



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Strassen ASTRA**

**RICHTLINIE**

# **RAMPENBEWIRTSCHAFTUNG**

*Grundsätze für Planung und Betrieb*

---

*Ausgabe 2018 V1.00*

*ASTRA 15015*

# Impressum

## **Autoren / Arbeitsgruppe**

Patric Jegge (ASTRA N-VIM, Vorsitz)  
Sigrid Pirkelbauer (ASTRA N-VIM)  
Thomas Gasser (Rudolf Keller & Partner, Verkehrsingenieure AG, Muttenz)  
Kevin Zacher (Rudolf Keller & Partner, Verkehrsingenieure AG, Muttenz)

**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](http://www.astra.admin.ch) herunter geladen werden.

© ASTRA 2018

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

## Vorwort

Ursprünglich wurden die Nationalstrassen (NS) zur Durchleitung des übergeordneten Verkehrs geplant und gebaut. Über die Jahre ist die Anschlussdichte kontinuierlich angewachsen. Heute bewältigen die NS zu einem nicht unerheblichen Teil den Ziel-, Quell- und Binnenverkehr grösserer Städte und Agglomerationen. Neben der Erreichbarkeit der Wirtschaftszentren stellen sie damit die Erschliessung ganzer Ortsteile sicher und tragen zur Entlastung des innerstädtischen Strassennetzes bei.

Mit der zunehmenden Dichte und der überproportionalen Verkehrszunahme auf dem Nationalstrassennetz werden die Anschlussbereiche vermehrt zu Problemstellen. Immer öfter führen pulkförmig einfahrende Fahrzeuge zu einer Überlastung der NS, und eine ungenügende Leistungsfähigkeit des Sekundärknotens im Ausfahrtsbereich bewirkt Rückstaus bis auf die NS.

Mit der geeigneten Ausgestaltung und der Bewirtschaftung der Rampen kann die Funktionalität der Nationalstrasse verbessert und eine sichere sowie störungsfreie Abwicklung der Verkehrsströme erreicht werden. Die verfügbaren Stauräume auf den Rampen im Übergang zwischen dem über- und dem nachgelagerten Strassennetz werden genutzt, um die Leistungsfähigkeit der angrenzenden Netze zu erhalten.

Die Richtlinie legt die Ausgestaltung sowie die verkehrstechnischen und betrieblichen Anforderungen für Massnahmen zur Rampenbewirtschaftung fest. Sie dient den Bauherren und den Betreibern der Nationalstrasse sowie deren beauftragten Planern und Lieferanten als Leitfaden.

### **Bundesamt für Strassen**

Jürg Röthlisberger  
Direktor



# Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum .....</b>	<b>2</b>
	<b>Vorwort.....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>7</b>
1.1	Zweck der Richtlinie .....	7
1.2	Geltungsbereich .....	7
1.3	Adressaten .....	7
1.4	Inkrafttreten und Änderungen .....	7
<b>2</b>	<b>Abgrenzung .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Ziele .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Grundsätze und Einsatzkriterien .....</b>	<b>10</b>
4.1	Anforderungen und Einsatzkriterien .....	10
4.2	Verkehrsbeobachtung und Monitoring .....	10
4.2.1	Verkehrsbeobachtung .....	10
4.2.2	Monitoring.....	10
<b>5</b>	<b>Massnahmen Einfahrten.....</b>	<b>11</b>
5.1	Überblick .....	11
5.2	Rampendosierung.....	13
5.2.1	Grundsätze.....	13
5.2.2	Zweck .....	13
5.2.3	Aussenanlage.....	14
5.2.4	Steuerung Rampendosierung .....	17
5.2.5	Pulksteuerung .....	24
5.2.6	Koordinierte Rampendosierung .....	25
5.2.7	Vorgehen zur Wahl der Art von Rampendosierung (einzeln / koordiniert) .....	26
5.3	Einfahrtshilfe (FLS zum Sperren des Normalfahrstreifens) .....	28
5.3.1	Grundsätze .....	28
5.3.2	Signalisation .....	28
<b>6</b>	<b>Massnahmen Ausfahrten .....</b>	<b>29</b>
	<b>Anhänge .....</b>	<b>31</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>49</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>50</b>
	<b>Auflistung der Änderungen.....</b>	<b>51</b>



# 1 Einleitung

## 1.1 Zweck der Richtlinie

Die Richtlinie definiert die Vorgaben für eine einheitliche Ausgestaltung, Wahl und Anwendung von Massnahmen zur Bewirtschaftung von Rampen des schweizerischen Nationalstrassennetzes. Sie bildet einen Bestandteil der Richtliniengruppe zum Verkehrsmanagement, präzisiert die Vorgaben der Richtlinie ASTRA 15003 „Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)“ [3] und ergänzt die Anforderungen der bestehenden Schweizer Normen.

## 1.2 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt für die Planung, Realisierung und den Betrieb von Massnahmen zur Rampenbewirtschaftung auf dem schweizerischen Nationalstrassennetz. Sie liefert die Vorgaben für eine einheitliche Anwendung von Massnahmen zur betrieblichen Optimierung des Verkehrsablaufs bei überlasteten Rampen oder zur Minimierung allfälliger bekannter Sicherheitsdefizite (z.B. Ergebnis Audit, Unfallzahlen oder Polizeimeldungen).

