von diesem bereitgestellt. Die Anzahl der virtuell einzubindenden Signalquerschnitte ist parametrierbar (in der Regel drei benachbarte Signalquerschnitte).
- In der Regel erfolgt die Kopplung stromaufwärts. Schaltwünsche des Verkehrsrechners 2 werden auf die virtuellen Signalquerschnitte abgebildet. Der Längsabgleich des Verkehrsrechners 1 vervollständigt den Betriebszustand zu einem homogenen Gesamtbetriebszustand.
- Die Kopplung stromabwärts erfolgt vice versa.

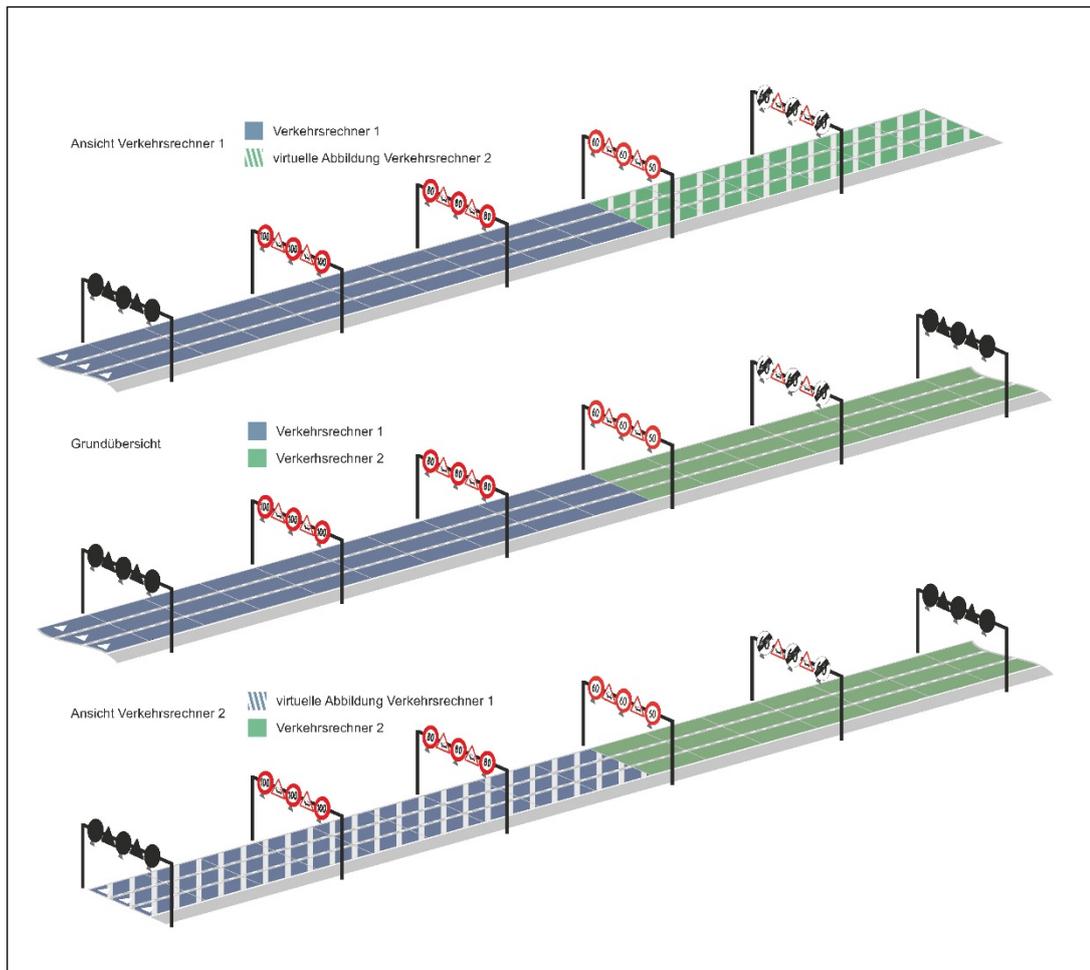


Abb. 9.1 Kopplung von zwei Verkehrsrechnern (VR) bzw. Regelungslogiken

Anhänge

I	Bezeichnungskonventionen	63
I.1	Bezeichnungskonventionen von Kenngrößen	63
I.2	Bezeichnungskonventionen von Indizes	63
I.3	Objekt-, Orts- und Zeitangaben.....	64
I.4	Bezeichnungskonventionen für Parameter	65
II	Algorithmen Datenanalyse.....	66
II.1	GHGW mit Nutzung Einzelfahrzeugdaten	67
II.1.1	Störungsdetektion	67
II.1.2	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	68
II.2	GW Stauererkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ.....	72
II.3	GHGW Kriterium Verkehrszustandsstufe in Analogie zu MARZ (Übergangslösung)..	74
II.4	LW-Überholverbot in Analogie zum Hessischen Steuerungsmodell	76
II.5	Temporäre Pannestreifenumnutzung (PUN) in Analogie zu MARZ	78
II.6	Falschfahrer	81
II.7	Rampendosierung (Einfahrtsrampen).....	83
III	Zuordnung von Ursacheneinheiten und Algorithmen zu BZ-Typen.....	84
IV	Signalbildprioritäten	87
IV.1	Lichtsignale	87
IV.2	Fahrstreifenlichtsignale (FLS)	87
IV.3	Gebotssignale	87
IV.4	Geschwindigkeitssignale.....	88
IV.5	Gefahrensignale	88
IV.6	Hinweissignale	89
IV.7	Wegweisungssignale	89
V	Regionale Verkehrsräume (Beispiel)	90

I Bezeichnungskonventionen

Nachfolgend wird das Bezeichnungsschema für verwendete Kenngrößen definiert. Eine Kenngröße ist vollständig definiert durch die Kenngrößenbezeichnung, optionale Indizes zur weiteren Konkretisierung der Kenngröße sowie Objekt-, Orts- und Zeitangaben:

Kenngröße_{[mbase], [lane], [vehc], [pcu], [smooth], [trend], [...]}(**i, x, t, X, T**)

I.1 Bezeichnungskonventionen von Kenngrößen

Fundamentale Kenngrößen

- Verkehrsstärke: q [FZ/h]
- Verkehrsdichte: k [FZ/km]
- Geschwindigkeit: v [km/h]

Weitere Kenngrößen

- Reisezeit: t_r [s]
- Standardabweichung der Geschwindigkeit: s [km/h]
- Nettozeitlücke zwischen zwei Fahrzeugen: t_{Net} [s]
- Bruttozeitlücke zwischen zwei Fahrzeugen: t_{Brut} [s]
- Time To Collision: TTC [s]
- Belegungsgrad: OCC [%] (Zeitanteil des Erfassungsintervalls, in dem der Sensor ein Fahrzeug im Sensorbereich detektiert)
- LW-Anteil: a_{LW} [%]
- Aktuell angezeigte zulässige Höchstgeschwindigkeit: v_{sig} [km/h]
- Zustand Nässe: WET [ja/nein]
- Zustand Dunkelheit: DARK [ja/nein]
- Verkehrsrelevantes Ereignis: EVENT [-]
- Streckenlänge: l [km]

I.2 Bezeichnungskonventionen von Indizes

Indizes können optional zur weiteren Konkretisierung einer Kenngröße verwendet werden. **Kursiv sind die Standardindizes der jeweiligen Kategorie dargestellt. Diese können auch bei der Konkretisierung einer Kenngröße weggelassen werden.** Für jeden Index sind zur Erläuterung Beispiele angegeben.

mbase (measuring base = Messgrundlage)

- *l (lokal)*
- m (momentan = Strecke)
- T (Traveltime = Reisezeit)

Beispiele:

$v(x,t)$ → Geschwindigkeit an einem Querschnitt

$v_m(x,t)$ → Geschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt

lane (lane = Fahrstreifenbezug)

- Q (querschnittsbezogen)
- FS (fahrstreifenbezogen)

Beispiele:

$v(x,t)$ → Geschwindigkeit an einem Querschnitt

$v_{FS}(x,t)$ → Geschwindigkeit auf einem Fahrstreifen

vehc (vehicle category = Fahrzeugklasse)

- Personenwagenähnliche Fahrzeuge: PW
- Lastwagenähnliche Fahrzeuge: LW
- Schwerverkehr: SV
- *Alle Fahrzeuge: FZ*

Beispiele:

$v(x,t)$ → Geschwindigkeit aller Fahrzeuge an einem Querschnitt

$v_{PW}(x,t)$ → Geschwindigkeit der PW-ähnlichen Fahrzeuge an einem Querschnitt

pcu (passenger car unit = auf PW-Einheiten bezogene Werte)

- *«Nichts angegeben»: nicht auf PW-Einheiten bezogen*
- PCU (Umrechnungsfaktor auf PW-Einheiten, parametrierbar, gemäss [18])

Beispiele:

$q(x,t)$ → Verkehrsstärke an einem Querschnitt

$q_{PCU}(x,t)$ → Verkehrsstärke an einem Querschnitt in Personewageneinheiten

smooth (smoothing = Glättung)

- *keine Glättung*
- ge (exponentielle Glättung)
- gl (gleitender Mittelwert)
- glg (gewichteter, gleitender Mittelwert)
- $mittel$ (arithmetischer Mittelwert)

Beispiele:

$v(x,t)$ → Geschwindigkeit an einem Querschnitt

$v_{ge}(x,t)$ → geglättete Geschwindigkeit an einem Querschnitt mit exponentieller Glättung

trend (trend = Trendextrapolation)

- *keine Trendextrapolation*
- tr (Trendextrapolation)

Beispiele:

$v(x,t)$ → Geschwindigkeit an einem Querschnitt

$v_{tr}(x,t)$ → trendextrapolierte Geschwindigkeit an einem Querschnitt

I.3 Objekt-, Orts- und Zeitangaben

i: Einzelfahrzeug

- $i+1$: vorausfahrendes Fahrzeug
- $i-1$: nachfolgendes Fahrzeug

x: Ortsreferenz

- $x+1$: stromabwärtiger MQ
- $x-1$: stromaufwärtiger MQ

t: Zeitpunkt

- t+1: nächster Messzeitpunkt (zum nächsten Intervall T)
- t-1: vorheriger Messzeitpunkt (zum vorherigen Intervall T)

X: Erhebungsbereich (räumlich)

T: Intervalllänge

I.4 Bezeichnungskonventionen für Parameter

Parameter werden durch das Präfix «p_» gekennzeichnet. Das Präfix ist gefolgt von der zu parametrierenden Kenngrösse (z.B. p_k). Weiterhin folgt eine Konkretisierung des Parameters (z.B. p_k_{Stau}).

Bezüglich Fahrstreifenzuweisung der Parameter gilt folgende Konvention:

- «1.FS» (mit Punkt): Parameter gilt für bestimmten Fahrstreifen
- «2 FS» (ohne Punkt): Parameter gilt für Autobahnquerschnitt mit entsprechender Anzahl Fahrstreifen

II Algorithmen Datenanalyse

Nachfolgend sind die funktionalen Anforderungen der Algorithmen inkl. der Wertbereiche der Parameter aufgeführt.

II.1 GHGW mit Nutzung Einzelfahrzeugdaten

Für die Störungsdetektion und Harmonisierung des Verkehrsablaufs stehen zwei Algorithmen auf Basis von Einzelfahrzeugdaten zur Verfügung.

II.1.1 Störungsdetektion

Grundsätzliche Funktionsweise:

- Die Massnahme zielt darauf ab, die Verkehrssicherheit bei bestehenden Staus zu steigern, indem vor dem Stauende gewarnt wird.
- Der Algorithmus arbeitet vollautomatisch. Es ist kein operativer Benutzereingriff erforderlich.
- Wenn mehrere Fahrzeuge hintereinander einen Geschwindigkeitsschwellenwert unterschreiten, wird auf eine Störung geschlossen. Diese wird als beendet betrachtet, wenn eine entsprechende Anzahl von Fahrzeugen unmittelbar hintereinander wieder schneller als ein Schwellenwert detektiert wird.
- Wenn ein entsprechender Ausschaltsschwellenwert auf allen Fahrstreifen überschritten wird, wird darauf geschlossen, dass sich der Stau aufgelöst hat und die Stauwarnung ausgeschaltet werden kann.

Input:

- Einzelfahrzeuggeschwindigkeiten v_{mess} je Fahrstreifen an einem Messquerschnitt

Algorithmus:

- Einschaltkriterium:
 - Grundvoraussetzung: Der Sensor befindet sich aus Sicht des Algorithmus im Zustand «freier Verkehr».
 - Wenn fahstreifenbezogen die Geschwindigkeit eines gemessenen Fahrzeugs v_{mess} den Störungsschwellenwert von $p_{\text{VStörung}} = 50 \text{ km/h}$ unterschreitet, wird ein Zähler $p_{\text{NStörung}}$ hochgezählt (Einschalt-Hysterese).
 - Überschreitet dieser Zähler $N_{\text{Störung}}$ einen Schwellenwert von $p_{\text{NminStörung}} = 3$ Fahrzeugen, wird auf den Zustand «Verkehrsstörung» geschlossen.
 - Wenn fahstreifenbezogen die Geschwindigkeit eines gemessenen Fahrzeugs v_{mess} den Störungsschwellenwert von $p_{\text{VStörung}} = 50 \text{ km/h}$ überschreitet, wird der Zähler $p_{\text{NStörung}}$ auf 0 zurückgestellt (Neutralisierung der Einschalt-Hysterese).
- Rücknahmebedingung:
 - Grundvoraussetzung: Der Sensor befindet sich aus Sicht des Algorithmus im Zustand «Verkehrsstörung».
 - Wenn fahstreifenbezogen die Geschwindigkeit eines gemessenen Fahrzeugs v_{mess} den Störungsschwellenwert von $p_{\text{VStörung}} = 50 \text{ km/h}$ unterschreitet, wird der Zähler $p_{\text{NkeineStörung}}$ auf 10 gesetzt (Ausschalt-Hysterese).
 - Wenn fahstreifenbezogen die Geschwindigkeit eines gemessenen Fahrzeugs v_{mess} den Störungsschwellenwert von $p_{\text{VFrei}} = 75 \text{ km/h}$ überschreitet, wird der Zähler $p_{\text{NkeineStörung}}$ um 1 heruntergezählt.
 - Wenn nach Aktivierung der Verkehrsstörung über einen Zeitraum von $p_{\text{tTimeout}} = 5 \text{ min}$ weniger als 10 Fahrzeuge auf dem Fahrstreifen detektiert wurden UND auf mindestens einem Nachbarfahrstreifen zeitgleich mehr als 10 Fahrzeuge detektiert wurden, muss
 - dem Operator eine Meldung „Verkehrsstörung an Sensor <Name>: zu wenige Fahrzeuge innerhalb der letzten < p_{tTimeout} > min detektiert. Störung manuell aufheben?“ anzeigen. Wird diese Frage bejaht, muss die Störung zurückgesetzt werden. (semi-automatisch)
 - die Störung automatisch zurückgesetzt, indem die Abfrage nach Ablauf von p_{tTimeout} vom System automatisch positiv beantwortet wird. $p_{\text{tTimeout}} = 0$ muss möglich sein. (voll-automatisch)

Es muss durch den autorisierten Anwender parametrierbar sein, dass diese Semiautomatik zu einer Automatik wird und vice versa.

- Wenn der Zähler $p_N_{\text{keineStörung}}$ auf 0 steht, gilt die Störung als beendet, es wird der Zustand «freier Verkehr» gesetzt.

Output:

- Massnahmenanforderung / Zustand «freier Verkehr» oder «Verkehrsstörung»

Parameter / Wertebereiche:

- Die Parameter müssen variabel für jeden Fahrstreifen separat parametrierbar sein.
- Nach Erstversorgung im Rahmen des Projektes müssen die Parameter in regelmässigen Abständen (ca. 1x pro Jahr) unter Federführung der VMZ-CH nachjustiert werden.
- Empfehlung für Erstversorgung:

Abb. II.1 Erstversorgung Störungsdetektion

Parameter	Einheit	1. FS	2. FS	3. FS	4. FS
$p_V_{\text{Störung}}$	km/h			50	
p_V_{Frei}	km/h			75	
$p_N_{\text{minStörung}}$	-			3	
$p_N_{\text{keineStörung}}$	-			10	
p_t_{Timeout}	sec			300	

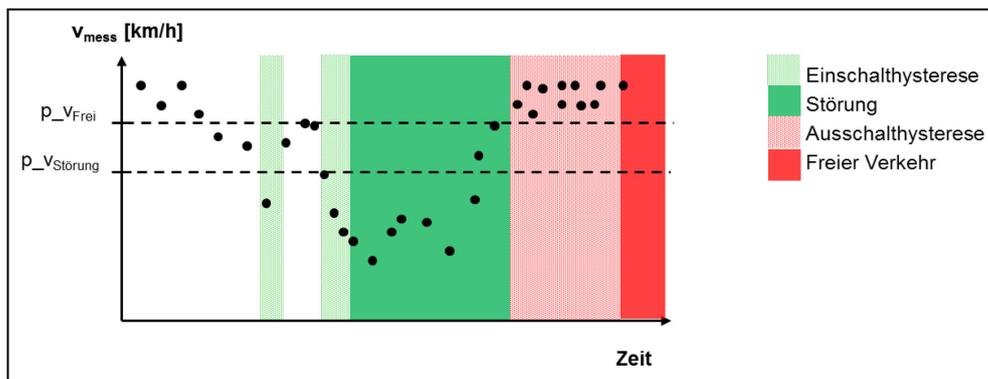


Abb. II.2 Diagramm Störungsdetektion

II.1.2 Harmonisierung des Verkehrsablaufs

Grundsätzliche Funktionsweise:

- Die Massnahme zielt darauf ab, einen stabilen und homogenen Verkehrsablauf für alle Verkehrsteilnehmenden zu gewährleisten, indem die Geschwindigkeiten für alle Verkehrsteilnehmenden angeglichen werden.
- Der Algorithmus arbeitet vollautomatisch. Es ist kein Benutzereingriff erforderlich.
- Das Verfahren kann sowohl proaktiv als auch reaktiv eingesetzt werden.
- Das Verfahren nutzt fahrstreifenbezogene mittlere Geschwindigkeiten sowie Verkehrsstärken und -dichten in einem gleitenden Mittelwert und ermittelt mit einem schwellenwertbasierten Algorithmus Verkehrszustände.
- Über eine schwellenwertbasierte Hysterese werden entsprechende Massnahmenanforderungen ermittelt, wenn die Bedingungen für eine bestimmte Anzahl unmittelbar aufeinander folgender Fahrzeuge erfüllt sind (frequenzbasierte Hysterese).
- Um zu häufige Wechsel der Massnahmenanforderungen zu vermeiden, wird zusätzlich eine zeitliche Hysterese eingesetzt.

Input:

- Gleitender, fahrstreifenbezogener Mittelwert für Geschwindigkeiten $v_{FS,mittel,N}$ (\rightarrow Empfehlung $N=5$)
- Gleitende, fahrstreifenbezogene Verkehrsstärke (1min) $q_{FS,mittel}$
- Gleitende, fahrstreifenbezogene Dichte $k_{FS,mittel} = q_{FS,mittel} / v_{FS,mittel,N}$

Algorithmus:

- Die Prüfungen werden zyklisch im 15 Sekunden-Intervall durchgeführt.
- Präventiver (P) Algorithmus, für jede Schaltstufe S ($S = 100$ oder 80 km/h)
 - WENN $q_{mittel} \geq p_{qS,ein}$ DANN
 - $HARMON_{S,P,ein} = HARMON_{S,P,ein} + 1$
 - WENN $HARMON_{S,P,ein} \geq p_{minAnzahl,P,ein}$ DANN
 - $HARMON_{S,P,Hyst} = p_{minAnzahl,P,aus}$
 - WENN $q_{mittel} < p_{qS,aus}$ UND $k_{mittel} < p_{kS,aus}$ UND $v_{mittel,5} > p_{vS,aus}$ DANN
 - $HARMON_{S,P,ein} = 0$
 - WENN $HARMON_{S,P,Hyst} > 0$ DANN
 - $HARMON_{S,P,Hyst} = HARMON_{S,P,Hyst} - 1$
 - SONST
 - $HARMON_{S,P,ein} = 0$
- Reaktiver (R) Algorithmus, für jede Schaltstufe S ($S=100$ oder 80 km/h)
 - WENN $k_{mittel} \geq p_{kS,ein}$ UND $v_{mittel,5} \leq p_{vS,ein}$ DANN
 - $HARMON_{S,R,ein} = HARMON_{S,R,ein} + 1$
 - WENN $HARMON_{S,R,ein} \geq p_{minAnzahl,R,ein}$ DANN
 - $HARMON_{S,R,Hyst} = p_{minAnzahl,R,aus}$
 - WENN $q_{mittel} < p_{qS,aus}$ UND $k_{mittel} < p_{kS,aus}$ UND $v_{mittel,5} > p_{vS,aus}$ DANN
 - $HARMON_{S,R,ein} = 0$
 - WENN $HARMON_{S,R,Hyst} > 0$ DANN
 - $HARMON_{S,R,Hyst} = HARMON_{S,R,Hyst} - 1$
 - SONST
 - $HARMON_{S,R,ein} = 0$
- Massnahmenanforderung:
 - Wenn der Harmonisierungszähler einen Parameterwert überschreitet, wird der Harmonisierungsschaltwunsch für das Intervall auf WAHR gesetzt. Wenn die Hysterese noch aktiv ist, wird der Harmonisierungsschaltwunsch ebenfalls auf WAHR gesetzt. Sonst wird kein Harmonisierungsschaltwunsch gesetzt.
 - Präventiv:
 - WENN $HARMON_{S,P,ein} \geq p_{minAnzahl,P,ein}$ DANN
 - $HARMON_{S,P,aktiv} = WAHR$
 - WENN $HARMON_{S,P,Hyst} > 0$ DANN
 - $HARMON_{S,P,aktiv} = WAHR$
 - SONST $HARMON_{S,P,aktiv} = FALSCH$
 - Reaktiv:
 - WENN $HARMON_{S,R,ein} \geq p_{minAnzahl,R,ein}$ DANN
 - $HARMON_{S,R,aktiv} = WAHR$
 - WENN $HARMON_{S,R,Hyst} > 0$ DANN
 - $HARMON_{S,R,aktiv} = WAHR$
 - SONST $HARMON_{S,R,aktiv} = FALSCH$

- Zeitliche Hysterese:
 - Zunächst wird der restriktivste Schaltwunsch $SW(t_0)$ aus der präventiven und der reaktiven Steuerung ermittelt. Dieser wird mit dem Schaltwunsch zum Zeitpunkt der letzten Schaltprüfung $SW(t-1)$ verglichen. Ist der aktuelle Schaltwunsch gleich oder restriktiver, wird der Schaltwunsch sofort umgesetzt und eine zeitliche Hysterese gesetzt. Ist der aktuelle Schaltwunsch weniger restriktiv, wird die zeitliche Hysterese geprüft. Ist diese noch aktiv, wird der Schaltwunsch von t-1 umgesetzt. Ist die zeitliche Hysterese nicht mehr aktiv, wird der Schaltwunsch von t_0 umgesetzt.
 - WENN $SW(t_0) \leq SW(t-1)$ DANN
 - Schaltung $SW(t_0)$ setzen
 - Hysterese $t_{\text{Schaltung, Hyst}}$ auf $p_{\text{tSchaltung, Hyst}}$ setzen
 - SONST
 - WENN $t_{\text{Schaltung, Hyst}} > 0$ DANN
 - Schaltung $SW(t-1)$ setzen
 - $t_{\text{Schaltung, Hyst}} = t_{\text{Schaltung, Hyst}} - 1$
 - SONST
 - Schaltung $SW(t_0)$ setzen

Output:

- Zustände «freier Verkehr» (keine Massnahmenanforderung), «dichter Verkehr» (Massnahmenanforderung 100 km/h) oder «zähflüssiger Verkehr» (Massnahmenanforderung 80 km/h)

Parameter / Wertebereiche:

- Die Parameter müssen variabel für jeden Fahrstreifen separat parametrierbar sein
- Nach Erstversorgung im Rahmen des Projektes müssen die Parameter in regelmässigen Abständen (ca. 1x pro Jahr) unter Federführung der VMZ-CH nachjustiert werden
- Empfehlung für Erstversorgung:

Abb. II.3 Erstversorgung Harmonisierung des Verkehrsablaufs

Parameter	Einheit	Einschalt-Parameter		Ausschalt-Parameter	
		1. FS	2. - 4. FS	1. FS	2. - 4. FS
$p_{VS=100, \text{ein/aus}}$	km/h	88	95	95	105
$p_{VS=80, \text{ein/aus}}$	km/h	72	75	85	85
$p_{QS=100, \text{ein/aus}}$	Fz/h/FS	2300		1900	
$p_{QS=80, \text{ein/aus}}$	Fz/h/FS	2600		2300	
$p_{KS=100, \text{ein/aus}}$	Fz/km/FS	20		15	
$p_{KS=80, \text{ein/aus}}$	Fz/km/FS	30		25	
$p_{\text{minAnzahl, R, ein/aus}}$	-	2		6	
$p_{\text{minAnzahl, P, ein/aus}}$	-	4		6	
$p_{\text{tSchaltung, Hyst}}$	min	2			

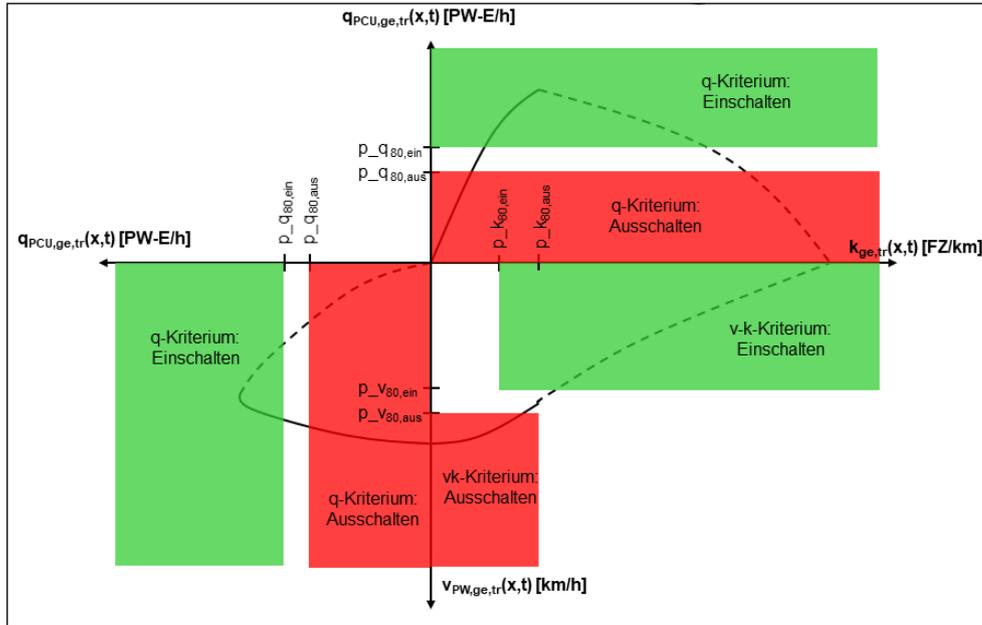


Abb. II.4 Diagramm Harmonisierung des Verkehrsablaufs

II.2 GW Stauerkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ

Grundsätzliche Funktionsweise:

- Die Massnahme zielt darauf ab, die Verkehrssicherheit bei bestehenden Staus zu steigern, indem vor dem Stauende gewarnt wird.
- Der Algorithmus arbeitet vollautomatisch. Es ist kein Benutzereingriff erforderlich.
- Falls ein Sensor (fahrstreifenbezogen) hohe Belegung bei geringer mittlerer Geschwindigkeit detektiert, wird auf einen Stau geschlossen.
- Wenn ein entsprechender Ausschaltswellenwert auf allen Fahrstreifen unterschritten wird, wird darauf geschlossen, dass sich der Stau aufgelöst hat und die Stauwarnung ausgeschaltet werden kann.

Input:

- Belegungsgrade $OCC_{FS}(x,t)$ je Fahrstreifen an einem Messquerschnitt
- Gleitender, fahrstreifenbezogener Mittelwert für Geschwindigkeiten $v_{FS,mittel}$ aller FZ (Nebenbedingung)

Algorithmus:

- Der Algorithmus wird alle 60s getriggert
- Einschaltkriterium:
 Staukriterium erfüllt: $\min. \text{ ein Fahrstreifen } OCC_{FS}(x,t) > p_{bStau,ein}$
 Nebenbedingung: $v_{FS,mittel} < p_{vStauB,ein}$
- Rücknahmebedingung:
 Staukriterium nicht mehr erfüllt: auf jedem Fahrstreifen $OCC_{FS}(x,t) < p_{bStau,aus}$

Output:

- Massnahmenanforderungen / Staukriterium Belegung erreicht / unterschritten

Parameter / Wertebereiche:

- Die Parameter müssen variabel für jeden Fahrstreifen separat parametrierbar sein
- Nach Erstversorgung im Rahmen des Projektes müssen die Parameter in regelmässigen Abständen (ca. 1x pro Jahr) unter Federführung der VMZ-CH nachjustiert werden
- Empfehlung für Erstversorgung [für Taktintervall: 1 min]:

Abb. II. 5 Erstversorgung Stauerkennung Belegung in Analogie zu MARZ

Parameter	Einheit	1. FS	2. FS	3. FS	4. FS
$p_{bStau,ein}$	%			50	
$p_{vStauB,ein}$	km/h			45	
$p_{bStau,aus}$	%			35	

- Es erfolgt eine messwertbasierte Hysterese, indem separate Parameter für die Ein- und die Ausschaltbedingung festgelegt werden können.