Die vorliegende Richtlinie beinhaltet Massnahmen des Einfahrtsbereiches und des Ausfahrtsbereiches.

Die Vorgaben zum Sekundärknoten der Anschlussbereiche werden in der separaten Richtlinie ASTRA 15020 „Sekundärknoten“ [6] behandelt.

## 1.3 Adressaten

Die Richtlinie richtet sich an die Bauherren und Betreiber der Nationalstrassen und des nachgelagerten Netzes sowie an deren beauftragte Planer und Lieferanten. Sie dient Verkehrsexperten als Anweisung für die Evaluation und Projektierung von Massnahmen zur Rampenbewirtschaftung.

## 1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Die vorliegende Richtlinie „Rampenbewirtschaftung (Ausgabe 2018)“ tritt am 01.07.2018 in Kraft. Die Auflistung der Änderungen ist auf Seite 51 zu finden.

## 2 Abgrenzung

Die Ein- und Ausfahrtsrampen gehören zum Netzelement „Anschlüsse und Sekundärknoten“ der Richtlinie ASTRA 15003 „Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)“ [3]. Sie sind die Verbindung zwischen dem Sekundärknoten und der Stammstrecke der Nationalstrasse.

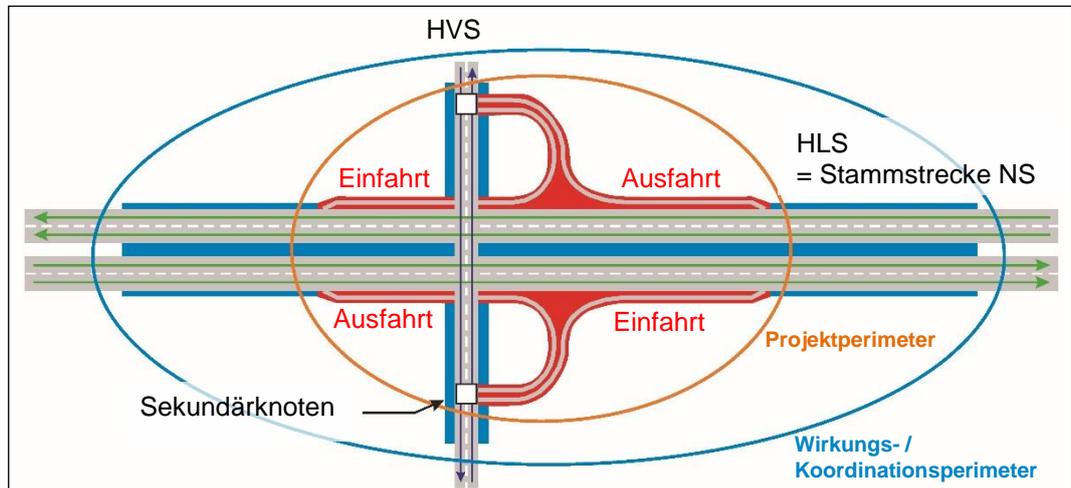


Abb. 2.1 Einflussbereich Ein-/Ausfahrtsrampen

Die bauliche und betriebliche Hoheit obliegt im Projektperimeter dem ASTRA. Der Wirkungs- und Koordinationsperimeter umfasst mindestens den Projektperimeter und beinhaltet alle weiteren Elemente, welche den Verkehrsfluss auf den Rampen beeinflussen oder durch diesen beeinflusst werden, insbesondere die Stammstrecke und die nachfolgenden Ein- und Ausfahrten. Der Wirkungs- und Koordinationsperimeter kann auch weitere Strassenbetreiber einschliessen (Kanton, Stadt, Einkaufszentren, Freizeitanlagen).

Die Richtlinie behandelt die Massnahmen auf den Ein- und Ausfahrtsrampen der NS (Projektperimeter) unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit den angrenzenden Elementen (Wirkungs- bzw. Koordinationsperimeter). Dazu gehören Hauptverkehrsstrassen (HVS), Sekundärknoten und Hochleistungsstrassen (HLS).

## 3 Ziele

Mit einer Bewirtschaftung der Ein- und der Ausfahrt soll der Verkehr auf der Rampe so reguliert werden, dass der Verkehrsablauf auf der Stammstrecke der NS optimiert und somit die Gesamtverkehrsleistung verbessert werden kann. Folgende Ziele werden mit einer Rampenbewirtschaftung verfolgt:

- Optimierung des Verkehrsflusses:
  - Aufrechterhaltung eines flüssigen und möglichst staufreien Verkehrsablaufes auf der Stammstrecke der NS;
  - Verhinderung oder Reduktion der Reisezeitverluste im Wirkungssperimeter;
  - Schaffen von Kapazitäten für stromabwärts liegende Einfahrten.
- Verbesserung der Verkehrssicherheit:
  - Optimierung der Einfädelungsvorgänge (Konfliktbereich) und Reduzierung der Fahrstreifenwechsel im Anschlussbereich der Stammstrecke der NS (Normalfahrstreifen auf Überholfahrstreifen);
  - Vermeiden von stehenden Fahrzeugen auf dem Beschleunigungsstreifen und geringen Geschwindigkeiten beim Fahrstreifenwechsel auf den Normalfahrstreifen;
  - Vermeiden von stehenden Fahrzeugen auf dem Verzögerungsstreifen und dem vorgelagerten Pannestreifen.