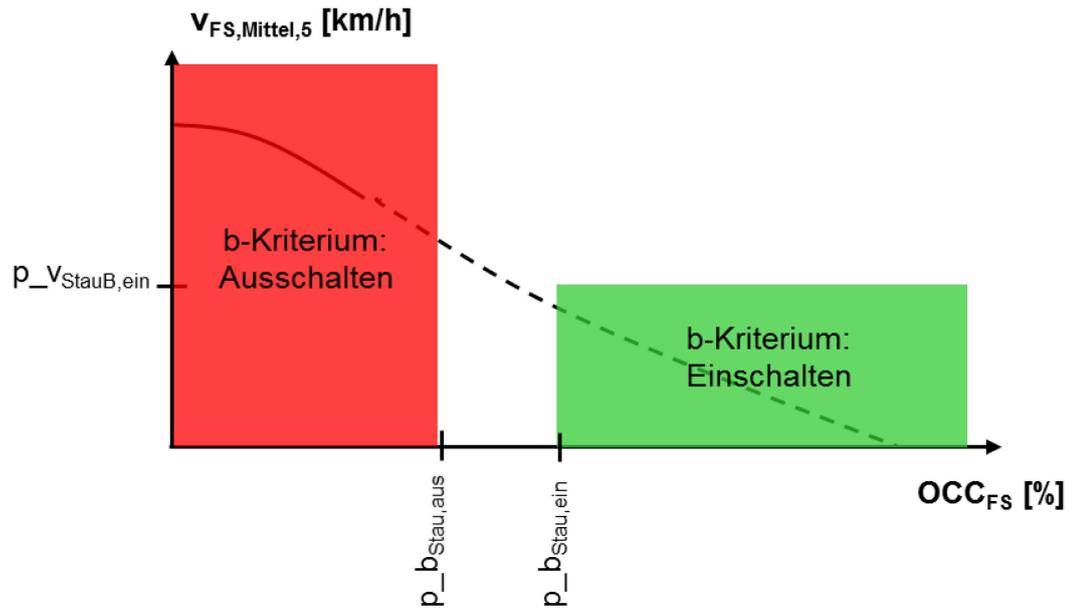


Abb. II.6 Diagramm Stauerkennung Belegung in Analogie zu MARZ

II.3 GHGW Kriterium Verkehrszustandsstufe in Analogie zu MARZ (Übergangslösung)

Grundsätzliche Funktionsweise:

- Die Massnahme zielt darauf ab, die Verkehrssicherheit bei bestehenden Staus zu steigern, indem vor dem Stauende gewarnt wird.
- Der Algorithmus arbeitet vollautomatisch. Es ist kein Benutzereingriff erforderlich.
- Falls im Fundamentaldiagramm (Quadrant Dichte/Geschwindigkeit) auf LOS Verkehrszustandsstufe VZ2 oder VZ3 geschlossen wird, wird eine Geschwindigkeitsharmonisierung aktiviert.
- Falls im Fundamentaldiagramm (Quadrant Dichte/Geschwindigkeit) auf LOS Verkehrszustandsstufe 4 (=Stau) geschlossen wird, wird eine Stauwarnung aktiviert.
- Wenn Geschwindigkeit über und Dichte unter den Schwellenwert steigen/sinken, wird darauf geschlossen, dass sich der Stau aufgelöst hat und der Schaltwunsch Stauwarnung zurückgenommen werden kann.

Input:

- Gewichtete, geglättete mittlere, querschnittsbezogene FZ-Geschwindigkeit $v_{glg}(x,t)$
- Gewichtete, geglättete lokale, querschnittsbezogene Verkehrsdichte $k_{glg}(x,t)$

Algorithmus:

- Der Algorithmus wird alle 15s getriggert
- Einschaltkriterium:
 - Harmonisierungskriterium VZ1 erfüllt:
WENN
 $(v_{glg}(x,t) \geq p_{vfreiVS} \text{ UND } k_{glg}(x,t) \leq p_{kfreiVS})$
 - Harmonisierungskriterium VZ2 erfüllt:
WENN
 $(v_{glg}(x,t) \geq p_{vfreiVS} \text{ UND } k_{glg}(x,t) > p_{kfreiVS} \text{ UND } k_{glg}(x,t) \leq p_{kstauVS})$
 - Harmonisierungskriterium VZ3 erfüllt:
WENN
 $(v_{glg}(x,t) < p_{vfreiVS} \text{ UND } v_{glg}(x,t) \geq p_{vstauVS} \text{ UND } k_{glg}(x,t) \leq p_{kstauVS})$
 - Staukriterium VZ4 erfüllt:
WENN
 $(v_{glg}(x,t) < p_{vstauVS} \text{ UND } k_{glg}(x,t) > p_{kstauVS})$
ODER
 $((v_{glg}(x,t) < p_{vstauVS} \text{ ODER } k_{glg}(x,t) > p_{kstauVS})$
UND
 $(\text{Verkehrszustandsstufe}(t-1) > 2))$
- Rücknahmebedingung:
 - Verkehrszustandsstufe VZ1 / VZ2 / VZ3 / VZ4 liegt nicht mehr an

Output:

- Massnahmenanforderung / Harmonisierungskriterien mit VZ1 bis VZ3 erreicht / unterschritten
- Massnahmenanforderung / Staukriterium Verkehrszustandsstufe 4 erreicht / unterschritten

Parameter / Wertebereiche:

- Die Parameter müssen variabel für jeden Querschnitt separat parametrierbar sein
- Nach Erstversorgung im Rahmen des Projektes müssen die Parameter in regelmässigen Abständen (ca. 1x pro Jahr) unter Federführung der VMZ-CH nachjustiert werden

- Empfehlung für Erstversorgung [für gleitende Mittelwerte über 4 Taktintervalle]:

Abb. II.7 Erstversorgung GHGW Kriterium Verkehrszustandsstufe in Analogie zu MARZ

Parameter	Einheit	1 FS	2 FS	3 FS	4 FS
$p_{v_{freiVS}}$	km/h	80			
$p_{v_{stauVS}}$	km/h	30			
$p_{k_{freiVS}}$	FZ/km	20	30	40	50
$p_{k_{stauVS}}$	FZ/km	50	60	70	80

- Es erfolgt eine messwertbasierte Hysterese.

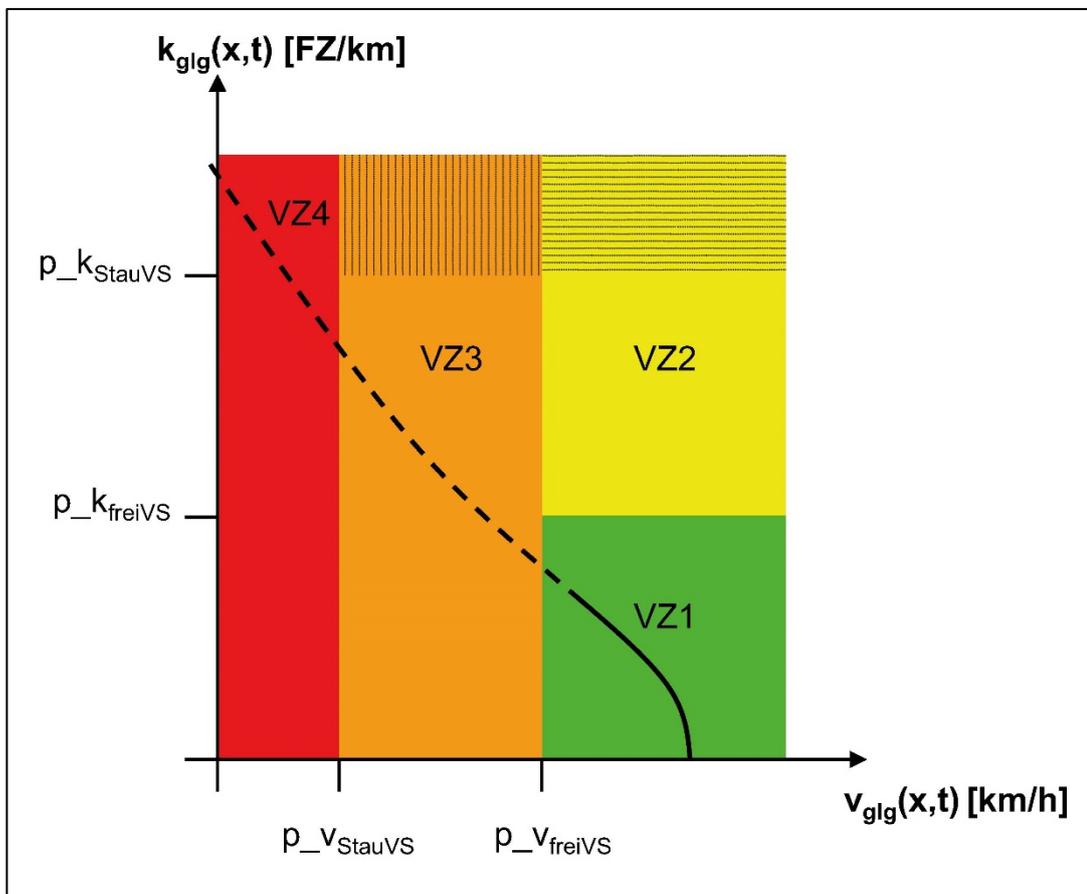


Abb. II.8 Diagramm GHGW Kriterium Verkehrszustandsstufe in Analogie zu MARZ

II.4 LW-Überholverbot in Analogie zum Hessischen Steuerungsmodell

Grundsätzliche Funktionsweise:

- Ziel der Massnahme ist es, bei hohem LW-Anteil und gleichzeitig hoher Querschnittsbelastung eine Verbesserung des Verkehrsflusses zu erwirken
- Der Algorithmus arbeitet vollautomatisch, es ist kein Benutzereingriff erforderlich.
- Für die Auslösung der Massnahmenanforderung muss ein relativ hohes PW-Verkehrsaufkommen bei einer Mindestmenge an LW-Verkehr vorliegen.
- Bei drohenden LW-Staus besteht hier die Möglichkeit, die Anzeige automatisch zu deaktivieren.

Input:

- Falls Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Gleitende, querschnittsbezogene Verkehrsstärke PW $q_{\text{Mittel,PW}}(x,t)$
 - Gleitende, querschnittsbezogene Verkehrsstärke LW $q_{\text{Mittel,LW}}(x,t)$
- Falls keine Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Gleitende, querschnittsbezogene Verkehrsstärke PW $q_{\text{PW}}(x,t)$
 - Gleitende, querschnittsbezogene Verkehrsstärke LW $q_{\text{LW}}(x,t)$

Algorithmus:

- Der Algorithmus wird alle 15s getriggert
- Falls Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Einschaltkriterium:
LW_S_ein:
 $(q_{\text{Mittel,PW}}(x,t) \leq p_{\text{qPW,ein}} \text{ UND } q_{\text{Mittel,LW}}(x,t) > p_{\text{qLW,ein2}})$
ODER
 $(q_{\text{Mittel,PW}}(x,t) > p_{\text{qPW,ein}} \text{ UND } p_{\text{qLW,ein1}} \leq q_{\text{Mittel,LW}}(x,t) \text{ UND } q_{\text{LW}}(x,t) \leq p_{\text{qLW,ein2}})$
 - Rücknahmebedingung:
LW_S_aus:
 $(q_{\text{Mittel,PW}}(x,t) \leq p_{\text{qPW,aus}} \text{ UND } q_{\text{Mittel,LW}}(x,t) \leq p_{\text{qLW,aus2}})$
ODER
 $(q_{\text{Mittel,PW}}(x,t) > p_{\text{qPW,aus}} \text{ UND } (q_{\text{LW}}(x,t) > p_{\text{qLW,aus3}} \text{ ODER } q_{\text{Mittel,LW}}(x,t) \leq p_{\text{qLW,aus1}}))$
- Falls keine Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Einschaltkriterium:
LW_S_ein:
 $(q_{\text{PW}}(x,t) \leq p_{\text{qPW,ein}} \text{ UND } q_{\text{LW}}(x,t) > p_{\text{qLW,ein2}})$
ODER
 $(q_{\text{PW}}(x,t) > p_{\text{qPW,ein}} \text{ UND } p_{\text{qLW,ein1}} \leq q_{\text{LW}}(x,t) \text{ UND } q_{\text{LW}}(x,t) \leq p_{\text{qLW,ein2}})$
 - Rücknahmebedingung:
LW_S_aus:
 $(q_{\text{PW}}(x,t) \leq p_{\text{qPW,aus}} \text{ UND } q_{\text{LW}}(x,t) \leq p_{\text{qLW,aus2}})$
ODER
 $(q_{\text{PW}}(x,t) > p_{\text{qPW,aus}} \text{ UND } (q_{\text{LW}}(x,t) > p_{\text{qLW,aus3}} \text{ ODER } q_{\text{LW}}(x,t) \leq p_{\text{qLW,aus1}}))$
- Zeitliche Hysterese:
Für den Schaltwunsch des LW-Überholverbots werden eine einstellbare Vorlaufzeit $p_{\text{tLW,ein}}$ und Mindeststandzeit $p_{\text{tLW,aus}}$ vorgesehen. Das Einschaltkriterium ist dann erfüllt, wenn LW_S_ein für die Zeit $p_{\text{tLW,ein}}$ erfüllt war. Das Ausschaltkriterium ist dann erfüllt, wenn LW_S_aus für die Zeit $p_{\text{tLW,aus}}$ erfüllt sind.

Output:

- Massnahmenanforderung Überholverbot für LW

Parameter / Wertebereiche:

- Die Parametrierung wird standortspezifisch vorgenommen
- Nach Erstversorgung im Rahmen des Projektes müssen die Parameter in regelmässigen Abständen (ca. 1x pro Jahr) unter Federführung der VMZ-CH nachjustiert werden
- Empfehlung für Erstversorgung [für Taktintervall: 15 s]:

Abb. II.9 Erstversorgung LW-Überholverbot in Analogie zum Hessischen Steuerungsmodell

Parameter	Einheit	1 FS	2 FS	3 FS	4 FS	
$p_{q_{PW,ein}}$	FZ/h		2820	3600		
$p_{q_{PW,aus}}$	FZ/h		2820	3600		
$p_{q_{LW,ein1}}$	LW/h		540	720		
$p_{q_{LW,ein2}}$	LW/h		720	960		
$p_{q_{LW,aus1}}$	LW/h		300	480		
$p_{q_{LW,aus2}}$	LW/h		540	720		
$p_{q_{LW,aus3}}$	LW/h		900	1200		
$p_{t_{LW,ein}}$	min		0			
$p_{t_{LW,aus}}$	min		5			

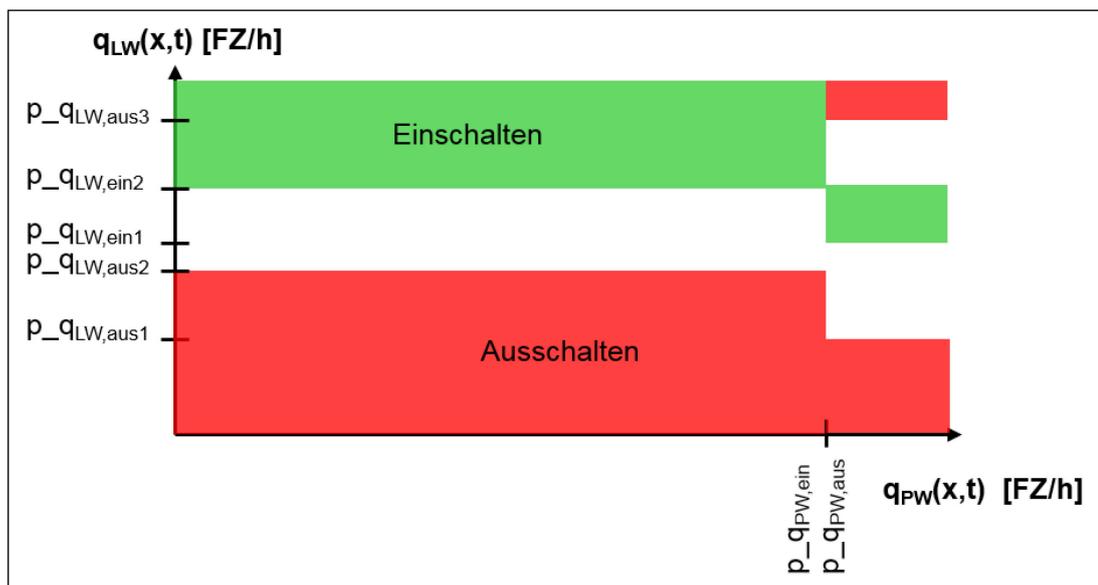


Abb. II.10 Diagramm LW-Überholverbot in Analogie zum Hessischen Steuerungsmodell (Regelungslogik)

II.5 Temporäre Pannestreifenumnutzung (PUN) in Analogie zu MARZ

Grundsätzliche Funktionsweise:

- Ziel der temporären Pannestreifenumnutzung ist es, in Zeiten hoher Verkehrsmengen temporäre Kapazitätsengpässe abzumindern, sodass es nicht zu Staus und infolge dessen auch nicht zu Auffahrunfällen kommt.
- Durch dynamische Beschilderung wird den Verkehrsteilnehmenden angezeigt, wann der Pannestreifen zum Befahren genutzt werden darf.
- Vor Freigabe des Pannestreifens muss kontrolliert werden, ob dieser frei von Hindernissen ist.
- Der Eingriff in den Verkehr erfolgt manuell. Der Algorithmus stellt somit einen Indikator für den Benutzer dar.
- Als Datengrundlage werden die Verkehrsstärke, die Geschwindigkeit und die Dichte mit Schwellenwerten verglichen.

Input:

- Falls Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Gleitende, querschnittsbezogene Bemessungsverkehrsstärke $q_{\text{Mittel,PCU}}(x,t)$ [PW-E/h]
 - Gleitende, querschnittsbezogene Verkehrsdichte $k_{\text{Mittel,N}}(x,t)$ [FZ/km]
 - Mittlere, querschnittsbezogene Geschwindigkeit der letzten N FZ $v_{\text{Mittel,N}}(x,t)$ [km/h]
 - Mittlere, querschnittsbezogene Geschwindigkeit der letzten N PW $v_{\text{Mittel,PW,N}}(x,t)$ [km/h]
- Falls keine Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Bemessungsverkehrsstärke $q_{\text{PCU}}(x,t)$ [PW-E/h]
 - Verkehrsdichte $k(x,t)$ [FZ/km]
 - mittlere Geschwindigkeit für alle FZ $v(x,t)$ [km/h]
 - mittlere Geschwindigkeit für PW $v_{\text{PW}}(x,t)$ [km/h]

Algorithmus:

- Der Algorithmus wird alle 60s getriggert
- Einschaltkriterium:
 - Falls Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Für dreistreifige Querschnitte:

$$q_{\text{Mittel,PCU}}(x,t) \geq p_{\text{qPUN-M,ein}}$$
 ODER $(v_{\text{Mittel,PW,N}}(x,t) \leq p_{\text{VPUN-M,PW,ein}} \text{ UND } k_{\text{Mittel,N}}(x,t) \geq p_{\text{kPUN-M,ein}})$
 ODER $v_{\text{Mittel,N}}(x,t) \leq p_{\text{VPUN-M,ein}}$
 - Für zweistreifige Querschnitte:

$$v_{\text{Mittel,PW,N}}(x,t) \leq p_{\text{VPUN-M,PW,ein}} \text{ UND } k_{\text{Mittel,N}}(x,t) \geq p_{\text{kPUN-M,ein}}$$
 - Falls keine Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Für dreistreifige Querschnitte:

$$q_{\text{PCU}}(x,t) \geq p_{\text{qPUN-M,ein}}$$
 ODER $(v_{\text{PW}}(x,t) \leq p_{\text{VPUN-M,PW,ein}} \text{ UND } k(x,t) \geq p_{\text{kPUN-M,ein}})$
 ODER $v(x,t) \leq p_{\text{VPUN-M,ein}}$
 - Für zweistreifige Querschnitte:

$$v_{\text{PW}}(x,t) \leq p_{\text{VPUN-M,PW,ein}} \text{ UND } k(x,t) \geq p_{\text{kPUN-M,ein}}$$

- Rücknahmebedingung:
 - Falls Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Für dreistreifige Querschnitte:

$$q_{\text{Mittel,PCU}}(x,t) \leq p_{\text{qPUN-M,aus}}$$

$$\text{ODER } v_{\text{Mittel,PW,N}}(x,t) \geq p_{\text{VPUN-M,PW,aus}} \text{ UND } k_{\text{Mittel,N}}(x,t) \leq p_{\text{kPUN-M,aus}}$$

$$\text{ODER } v_{\text{Mittel,N}}(x,t) \geq p_{\text{VPUN-M,aus}}$$
 - Für zweistreifige Querschnitte:

$$v_{\text{Mittel,PW,N}}(x,t) \geq p_{\text{VPUN-M,PW,aus}} \text{ UND } k_{\text{Mittel,N}}(x,t) \leq p_{\text{kPUN-M,aus}}$$
 - Falls keine Einzelfahrzeugdaten vorliegen:
 - Für dreistreifige Querschnitte:

$$q_{\text{PCU}}(x,t) \leq p_{\text{qPUN-M,aus}}$$

$$\text{ODER } v_{\text{PW}}(x,t) \geq p_{\text{VPUN-M,PW,aus}} \text{ UND } k(x,t) \leq p_{\text{kPUN-M,aus}}$$

$$\text{ODER } v(x,t) \geq p_{\text{VPUN-M,aus}}$$
 - Für zweistreifige Querschnitte:

$$v_{\text{PW}}(x,t) \geq p_{\text{VPUN-M,PW,aus}} \text{ UND } k(x,t) \leq p_{\text{kPUN-M,aus}}$$

Output:

- Massnahmenanforderung / Schaltvorschlag Aktivierung temporäre Pannestreifenfreigabe
- Massnahmenanforderung / Schaltvorschlag Deaktivierung temporäre Pannestreifenfreigabe

Parameter / Wertebereiche:

- Die Parametrierung wird standortspezifisch vorgenommen
- Nach Erstversorgung im Rahmen des Projektes müssen die Parameter in regelmässigen Abständen (ca. 1x pro Jahr) unter Federführung der VMZ-CH nachjustiert werden
- Empfehlung für Erstversorgung [für Taktintervall: 1 min]:

Abb. II.11 Erstversorgung Temporäre Pannestreifenumnutzung (PUN) in Analogie zu MARZ

Parameter	Einheit	1 FS	2 FS	3 FS	4 FS
$p_{\text{qPUN-M,ein}}$	PW-E/h			5500	
$p_{\text{VPUN-M,PW,ein}}$	km/h		95	95	
$p_{\text{kPUN-M,ein}}$	FZ/km		40	70	
$p_{\text{VPUN-M,ein}}$	km/h			90	
$p_{\text{qPUN-M,aus}}$	PW-E/h			4000	
$p_{\text{VPUN-M,PW,aus}}$	km/h		100	100	
$p_{\text{kPUN-M,aus}}$	FZ/km		30	40	
$p_{\text{VPUN-M,aus}}$	km/h			95	

- Die Hysterese erfolgt mess- und schwellenwertbasiert

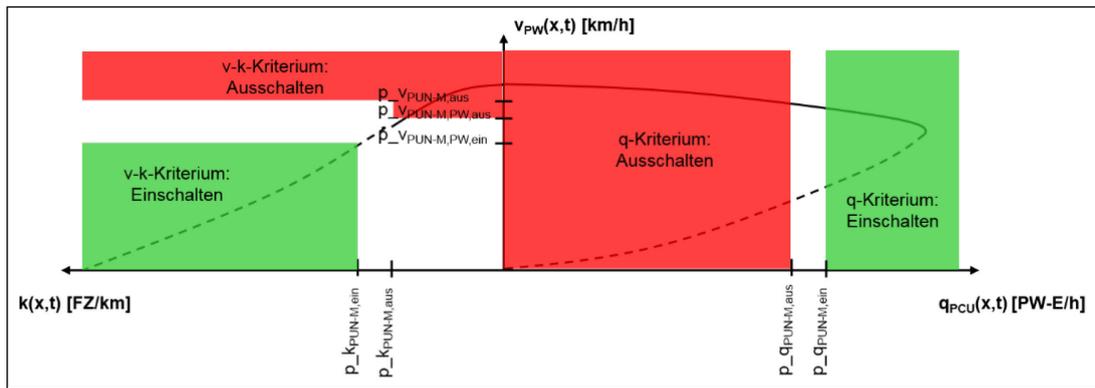


Abb. II.12 Diagramm Temporäre Pannestreifenumnutzung (PUN) in Analogie zu MARZ

II.6 Falschfahrer

Grundsätzliche Funktionsweise:

- Ziel der Massnahme ist es, bei der Detektion von Falschfahrern Massnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit anzufordern.
- Die Falschfahrerererkennung wird eingesetzt, wenn eine Detektion für GHGW vorhanden ist und diese negative Messwerte spontan an die Regelungslogik übermitteln kann.
- Der Algorithmus arbeitet bezüglich der Massnahmenanforderung semi-automatisch.
- Die Massnahmenanforderung «Falschfahrer» darf nur ausgelöst werden, wenn beim entsprechenden Fahrstreifen kein Gegenverkehr eingerichtet ist oder keine Fahrstreifensperrung vorliegt.

Input:

- Einzelfahrzeuggeschwindigkeiten v_{mess} an einem Messquerschnitt

Algorithmus:

- Einschaltkriterium:
 - Wenn die Geschwindigkeit eines gemessenen Fahrzeugs $v_{mess}(x,t)$ einen negativen Messwert (d.h. in Gegenrichtung / stromaufwärts) am Messquerschnitt MQ_x aufweist und in einem parametrierbaren Zeitabstand beim Messquerschnitt MQ_{x-1} ebenfalls eine negative Geschwindigkeit eines gemessenen Fahrzeugs $v_{mess}(x-1,t+\Delta t)$ erfasst wird, so ist die Massnahmenanforderung «Falschfahrer» auszulösen
 - $v_{mess}(x,t) < 0$ UND
 - $v_{mess}(x-1,t+\Delta t) < 0$ UND
 - $t_x + (l_{x \rightarrow x-1})/v_{oben} \leq t_{x-1}$ UND $t_x + (l_{x \rightarrow x-1})/v_{unten} \geq t_{x-1}$
- Nebenbedingungen:
 - Kein Gegenverkehr eingerichtet
 - Der entsprechende Fahrstreifen ist nicht gesperrt

Output:

- Massnahmenanforderung «Falschfahrer»

Parameter / Wertebereiche:

- Die Parametrierung wird standortspezifisch vorgenommen
- Nach Erstversorgung im Rahmen des Projektes müssen die Parameter in regelmässigen Abständen (ca. 1x pro Jahr) unter Federführung der VMZ-CH nachjustiert werden
- Empfehlung für Erstversorgung:

Abb. II.13 Erstversorgung Falschfahrer

Parameter	Einheit	Wert
v_{unten}	km/h	30
v_{oben}	km/h	180

Beispiel: Es wird ein hypothetischer Abstand zweier aufeinander folgender Messquerschnitte von 1'500 m angenommen. Erfolgt am Messquerschnitt (MQ_{x-1}) stromaufwärts innerhalb des Zeitfensters von 30 s bis 180 s nach einer Detektion am Messquerschnitt stromabwärts (MQ_x) eine Detektion, wird ein kausaler Zusammenhang unterstellt und durch den Verkehrsrechner automatisch eine Massnahmenanforderung ausgelöst. Diese wird im Rahmen der verkehrstechnischen Regelungslogik verarbeitet.

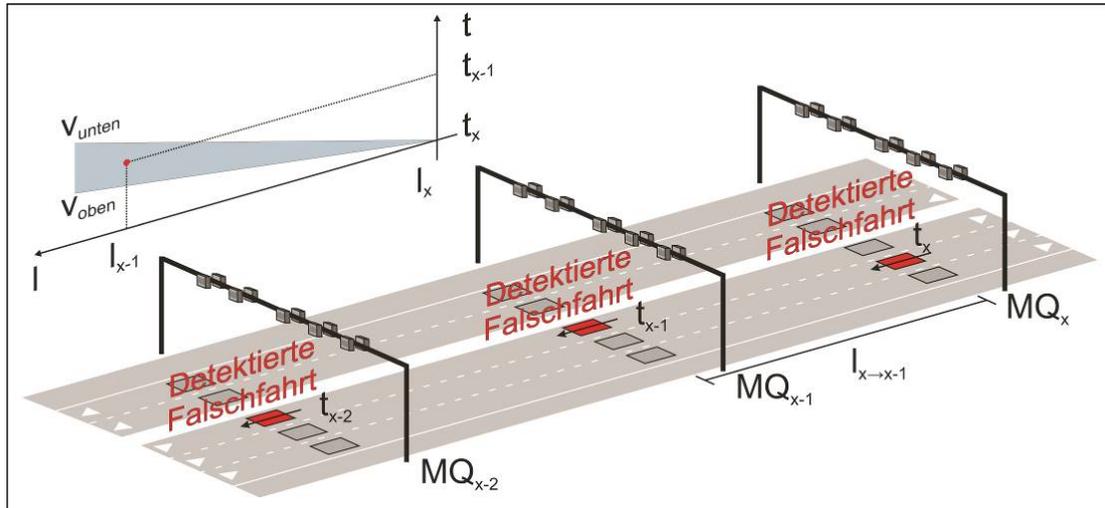


Abb. II.14 Detektion Falschfahrt

II.7 Rampendosierung (Einfahrtsrampen)

Der verkehrstechnische Algorithmus von Rampendosierungen an Einfahrtsrampen muss gemäss den Vorgaben aus der Richtlinie ASTRA 15015 „Rampenbewirtschaftung“ [8] verwendet werden. Es handelt sich um eine adaptierte Variante des McMaster-Algorithmus, der den einfahrenden Verkehrsstrom verkehrsabhängig bewirtschaftet.

Die verkehrstechnische Regelungslogik kann bei singulären Anlagen lokal situiert sein. Es muss jedoch jederzeit eine vollständige Beeinflussung der lokalen Logik sowie der Betriebszustände durch den Verkehrsrechner möglich sein.

Bei koordinierten Rampendosierungen sowie im Kontext mit VM-Anlagen auf der Stammstrecke, ist die verkehrstechnische Regelungslogik im Verkehrsrechner vorzusehen.

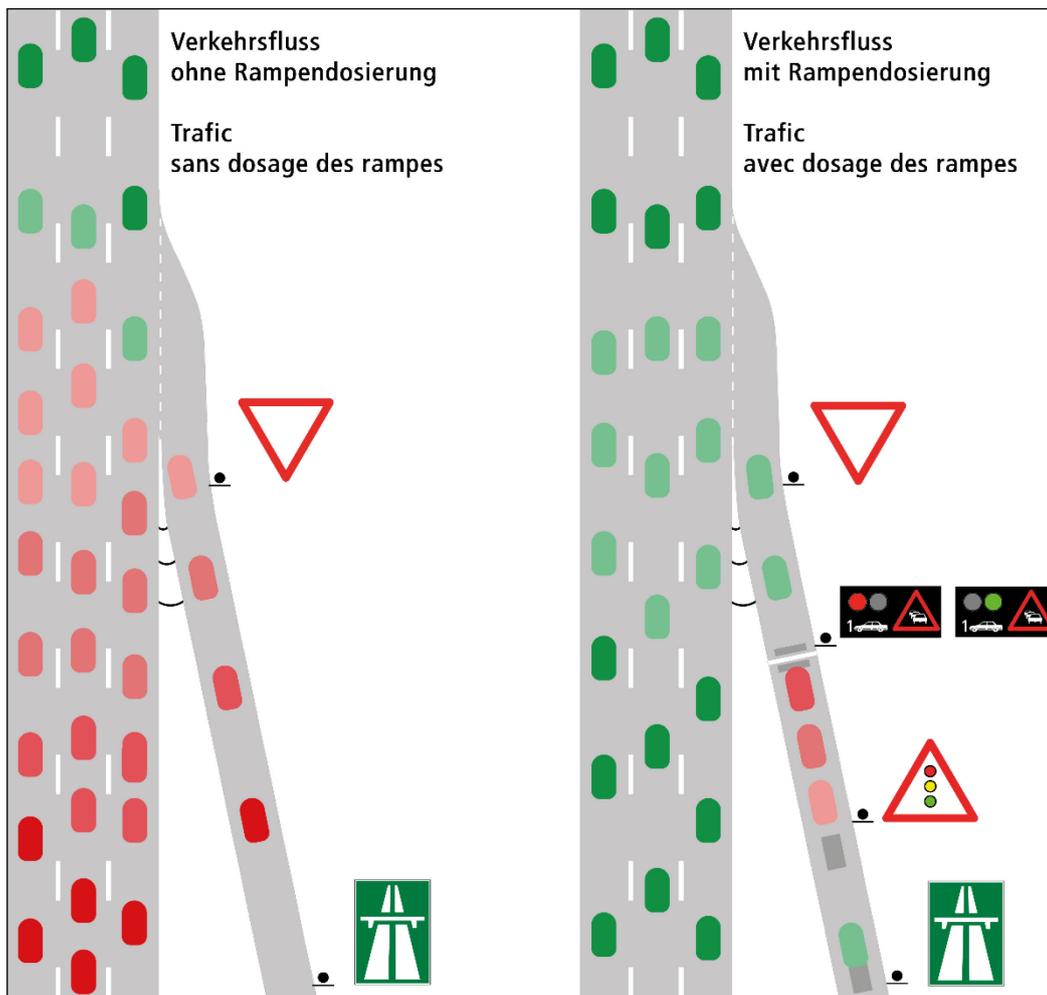


Abb. II.15 Diagramm Rampendosierung (Einfahrtsrampe)

III Zuordnung von Ursacheneinheiten und Algorithmen zu BZ-Typen

Abb. III.1 Übersicht Ursacheneinheiten / Algorithmen für die BZ-Typen

BZ-Typ gemäss RL 15010	VR-Steuerungsart / Ursacheneinheit	Algorithmus Verkehrssteuerung ⁴
Typ 1 Sperrung		
1.1 Sperren Tunnelröhre mit Portalrot	Automatisch / Tunnelreflexmatrix	Kein Standard-Algorithmus definiert
1.2 Sperren Vorzone / Sektor 1 - n	Automatisch / Tunnelreflexmatrix	Kein Standard-Algorithmus definiert
1.3 Sperren offene Strecke	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
1.4 Sperren Einfahrt	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
1.5 Sperren Ausfahrt	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 2 Warnung		
2.1 Warnen in Tunnelröhre	Automatisch / Tunnelreflexmatrix	Kein Standard-Algorithmus definiert
2.2 Warnen in Vorzone / Abschnitt 1 – n	Automatisch / Tunnelreflexmatrix	Kein Standard-Algorithmus definiert
2.3 Warnen offene Strecke	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
2.4 Warnen an Einfahrt	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
2.5 Warnen an Ausfahrt	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 3 Bewirtschaftung Fahrstreifen		
3.1 Fahrstreifenabbau in Tunnelröhre	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
3.2 Fahrstreifenabbau Tunnelvorzone / Abschnitt 1 – n	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
3.3 Fahrstreifenabbau offene Strecke	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
3.4 Fahrstreifenabbau bei Gegenverkehr	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
3.5 Fahrstreifenabbau bei Falschfahrer	Semiautomatisch / Messquerschnitte	Falschfahrer (Anhang II.6)
3.5 Fahrstreifenabbau bei Falschfahrer	Semiautomatisch / Ereignisdetektion	Kein Standard-Algorithmus definiert
3.6 Fahrstreifenabbau zum Ableiten	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 4 Gefahrensignalisation		
4.1 Unfall	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
4.2 Stau	Automatisch / Messquerschnitte	GHGW mit Nutzung Einzelfahrzeugdaten (Anhang II.1) UND ⁴ GW Stauererkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ (Anhang II.2) Als Übergangslösung: GHGW Kriterium Verkehrszustandsstufe in Analogie zu MARZ (Anhang II.3) UND ⁴ GW Stauererkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ (Anhang II.2)
4.3 Schleudergefahr	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
4.4 Andere Gefahren	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
4.5 Baustelle	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert

⁴ Alle Algorithmen der Datenanalyse funktionieren grundsätzlich parallel und voneinander unabhängig. Sie generieren eigenständige Massnahmenanforderungen. Die Erwähnung mehrerer Algorithmen pro BZ-Typ bedeutet nicht, dass die erwähnten Algorithmen logisch UND-verknüpft sind.

BZ-Typ gemäss RL 15010	VR-Steuerungsart / Ursacheneinheit	Algorithmus Verkehrssteuerung ⁴
Typ 5 Information und Lenkung		
5.1 Stau ohne Empfehlung	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
5.2 Stau mit Empfehlung Alternativroute	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
5.3 Stau mit Empfehlung Umleitungsroute	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
5.4 Sperrung ohne Empfehlung	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
5.5 Sperrung mit Empfehlung Umleitungsroute	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 6 Information und Lenkung Schwerverkehr		
6.1 Phase Rot	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
6.2 Zollsperrung	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
6.3 Sperrung mit Empfehlung Umleitungsroute	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
6.4 Teilspernung A2/A13 mit Umleitungsempfehlung	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
6.5 Zollsperrung mit Empfehlung Umleitungsroute	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
6.6 Ableitung Schwerverkehr	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 7 Leitung		
7.1 V60	Automatisch / Mess- querschnitte	GHGW mit Nutzung Einzelfahr- zeugdaten (Anhang II.1) UND ⁴ GW Stauerkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ (Anhang II.2) Als Übergangslösung: GHGW Kriterium Verkehrs- zustandsstufe in Analogie zu MARZ (Anhang II.3) UND ⁴ GW Stauerkennung Kriterium Belegung in Analogie zu MARZ (Anhang II.2)
7.2 V80 Generell (Flächenbezug)	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
7.3 V80	Automatisch / Mess- querschnitte	GHGW mit Nutzung Einzelfahr- zeugdaten (Anhang II.1) Als Übergangslösung: GHGW Kriterium Verkehrs- zustandsstufe in Analogie zu MARZ (Anhang II.3)
7.4 V100	Automatisch / Mess- querschnitte	GHGW mit Nutzung Einzelfahr- zeugdaten (Anhang II.1) Als Übergangslösung: GHGW Kriterium Verkehrs- zustandsstufe in Analogie zu MARZ (Anhang II.3)
7.5 LW Überholverbot	Automatisch / Mess- querschnitte	LW-Überholverbot in Analogie zum Hessischen Steuerungs- modell (Anhang II.4))
7.6 Pannestreifenumnutzung	Semiautomatisch / Messquerschnitte	Temporäre Pannestreifenum- nutzung (PUN) in Analogie zu MARZ (Anhang II.5)

BZ-Typ gemäss RL 15010	VR-Steuerungsart / Ursacheneinheit	Algorithmus Verkehrssteuerung ⁴
Typ 8 Steuerung		
8.1 Steuern Tunnelröhre mit Portalrot (Tropfenzähler)	Automatisch / Mess- querschnitte	Projektspezifischer Algorithmus
8.2 Steuern offene Strecke	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
8.3 Steuern Einfahrt (Rampendosierung)	Automatisch / Mess- querschnitte	Rampendosierung (Einfahrts- rampen) (Anhang II.7)
8.4 Steuern Ausfahrt	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 9 Kantonales VM		
9.1 Sperren ohne Empfehlung	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
9.2 Sperren mit Empfehlung Umleitungsrouten	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 10 Lokale Informationen		
10.1 Grossveranstaltung / Parkleitsystem	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
10.2 Andere lokale Informationen	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 11 Nationale Informationen		
11.1 Entführungsmeldung	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
11.2 Andere nationale Informationen	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert
Typ 12 Vorsorgliche Informationen		
12.1 Vorankündigungen	manuell	Kein Standard-Algorithmus definiert

IV Signalbildprioritäten

Bei Überlagerung von mehreren Signalbildern am gleichen Signal wird über die Signalbildpriorität festgelegt, welches Signalbild sich durchsetzt. Dazu wird jedem Signalbild eine Prioritätennummer vergeben. Die jeweils höhere Nummer setzt sich durch.

Bei gewissen Signalbildern werden noch Zusatztexte dazu geschaltet. Für diese Zusatztexte werden als Ergänzung zu der Prioritätennummer eine Zusatzprioritäten-Nr. vergeben, sodass innerhalb eines Signalbildes unterschiedliche Zusatztexte ebenfalls priorisiert werden können. Sofern kein Zusatztext vorhanden ist oder der Zusatztext dunkel sein muss, wird die Zusatzprioritäten-Nr. «.000» vergeben.

Im Folgenden sind die Prioritätennummern pro Signaltyp aufgeführt.

IV.1 Lichtsignale

Abb. IV.1 Signalbildprioritäten Lichtsignale

Priorität	Zusatzpriorität	Signalbild	SSV
7200	000	Rot	Art. 68
7150	000	Gelb stehend	Art. 68
7100	000	Gelb blinkend	Art. 68
7050	000	Grün	Art. 68
0000	000	AUS / dunkel Lichtsignal	Art. 68

IV.2 Fahrstreifenlichtsignale (FLS)

Abb. IV.2 Signalbildprioritäten Fahrstreifenlichtsignale

Priorität	Zusatzpriorität	Signalbild	SSV
6900	000	AUS / dunkel FLS (hochprior)	2.65
6200	000	Rot, gekreuzte Schrägbalken (rotes Kreuz)	2.65
6150	000	Gelb blinkende, schräg nach LINKS unten gerichtete Pfeile	2.65
6100	000	Gelb blinkende, schräg nach RECHTS unten gerichtete Pfeile	2.65
6050	000	Grüner, senkrecht nach unten gerichteter Pfeil	2.65
0000	000	AUS / dunkel FLS (niedrigprior)	2.65

IV.3 Gebotssignale

Abb. IV.3 Signalbildprioritäten Gebotssignale

Priorität	Zusatzpriorität	Signalbild	SSV
5900	000	AUS / dunkel Gebotssignale (hochprior)	
5250	000	Allgemeines Fahrverbot	2.01
5200	000	Einfahrt Verboten	2.02
5150	000	Verbot für Lastwagen	2.07
5100	000	Überholen verboten	2.44
5050	000	Überholen für Lastwagen verboten	2.45
0530	000	Freie Fahrt (Aufhebung alle Verbote/Gebote)	2.58
0525	000	Ende des Überholverbotes	2.55
0520	000	Ende des Überholverbotes für Lastwagen	2.56
0000	000	AUS / dunkel Gebotssignal (niedrigprior)	

IV.4 Geschwindigkeitssignale

Abb. IV.4 Signalbildprioritäten Geschwindigkeitssignale

Priorität	Zusatzpriorität	Signalbild	SSV
4900	000	AUS / dunkel Geschwindigkeitssignale (hochprior)	
4300	000	Höchstgeschwindigkeit 60 km/h	2.30
4250	000	Höchstgeschwindigkeit 80 km/h	2.30
4150	000	Höchstgeschwindigkeit 100 km/h	2.30
0530	000	Freie Fahrt (Aufhebung alle Verbote/Gebote)	2.58
0415	000	Ende Höchstgeschwindigkeit 60 km/h	2.53
0410	000	Ende Höchstgeschwindigkeit 80 km/h	2.53
0405	000	Ende Höchstgeschwindigkeit 100 km/h	2.53
0000	000	AUS / dunkel Geschwindigkeitssignal (niedrigprior)	

IV.5 Gefahrensignale

Abb. IV.5 Signalbildprioritäten Gefahrensignale

Priorität	Zusatzpriorität	Signalbild	SSV
3350	100	Unfall (« Andere Gefahren », Zusatztext « Unfall »)	1.30
3300	000	Stau	1.31
3250	100	Schneeglätte (« Schleudergefahr », Zusatztafel « Eiskristall »)	1.05/5.13
3250	000	Schleudergefahr	1.05
3200	100	Nebel (« Andere Gefahren », Zusatztext « Nebel »)	1.30
3200	000	Andere Gefahren	1.30
3150	000	Gegenverkehr	1.26
3100	400	Baustelle auf 5000 Meter (Zusatztafel « Streckenlänge 5000 m »)	1.14/5.03
3100	300	Baustelle auf 2500 Meter (Zusatztafel « Streckenlänge 2500 m »)	1.14/5.03
3100	200	Baustelle	1.14
3100	100	Baustelle in 500 Meter (Zusatztafel « 500 m »)	1.14/5.01
3100	000	Baustelle in 1000 Meter (Zusatztafel « 1000 m »)	1.14/5.01
3050	000	Lichtsignale	1.27
0000	000	AUS / dunkel Gefahrensignal	

IV.6 Hinweissignale

Abb. IV.6 Signalbildprioritäten Hinweissignale

Priorität	Zusatzpriorität	Signalbild	SSV
2150	200	Anzeige der Fahrstreifen Bild 3	4.77
2150	100	Anzeige der Fahrstreifen Bild 3 in 500 Meter (Zusatztafel « 500 m »)	4.77/5.01
2150	000	Anzeige der Fahrstreifen Bild 3 in 1000 Meter (Zusatztafel « 1000 m »)	4.77/5.01
2100	200	Anzeige der Fahrstreifen Bild 2	4.77
2100	100	Anzeige der Fahrstreifen Bild 2 in 500 Meter (Zusatztafel « 500 m »)	4.77/5.01
2100	000	Anzeige der Fahrstreifen Bild 2 in 1000 Meter (Zusatztafel « 1000 m »)	4.77/5.01
2050	200	Anzeige der Fahrstreifen Bild 1	4.77
2050	100	Anzeige der Fahrstreifen Bild 1 in 500 Meter (Zusatztafel « 500 m »)	4.77/5.01
2050	000	Anzeige der Fahrstreifen Bild 1 in 1000 Meter (Zusatztafel « 1000 m »)	4.77/5.01
0000	000	AUS / dunkel Hinweissignal	

IV.7 Wegweisungssignale

Abb. IV.7 Signalbildprioritäten Wegweisung

Priorität	Zusatzpriorität	Signalbild	SSV
1200	000	Wegweisung Bild 3	4.6x
1100	000	Wegweisung Bild 2	4.6x
1000	000	Grundzustand (Wegweisung Bild 1)	4.6x

V Regionale Verkehrsräume (Beispiel)

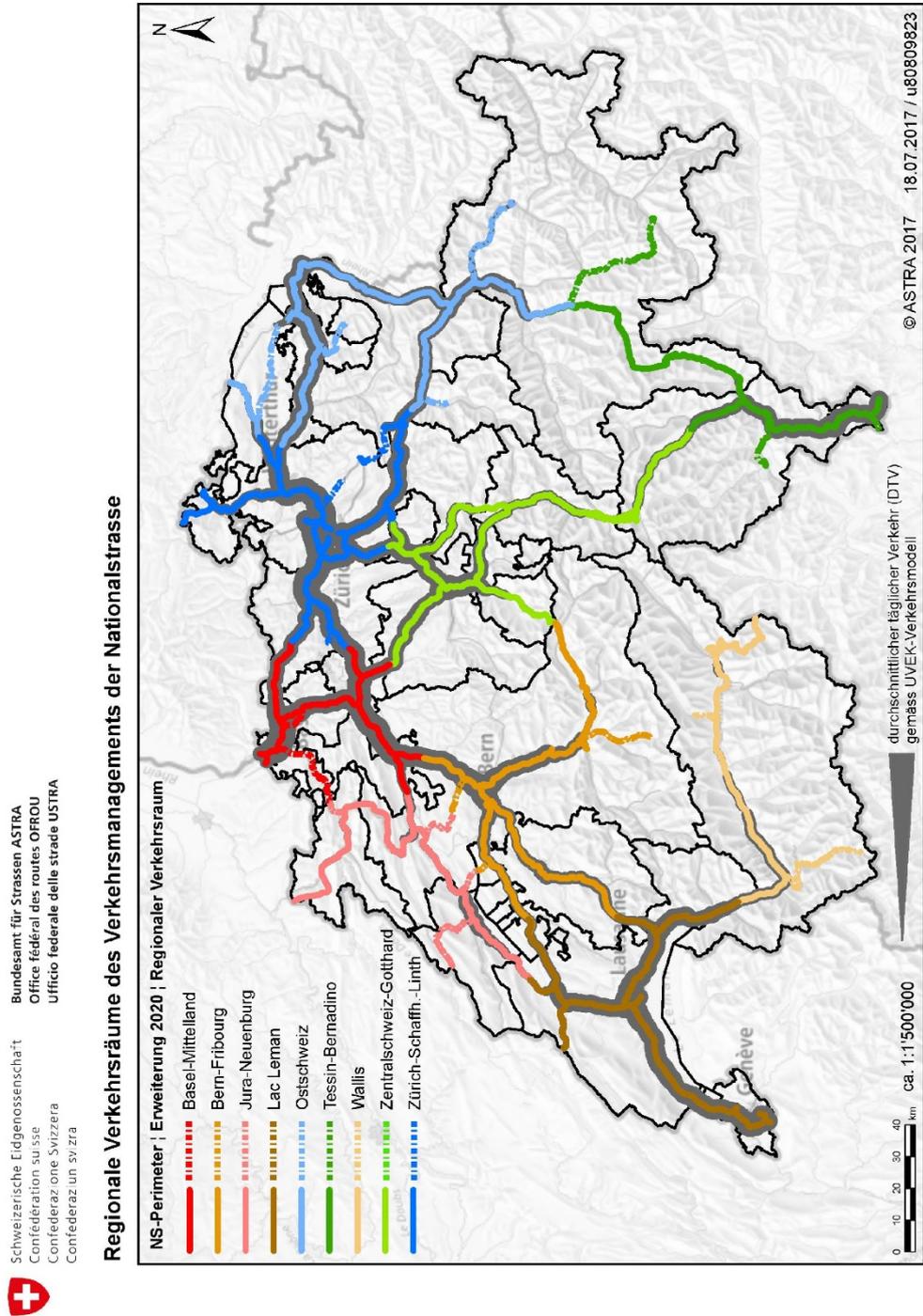


Abb. V.1 Mögliche, regionale Verkehrsräume im Verkehrsmanagement der Nationalstrasse

Glossar

Das folgende Glossar ergänzt die Dokumentation ASTRA 85990 „Glossar Verkehrsmanagement Schweiz“ [16]:

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
aggregierte Messwerte	Valeur agrégée	Aus mehreren, räumlich verteilten, erhobenen Werten, mit geeigneten statistischen Verfahren ermittelter Zustandswert (VSS 640 944).
Aggregat	agrégat	siehe ASTRA-Richtlinie 13013 „Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz (AKS-CH)“: Ein Satz von zusammenwirkenden einzelnen Komponenten oder anderen Aggregaten zur Erfüllung einer technischen Aufgabe. Es ist möglichst so definiert, dass es in mehreren Teilanlagen die gleiche technische Aufgabe erfüllt.
Aggregierung	agrégation	Zusammenfassung von einzelnen Daten mathematisch-statistischen Methoden und unter Informationsverlust zu einer Gesamtgrösse, z. B. zu Mittelwerten oder Anzahlen
Aktor	actionneur	Als Aktor wird diejenige Komponente in einer Verkehrsmanagement-Anlage bezeichnet, die für den Verkehrsteilnehmer unmittelbar sichtbar und wirksam wird. Z.B. LED-Fläche in Wechselsignalen, Signalgeber in LSA oder FLS, Prismen in Wechselwegweiser etc. Der Begriff stammt aus der Steuerungstechnik (vgl. Sensor).
Aktorik	ensemble des actionneurs	Bezeichnet gesamthaft die Anwendung von Aktoren
ASTRA	OFROU	Bundesamt für Strassen
Autark-Betrieb	mode autonome	Betrieb, falls die übergeordnete Regelungslogik ausfällt bzw. die entsprechende Kommunikation zwischen Regelungslogik und Aktoren, Sensoren und Lokalsteuerung unterbrochen ist.
Basisintervall	echantillonnage	Taktintervall, in dem Daten gesammelt und in einer 1. Stufe aggregiert werden, wobei das Basisintervall die kleinste Einheit darstellt.
Belegungsgrad OCC	taux d'occupation	Verhältnis der Summe der Verweilzeiten von Objekten (z.B. Fahrzeugen) im Detektionsbereich eines Detektors während eines Zeitintervalls zur Länge des Zeitintervalls.
Bemessungsverkehrsstärke q_{PCU}	capacité de déterminante	Verkehrsstärke, die für die Bemessung einer Strecke im Zusammenhang mit einer Geschwindigkeit massgebend ist.
Beobachtungsintervall	intervalles d'observation	Anzahl Taktintervalle, die zusammengefasst werden für den Input in den Algorithmus (2. Stufe Aggregation)
Betrieb, Autark	mode autonome	Siehe Autark-Betrieb
Betrieb, Lokal	mode local	Siehe Lokal-Betrieb
Betrieb, Normal	fonctionnement normal	Siehe Normalbetrieb
Betrieb, Simulation	mode simulation	Siehe Simulationsbetrieb
Betriebsart	mode opératoire	Anlagen befinden sich in einer der vier Betriebsarten «Fern», «Lokal», «Wartung», «Test»
Betriebsmittel	équipement	Ein Bauteil, eine Baugruppe oder ein Gerät einer elektrischen Anlage (vgl. Aggregat)
Betriebszustand (BZ)	état d'exploitation (EE)	Definition SN 640 804: "Mit Betriebszustand BZ wird der Signalisationszustand bzw. das Signalbild der dynamischen Signalisation bezeichnet" Der Begriff gilt für alle Systeme, die ereignis- oder verkehrsunabhängig geschaltet werden (z.B. bei VBS, GH, GW, PUN, WTA, DWW, etc.). Bei gewissen Betriebszuständen handelt es sich um eine Abfolge von Signalbildern, die einen bestimmten Zustand des Systems aufbauen/ bestehen lassen/ abbauen. Auf Französisch ist je nach System auch plan de feux oder scénario de signalisation gebräuchlich.
Bruttozeitlücke t_{brut}	espacement inter-véhiculaire	Zeitlücke, die zwischen gleichartigen Bezugspunkten aufeinanderfolgender Fahrzeuge gemessen wird.
BSA	EES	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
Car-to-X (C2X)	Car-to-X (C2X)	Oberbegriff für verschiedene Kommunikationstechniken in der Automotive- und Verkehrstechnik und steht für Connected Cars (synonym: Vehicle-to-X (V2X)) C2X bezeichnet vom Fahrzeug ausgehende Kommunikation, I2X bezeichnet vice-versa die von der Infrastruktur ausgehende Kommunikation, X steht für verschiedene Empfänger (z.B. C, I)
Datenanalyse	analyse des données	Numerisches und/oder statistisches Verfahren zur Aufdeckung von Strukturen in grossen Datenmengen. Bei einer Datenanalyse geht es primär darum, vorhandene Daten kennenzulernen, aufzubereiten und darzustellen.
Datenanalyse-Kern	noyau d'analyse des données	Aufbauend auf den Messdaten aus dem Messwert-Kern werden weitergehende verkehrstechnische Berechnungen und Analysen durchgeführt, mit dem Ziel, stabile und verlässliche Grundlagen und algorithmisch generierte Massnahmenanforderungen für die nachfolgenden automatischen Prozessschritte des Steuerungskerns zu generieren.
Datenaufbereitung	traitement des données	Ermittlung steuerungsunabhängiger Daten aus den übernommenen, unverarbeiteten Messwerten einschliesslich der Datenaggregation, Prüfen auf Plausibilität und Bilden von Ersatzwerten
Datenverteiler	bus de données	Ein Gerät in einem Computersystem, das die eingehenden Daten an verschiedene Orte weiterleitet.
Ereignismanagement	gestion des événements	In VM-CH: Sammelbegriff für alle Prozesse des Verkehrsmanagements, die von Ereignissen ausgelöst werden (un-/geplant).
Ersatzwertbildung	détermination de valeurs de substitution	Bildung von Ersatzwert eines fehlenden Messwerts eines Fahrstreifens aus dem Wert des vorausgegangenen Intervalls sowie aus dem aktuellen und alten Wert des zugeordneten Nachbarfahrstreifens (parametrierbar)
Erstversorgung	paramètres par défaut	Grundversorgung: Vorgabe von Default-Werten für Parameter
Fahrstreifen	voie de circulation	Teil der Fahrbahn, dessen Breite für die Fortbewegung eines mehrspurigen Fahrzeuges ausreicht.
Fahrstreifenlichtsignal-System) (FLS)	système de feux de fermeture temporaire des voies (FTV)	Vollständige Bezeichnung in SSV Art.69: "Lichtsignal-System für die zeitweilige Sperrung von Fahrstreifen". Fahrstreifenbezogene Lichtsignale auf HLS-Abschnitten («Krüzli-Stich»). Sie dienen der Verkehrsleitung und der Tunnelsicherung.
Fahrzeug (Fz)	véhicule automobile	Motorfahrzeug
Fahrzeugklassifizierung	classification des véhicules	System zur Einteilung der Fahrzeuge in definierte Klassen aufgrund von Gewicht, Länge, Nutzung, Antrieb, Achszahl oder Fahrgastzahl.
Falschfahrer	véhicule à contresens	Auf der falschen Fahrbahn entgegenkommendes Fahrzeug
Feldebene	niveau local	Unterste Ebene der Automatisierungspyramide. Auf dieser Ebene wird die befinden sich die Sensoren und Aktoren und führen die Aktionen der Regelungslogik aus.
Floating-Car-Data (FCD)	Floating Car Data (FCD) ("données de véhicule flottant")	Ist ein Telematikdienst, der in der Automotive-Technik eingesetzt wird und in der Fahrzeuge als mobile Erfassungseinheiten für die Ermittlung von Verkehrsdaten benutzt werden.
Fundamentaldiagramm	diagramme fondamental	Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Grössen Geschwindigkeit, Verkehrsdichte und Verkehrsstärke. Es liegt ein makroskopisches Verkehrsflussmodell zurunde, das die physikalischen Beziehungen beschreibt.
Gebietseinheit (GE)	Unité territoriale (UT)	Der Betrieb und Unterhalt der Nationalstrasse erfolgt durch 11 Gebietseinheiten
Gefahrenwarnung (GW)	avertissement de danger	GW dient der lokalen Gefahrenwarnung. Sie kündigen unmittelbar bevorstehende Gefahren an (z.B. Stau, Unfall, Baustelle, Glatteis etc.)
Georeferenzierung	Géoréférencement	Zuweisung raumbezogener Referenzinformationen zu einem Datensatz
Geschwindigkeitsharmonisierung (GH)	harmonisation des vitesses	Die GH ermöglicht über längere Strecken die Anordnung einer dem aktuellen Verkehrszustand und/oder den Umfeldbedingungen angepasste Höchstgeschwindigkeit
Glättung	lissage	Mitteln des Wertes an einem Punkt durch gewichtetes Mitteln der Daten um einen Punkt herum.
Gleitender Mittelwert	moyenne glissante	Methode zur Glättung von Zeit- bzw. Datenreihen.

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
		Im Ergebnis wird eine neue Datenpunktmenge erstellt, die aus den Mittelwerten gleich grosser Untermengen der ursprünglichen Datenpunktmenge besteht. Er ist eine Durchschnittsberechnung, die im Zeitablauf rollierend im Rahmen einer Zeitreihenanalyse durchgeführt wird. Im Gegensatz zum arithmetischen Mittel wird der Durchschnitt nicht über alle vorhandenen Daten, sondern über eine Auswahl (z.B. über 15s) gebildet und dies nicht einmalig, sondern regelmäßig.
GUI	GUI	Graphical User Interface (Benutzeroberfläche)
Hysterese	hystérésis	Funktioneller Zusammenhang zwischen gemessener bzw. ermittelter Grösse und Zustand, in Abhängigkeit vom aktuellen Zustand Es bezeichnet vereinfacht die Fortdauer einer Wirkung bei Wegfall der Ursache
Konfiguration	configuration	Anpassen von (generischer) Software an die Erfordernisse des Systems, der verwendeten Modelle und an die des Benutzers durch Eingabe bzw. Auswahl der geeigneten Daten, Einstellungen und Parameterwerte. Die Konfiguration ist gegenüber der Parametrierung statischer.
Kopplung	association	Berücksichtigung von räumlich abgesetzten Akteuren.
Längsabgleich	harmonisation longitudinale	Prüfung der verkehrsrechtlich korrekten Darstellung über den Streckenverlauf und Durchführung von allfällige Korrekturen
logische Passivierung	inhibition logique	Unterbindung der Verarbeitung im Rahmen des Datenanalyse- und des Steuerungskerns (Messwerte werden jedoch im Messwert-Kern verarbeitet und danach archiviert).
Lokal-Betrieb	mode local	Stellung von Einzelsignalen ab Lokalsteuerung. Es kann keine übergeordnete Beeinflussung der entsprechenden Signale mehr stattfinden.
LW	PL	Lastwagen
LW-Anteil (a_{LW})	Part de poids lourd	Lastwagenanteil
Massnahmenanforderung	exigence relative aux commandes	Massnahmenanforderungen sind Anforderungen, die aus dem Datenanalyse-Kern, aus Drittsystemen oder manuell generiert werden. Diese Massnahmenanforderungen fliessen als Input in den Steuerungskern ein. Im Steuerungskern werden aufgrund der Massnahmenanforderungen Betriebszustände generiert.
(Verkehrs-)Menge q	débit	Anzahl von Fahrzeugen pro Mess- respektive Bezugsintervall, in der Regel eine Stunde oder ein Tag. Vgl. auch PW-äquivalente Verkehrsmenge
Messdaten	Données de mesure	Zusammengestellte, ausgewertete oder aufbereitete Messwerte. Bezogen auf Sensoren: Daten, die aus bestimmten Messwerten der Sensoren aggregiert werden.
Messquerschnitt	Profil de mesure	Lokale Stelle an der Strasse, an der Messwerte erfasst werden
Messsektor	Zone de mesure	Siehe Kap. 2.5.2
Messwerte	Valeur mesurée	Quantitative Aussage über die physikalische Messgrösse, bestehend aus einem Zahlwert und der Einheit. Bezogen auf Verkehrszähler: Messgrösse, die durch den Verkehrszähler physikalisch gemessen wird.
Messwerte, aggregiert	Siehe aggregierte Messwerte	Siehe aggregierte Messwerte
Messwerte, plausibilisiert	Siehe plausibilisierte Messwerte	Siehe Messwertplausibilisierung
Messwerte, unverarbeitet	données brutes	unbearbeitete Ergebniswerte der Streckenstation
Messwert-Kern	noyau des valeurs mesurées	Im Messwert-Kern werden die unverarbeiteten Messwerte der Feldebene einer einheitlichen Plausibilisierung, Aggregation und Vervollständigung zugeführt und zu Messdaten aufbereitet. Zudem werden Prozessdaten der Feldebene entgegengenommen.
Messwertplausibilisierung	Plausibilisation des valeurs mesurées	Automatisierte Prüfung von übernommenen Messwerten auf Plausibilität mittels einfacher Regeln
Momentane Fahrzeuggeschwindigkeit v_m	vitesse instantanée du véhicule	siehe I.2
Nachzone	Fin de zone	Die Nachzone dient dazu, das Ende einer Massnahme gegenüber dem Verkehrsteilnehmer zu kommunizieren

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
Nettozeitlücke t_{Net}	créneau	Zeitlücke, die zwischen der Hinterkante des vorausfahrenden Fahrzeuges und der Vorderkante des nachfolgenden Fahrzeuges gemessen wird. Differenz zwischen dem Ende der Erfassung eines Fahrzeugs und dem Beginn der Erfassung des nachfolgenden Fahrzeugs durch einen Sensor.
Normalbetrieb	fonctionnement normal	Zustand, in dem Anlagen planmässig und regulär benutzt werden
Pannestreifenumnutzung (PUN)	réaffectation de la bande d'arrêt d'urgence	Umnutzung des Pannestreifens in einen zusätzlichen Fahrstreifen bei starkem Verkehrsaufkommen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen ortsfesten Massnahmen, die unter festgelegten Bedingungen aktiviert werden, und sporadischen oder temporären Massnahmen z.B. bei Unfällen oder Baustellen.
Parametrierung	paramétrage	Veränderung der Parameterwerte während des Systemlaufs
Passivierung	inhibition	Unterbindung der Verarbeitung von Verkehrs-, Umfeld-Messwerte und Prozessdaten
Passivierung, logisch	Siehe logische Passivierung	Siehe logische Passivierung
physikalische Passivierung	inhibition physique	Stoppen der Push-Kommunikation eines Aggregates per zentralem Befehl. Bis auf Wiederaufhebung wird jeglicher aktiver Versand von Verkehrs-, Umfeld-Messwerten und Prozessdaten durch das Betriebsmittel auf der Feldebene oder der übergelagerten Kommunikationsebene gestoppt. In der Folge werden keinerlei Informationen zentral verarbeitet und auch keine Daten archiviert.
plausibilisierte Messwerte	Valeur mesurée validée	Siehe Messwertplausibilisierung
Prozessdaten	données process	Analoge und digitale Werte, die aus einem technischen Prozess mittels Sensoren, Aktoren und Steuerungen dynamisch gewonnen werden. Die Prozessdaten repräsentieren den aktuellen Zustand des Prozesses in der Leittechnik. Prozessdaten werden dem Benutzer angezeigt, archiviert und dienen zur automatischen Beeinflussung des Prozesses Prozessdaten umfassen analoge und digitale Werte sowie Daten, die dynamisch im Betrieb anfallen. Darunter fallen Zustandsdaten, Betriebs- und Störungsmeldungen, digitale Kontakte, Programmanforderungen, Schnittstellen und Befehle. Solche Daten können kontinuierlich oder ereignisgetrieben entstehen.
PW	VT	Personenwagen
PW-äquivalente Verkehrsmenge q_{PWE}	débit en unité de véhicule particulier	Auf PW normierte Angabe der Verkehrsmenge, in der Regel erfolgt dies über den benötigten Raumbedarf während der Fortbewegung (LW : 2-3 PW)
Querabgleich	harmonisation transversale	Homogenisierung der Signalbilder pro Signalquerschnitt respektive zwischen Signalquerschnitten anhand definierter Regeln.
Rampendosierung	dosage des rampes	Bei der Rampendosierung wird der Zufluss zur HLS verkehrabhängig dosiert, mit dem Ziel, den Verkehrsfluss auf der Stammstrecke aufrecht zu erhalten, den einfahrenden Verkehrsstrom zu vereinzeln sowie die Reisezeiten im Gesamtsystem zu optimieren. Das Dosieren erfolgt mit separaten Lichtsignalanlagen auf der Einfahrtsrampe selbst oder bei vorgelagerten Knoten.
Regelkreis	Boucle de régulation	Als Regelkreis wird der in sich geschlossene Wirkungsablauf für die Beeinflussung einer physikalischen Grösse in einem technischen Prozess bezeichnet; siehe Kap. 2.4
Regelungstechnik	technique de régulation	Ist eine Ingenieurwissenschaft, die die in der Technik vorkommenden Regelungsvorgänge behandelt.
Regionale Leitzentrale (RLZ)	centrale régionale de gestion du trafic (RLZ)	Zentrale, die von regionalen Behörden (Kanton(e), Städte(n), Gemeinde(n)) in einer Trägerschaft betrieben wird. Sie führt das operative Verkehrsmanagement im Auftrag der VMZ-CH in einer bestimmten Agglomeration für einen Teil des Nationalstrassennetzes durch.
Reisezeit t_r	Temps de parcours	Zeitbedarf für das Zurücklegen eines bestimmten Streckenabschnittes
Schaltbefehl	commande consolidée	Information zur Änderung einer oder mehrerer Anzeigen auf einem oder mehreren Aggregaten.

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
Schaltwunsch	souhait de commande	Bedürfnis zur Darstellung eines oder mehrerer Signalbilder auf einem oder mehreren Aktoren. Das Bedürfnis kann voll/semi-automatisch oder manuell ausgelöst sein.
Schnittstelle	Interface	Gedachter oder tatsächlicher Übergang an der Grenze zwischen zwei Funktionseinheiten mit den vereinbarten Regeln für die Übergabe von Daten oder Signalen.
Schwellenwerte	valeurs seuils	Grenzwert, bei dem durch Über- oder Unterschreitung eine Aktion/Handlung ausgelöst werden soll
Sensor	capteur	Als Sensor wird diejenige Komponente in einem Verkehrsmanagement-System bezeichnet, die Verkehrsdaten als Messwerte (im Rohformat) erfasst und an die Regelungslogik im Verkehrsrechner. Aktoren sind z.B. Induktionsschleifen, Radar-, Infrarotsensoren, etc. Der Begriff stammt aus der Steuerungstechnik (vgl. Aktor).
Sensorik	mesures physiques	Bezeichnet gesamthaft die Anwendung von Sensoren
Signalbild	image du signal	Grafische Darstellung eines Verkehrszeichens. Insbesondere bei dynamischen Wechselsignalen können mehrere Signalbilder als Grafikdateien technisch versorgt sein.
Signalbildpriorität	priorité des symboles	Zur Verarbeitung von Überlagerungen werden für jeden Signaltyp die einzelnen Signalbilder nach Priorität eingestuft, wobei im Allgemeinen das Signalbild mit der am meisten einschränkenden Wirkung die höchste Priorität erhält.
Signalquerschnitt (SQ)	Section de signalisation	Der Signalquerschnitt fasst fachlich die Menge an Aktoren zusammen, welche verkehrsrechtlich und –technisch in direkter Beziehung stehen. siehe Kap. 2.5.1
Signaltyp	type de signal	Signale mit gleicher fachlicher Funktion und/oder gleichem Umfang an Signalbildinhalten werden in Signaltypen zusammengefasst. Folgende Signaltypen sind mindestens definiert: Vorschrittsignale, Gefahrensignale, Fahrstreifenlichtsignale, Dynamische Wegweiser, Hinweissignale. Bei dynamischen Wechselsignalen sind Kombinationen von mehreren Signaltypen technisch möglich. siehe Kap. 2.5.3
Simulationsbetrieb	mode simulation	Dient zur Schulung. Resultierende Schaltbefehle werden nicht an die Lokalsteuerung zur Schaltung weitergeleitet, sondern innerhalb des Simulationsbetriebes als «gestellt» zurückgemeldet.
Sonderprogramm	programme spécial	Ein ad-hoc (manuell) erstellbarer Betriebszustand, in dem frei ein Schaltbild auf einem oder mehreren einzelnen Aktoren gewählt, gesamthaft gespeichert, wiederaufgerufen und aktiviert werden kann. Das Sonderprogramm kann ganz oder teilweise modifiziert werden. Die prioritätenbasierte Überlagerung wird vollständig unterstützt.
Stammdaten	données de base	Stammdaten sind Daten, die über einen längeren Zeitraum Gültigkeit haben. Sie bilden die Grundlage zur Beschreibung von Strassendaten.
Standardabweichung s	écart type	Mass für die Streuung der empirischen Verteilung um den Mittelwert
Steuerungskern	noyau de régulation	Aus den vorliegenden Massnahmenanforderungen aus dem Datenanalyse-Kern werden automatische Schaltwünsche generiert. Unter Berücksichtigung weiterer Massnahmenanforderungen oder Schaltwünsche (z.B. aus Drittsystemen, durch Tunnelreflexe und/oder manuelle Eingriffe) und unter Anwendung allgemeiner Regeln ergibt sich ein homogener und verkehrsrechtlich korrekter Gesamt(betriebs)zustand.
Störungsabgleich	Information d'incidents techniques	Störungen auf der Feldebene sowie bei der Kommunikation müssen der Regelungslogik sofort bekannt sein. Auf Basis der vorliegenden Störungsdaten/-information werden spezielle, regelbasierte Massnahmen geprüft und ggf. als zusätzliche Massnahmenanforderung integriert. Die Berechnung des Gesamtbetriebszustandes wird mit der erweiterten Anforderung nochmals durchlaufen.
Störungsmanagement	Gestion d'incidents	Beschreibt die Bearbeitung von internen und externen Störungen im technischen Auftragsabwicklungsprozess

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
Streckentopologie	topologie du tronçon	Modell von geokodierten Objekten von Strecken (inkl. deren geometrischen Merkmalen) und allen Lagebeziehungen untereinander.
stromabwärts	en aval	Orientierung bezogen auf die Fluss- respektive Fahrtrichtung des (richtungsgetrenten) Verkehrsstromes (stromabwärts: in Fahrtrichtung; engl. downstream)
stromaufwärts	en amont	Orientierung bezogen auf die Fluss- respektive Fahrtrichtung des (richtungsgetrenten) Verkehrsstromes (stromaufwärts: entgegen der Fahrtrichtung; engl. upstream)
Taktintervall	intervalles d'horloge	Grundintervall, in dem Daten gesammelt und in einer 1. Stufe aggregiert werden
TimeToCollision TTC	temps restant avant la collision TTC	Abstand zweier Fahrzeuge zueinander, dividiert durch die Geschwindigkeitsdifferenz beider Fahrzeuge. Sie gibt unter der Annahme gleichbleibender Bedingungen die Zeit bis zur rechnerischen Kollision der beiden Fahrzeuge an.
Überlagerung	superposition	Überlagerungen treten auf, wenn sich die Ausdehnungsbereiche verschiedener BZ in einem Zeitschritt räumlich überlappen. Dies kann einerseits zur Folge haben, dass an einem Signal durch unterschiedliche BZ verschiedene Signalbilder angefordert werden.
Umfelddaten	données d'environnement	Messwerte, die den Umfeldzustand eines bestimmten lokalen Bereichs beschreiben (Helligkeit, Sichtweiten, Witterungszustand, etc.)
unverarbeitete Messwerte	Siehe Messwerte, unverarbeitet	Siehe Messwerte, unverarbeitet
Ursacheneinheit	déclencheur	Löst generell die Schaltwünsche aus. Sie ist mindestens einem Signalquerschnitt zugeordnet. Sie ist virtuell und kann aus verschiedenen Quellen Daten oder auch (fertige) Schaltwünsche beziehen. Sie kann auch für sich alleine stehen.
Vehicle-to-X (V2X)	Vehicle-to-X (V2X)	Oberbegriff für verschiedene Kommunikationstechniken in der Automotive- und Verkehrstechnik und steht für Connected Cars (synonym: Car-to-X (C2X)) V2X bezeichnet vom Fahrzeug ausgehende Kommunikation, I2X bezeichnet vice-versa die von der Infrastruktur ausgehende Kommunikation, X steht für verschiedene Empfänger (z.B. V, I)
Verdrängung	éviction	Bei konkurrierenden Betriebszuständen, bei denen ein niedriger priorisierte Betriebszustand ebenfalls dargestellt werden soll, kann eine regelbasierte, räumliche Verdrängung/Verschiebung der Massnahmenanforderung stattfinden. Zum Beispiel: Parallele Massnahmenanforderung von LW-Überholverbot und Baustellen-Signalisation am selben Signalquerschnitt. Art und Umfang der zulässigen Verdrängung werden durch den Verkehrsingenieur vorab definiert.
verkehrsabhängige Regelung	Régulation dépendante du trafic	Bei der verkehrsabhängigen Regelung werden anhand aktueller Verkehrsdaten die verkehrlich notwendigen Massnahmen (ursachenbezogen) ermittelt, aktiviert und dem Verkehrsteilnehmer geschaltet.
Verkehrsbeeinflussungssystem (VBS)	système de gestion du trafic	Sammelbegriff für Systeme, mit denen der Strassenverkehr operativ beeinflusst werden kann.
Verkehrsdaten	données de trafic	Definiert im Normentwurf SN 971 951: "Verkehrsdaten sind Daten, welche zu einer vorgegebenen Zeit den Verkehr und die für ihn relevanten Einflüsse im Umfeld der Verkehrsnetze quantitativ beschreiben."
Verkehrsdichte k	densité du trafic k	Fahrzeuge pro Kilometer
Verkehrsleitsystem (VLS)	système de gestion d'axe	Sammelbegriff für Systeme, die für die Verkehrsleitung eingesetzt werden.
Verkehrsleitung	gestion opérationnelle	Der Begriff wird in MinVG Art.10 Abs.4a und SVG Art.57c Abs.2b benützt. Definition SN 640 781: "Beeinflussen des Verkehrs durch Massnahmen auf einer Strecke."
Verkehrslenkung	gestion de réseau	Der Begriff wird benützt in MinVG Art.10 Abs.4a. SVG Art. 57c Abs.2a,c benützt Lenkung des motorisierten Verkehrs. Definition SN 640 781: "Beeinflussen der Routenwahl in Strassennetzen und Empfehlungen zur Zeit- und Verkehrsmittelwahl."

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
Verkehrsmanagement (VM)	gestion du trafic	Der Begriff ist definiert in MinVG Art.10 Abs.4: "Das Verkehrsmanagement umfasst alle Massnahmen und Arbeiten, die für einen sicheren und flüssigen Verkehr auf den Nationalstrassen erforderlich sind, namentlich a.) Verkehrslenkung, -leitung und -steuerung; b.) Verkehrsinformation, wie Sammlung und Aufbereitung von Daten sowie Bereitstellung und Verbreitung von Verkehrsinformationen, als Grundlage für optimale Entscheidungen der Strassenbenützer vor und während einer Fahrt auf den Nationalstrassen." Die Definition in MinVG Art.10 fällt in den Begriff gemäss SN, und präzisiert seine Bedeutung für den Bund. Definition SN 640 781: "Unter Verkehrsmanagement versteht man die Gesamtheit aller Massnahmen planerischer, technischer, organisatorischer und rechtlicher Art, die räumlich und zeitlich geeignet sind, den gesamten Verkehrsablauf für Benützer, Betreiber und Betroffene optimal zu gestalten." Verkehrsmanagement dient in der Norm als Oberbegriff, und wird systematisch unterteilt.
Verkehrsmanagementzentrale (VMZ-CH)	centrale de gestion de trafic	Sie ist in MinVG Art.8 verankert. Die Verkehrsmanagementzentrale Schweiz ist für die verkehrsbeeinflussenden Massnahmen auf dem schweizweiten Netz der Nationalstrassen verantwortlich. Die VMZ-CH umfasst die notwendigen technischen Einrichtungen (Arbeitsplätze, Darstellungsgeräte, Rechner, Datenspeicher sowie einen Anschluss an den VDV-CH).
Verkehrsmenge	débit	Anzahl von Fahrzeugen pro Mess- respektive Bezugsintervall, in der Regel eine Stunde oder ein Tag. Vgl. auch PW-äquivalente Verkehrsmenge
Verkehrsmonitoring	monitorage du trafic	Dient der Erfassung und Aufbereitung von Verkehrszählraten und der Verwaltung des Messstellennetzes
Verkehrsrchner (VR)	ordinateur de contrôle de trafic	siehe ASTRA-Richtlinie 13013 „Anlagenkennzeichensystem Schweiz (AKS-CH)“: Ein Rechner des Segments «Verkehr» in der Verkehrsrechnerzentrale oder Unterzentrale mit Software zur Realisation verkehrstechnischer Online-Aufgaben
Verkehrssektor	secteur de trafic	siehe Kap. 2.5.1
Verkehrssteuerung	régulation du trafic	Der Begriff wird in MinVG Art.10 Abs.4a und SVG Art.57c Abs.2b benützt, und wurde in den Vernehmlassungsunterlagen beschrieben. Bedeutung gemäss SN. Definition SN 640 781: "Beeinflussen der verschiedenen Verkehrsströme an Knoten (inkl. Dosieren bei Autobahnanschlüssen) und Objekten wie Brücken, Tunnels, Baustellen, Parkierungsanlagen usw. (inkl. dynamische Bevorzugung und Beschleunigung von Bussen, Trams und Interventionsdiensten)."
Verkehrstelematik (ITS)	Télématique des transports (ITS)	Verschiedene Technologien, die auf Informatik und Telekommunikation beruhen und zugunsten einer nachhaltigen Verkehrspolitik zu folgenden Zwecken angewendet werden: 1. Optimierte Nutzung vorhandener Verkehrskapazitäten und gleichzeitige Sicherstellung einer effizienten Verkehrsabwicklung, 2. Erhöhung der Verkehrssicherheit, 3. Förderung des intermodalen und multimodalen Verhaltens der Verkehrsteilnehmenden, 4. Verminderung der Umweltbelastung und Komfortsteigerung.
Verkehrszustand	état de circulation	Bewertung des Verkehrsflusses
Verriegelung	verrouillage	Eine Verriegelung soll ungewollte Zustände, Abläufe oder Ereignisse verhindern. Es soll so vermieden werden, dass versehentlich bestimmte Aktionen ausgeführt werden, die potentiell Schäden verursachen können. Um eine Verriegelung aufzuheben ist in der Regel bewusstes Handeln nötig.
Verriegelungsmatrix	Matrices de verrouillage	Enthält Eintragungen zu nicht erlaubten Kombinationen von Signalbildern auf Aktoren eines bestimmten SQ
Vorzone	zone d'approche	Die Vorzone dient dazu, eine bevorstehende Massnahme vorzubereiten und gegenüber dem Verkehrsteilnehmer zu kommunizieren (z.B. Geschwindigkeitstrichter)

Begriff deutsch	Begriff französisch	Bedeutung
Wechselsignalisation	Signalisation variable	Fest installierte Verkehrssignalisation, die bei Bedarf gezeigt, geändert oder aufgehoben werden kann.
Wechseltextanzeige (WTA)	panneau à message variable (PMV)	System der Feldebene (Aktoren) zur kollektiven Übermittlung von Informationen zur Lenkung und Warnung der Verkehrsteilnehmenden (z.B. Stauwarnung).

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1958), „**Strassenverkehrsgesetz (SVG) vom 19. Dezember 1958**“, SR 741.01, www.admin.ch.
- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesgesetz über die Nationalstrassen (NSG) vom 8. März 1960**“, SR725.11, www.admin.ch.

Verordnungen

- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „**Signalisationsverordnung (SSV) vom 5. September 1979**“, SR741.21, www.admin.ch.
- [4] Schweizerische Eidgenossenschaft (2016), „**Nationalstrassenverordnung (NSV) vom 7. November 2007**“, SR 725.111, www.admin.ch.

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**Steuerung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen: Rollen, Aufgaben und Anforderungen für Benutzeroberflächen**“, Weisung ASTRA 73002, V1.01, www.astra.admin.ch.
- [6] Bundesamt für Strassen ASTRA (2016), „**Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)**“, Richtlinie ASTRA 15003, V2.01, www.astra.admin.ch.
- [7] Bundesamt für Strassen ASTRA (2015), „**Betriebszustände – Verkehrssteuerung**, Grundsätze zum Aufbau der Signalisationsbetriebszustände“, Richtlinie ASTRA 15010, V1.00, www.astra.admin.ch.
- [8] Bundesamt für Strassen ASTRA (2018), „**Rampenbewirtschaftung**, Grundsätze für Planung und Betrieb“, Richtlinie ASTRA 15015, V1.00.
- [9] Bundesamt für Strassen ASTRA (2015), „**Geschwindigkeitsharmonisierung und Gefahrenwarnung (GHGW)**, Grundsätze zu Planung und Betrieb“, Richtlinie ASTRA 15016, V1.01, www.astra.admin.ch.
- [10] Bundesamt für Strassen ASTRA (2009), „**Verkehrszähler**“, Richtlinie ASTRA 13012, V1.06, www.astra.admin.ch.
- [11] Bundesamt für Strassen ASTRA (2014), „**Struktur und Kennzeichnung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (AKS CH)**“, Richtlinie ASTRA 13013, V2.53, www.astra.admin.ch.
- [12] Bundesamt für Strassen ASTRA (2016), „**Systemarchitektur Leit- und Steuersysteme der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen**“, Richtlinie ASTRA 13031, V1.70, www.astra.admin.ch.

Normen

- [13] Europäisches Komitee für Normung CEN (2019), „**Vertikale Verkehrszeichen – Wechselverkehrszeichen**“, EN 12966:2019-02.

Dokumentation

- [14] Bundesamt für Strassen ASTRA (2005), „**Verkehrstelematik ITS-CH 2012, Leitbild für die Schweiz im Jahre 2012**“, Dokumentation ASTRA 85001, www.astra.admin.ch.
- [15] Bundesamt für Strassen ASTRA (2020), „**Verkehrstechnische Regelungslogik - Konfiguration und Parametrierung**, Fachdatenmodell für die Versorgung“, Dokumentation ASTRA 85019, V1.00, www.astra.admin.ch.
- [16] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), „**Glossar Verkehrsmanagement Schweiz**“, Dokumentation ASTRA 85990, V5.16, www.astra.admin.ch.
- [17] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012), „**Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS 2012)**“, Standard, BAST, www.bast.de.
- [18] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2018), „**Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ 2018)**“, Standard, BAST, www.bast.de.
- [19] Regierungspräsidium Tübingen, Landesstelle für Straßentechnik (2014), „**Entwicklung einer standardisierten Steuerungssoftware für eine Streckenbeeinflussungsanlage am Beispiel der A 8 zwischen AD Leonberg und AS Wendlingen (SSW-SBA-A8) – Systemarchitektur**“, V6.00, www.nerz-ev.de.
- [20] Bundesamt für Strassen ASTRA (2016), „**Style Guide BSA, Teil 0 bis 3**“, Dokumentation ASTRA 83050 – 83053, V1.10, www.astra.admin.ch.

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2018	V1.04	01.08.2022	Präzisierung Belegungsgrad sowie Anhang II.1.1 und II.1.2; redaktionelle Anpassung Abb 2.7 (nur französische Übersetzung)
2018	1.03	01.04.2021	Redaktionelle Anpassung (im Rahmen der italienischen Übersetzung)
2018	1.02	01.09.2020	Redaktionelle Anpassung im Rahmen der Publikation der Dokumentation 85019
2018	1.01	01.11.2019	Redaktionelle Anpassung (im Rahmen der französischen Übersetzung)
2018	1.00	01.06.2018	Inkrafttreten Ausgabe 2018 (Originalversion in Deutsch)