## 4 Grundsätze und Einsatzkriterien

### 4.1 Anforderungen und Einsatzkriterien

Optimierungsmassnahmen zur Zielerreichung gemäss Kap. 3 sind sowohl bei bestehenden als auch bei neu geplanten Ein- und Ausfahrtsrampen anzuwenden. Diese Massnahmen sind in den folgenden Kapiteln beschrieben:

- Kap. 5: Massnahmen Einfahrten;
- Kap. 6: Massnahmen Ausfahrten.

Die Wahl der Massnahmen ist innerhalb der Projekte im Rahmen eines Variantenstudiums zu ermitteln. Dabei sind der IST-Zustand (Z0) und der Prognosezustand (Z0 + 15 Jahre) zu betrachten.

Bei Massnahmen auf den Ein- und Ausfahrten darf der Verkehrsfluss weder auf der Stammstrecke der NS (1. Priorität) noch auf dem nachgelagerten Strassennetz (2. Priorität) beeinträchtigt werden. Eine Überstauung über benachbarte Knoten muss vermieden werden.

Neben der Analyse des Verkehrsflusses ist die Sicherheit auf den Rampen zu gewährleisten. Zur Erkennung und Analyse von Unfallschwerpunkten wird die Verwendung der ASTRA Fachapplikation Verkehrsunfälle (VUGIS) empfohlen. In der Projektierung sind die Unfallschwerpunkte und die entsprechenden Massnahmen darzulegen.

Dabei ist neben dem Projektperimeter immer auch der gesamte Wirkungs- bzw. Koordinationsperimeter in der Gesamtbetrachtung zu berücksichtigen.

Die Planung von Ein- und Ausfahrtsrampen erfordert eine konstruktive Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen Verkehrsplanung (Problem- und Wirkungsanalyse) und Strassenentwurf.

### 4.2 Verkehrsbeobachtung und Monitoring

#### 4.2.1 Verkehrsbeobachtung

Für die Überwachung und Visualisierung des Verkehrsablaufes sind Kameras vorzusehen. Die Anordnung der Verkehrskameras ist projektspezifisch mit den übrigen Bedürfnissen abzustimmen. Die Videoanlagen werden gemäss ASTRA-Richtlinie 13 005 „Videoanlagen“ [2] eingesetzt. Bei fehlenden Elektroinstallationen (u.a. bei baulichen Massnahmen) kann in Absprache mit der VMZ-CH auf Kameras verzichtet werden.

#### 4.2.2 Monitoring

Die Wirkung der realisierten Massnahmen muss überprüft werden. Es müssen mindestens die Anzahl Fahrzeuge auf der Stammstrecke der NS und auf der Einfahrtsrampe erfasst werden. Im weiteren Betrieb sind Ereignisse, Störungen sowie Beschwerden festzuhalten und Anpassungen an der Steuerung zu dokumentieren.

## 5 Massnahmen Einfahrten

### 5.1 Überblick

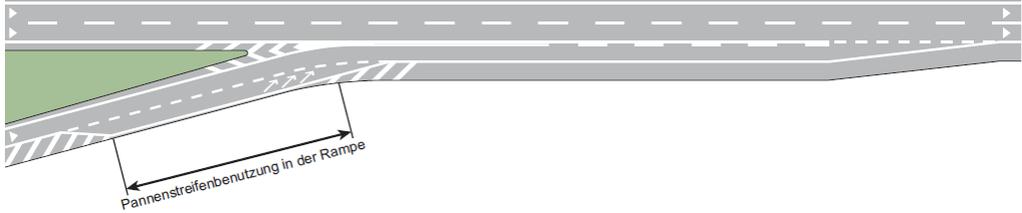
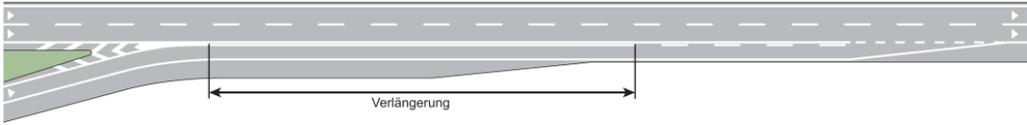
Eine der häufigsten Ursachen für regelmässig auftretende Störungen im Verkehrsablauf auf Hochleistungsstrassen sind Verdichtungen von Fahrzeugabständen im Verkehrsfluss, welche durch die einfahrenden Fahrzeuge verursacht werden. Dies führt während der Spitzenstunden oftmals zu ausgedehnten Staus stromaufwärts und zu einer erhöhten Unfallhäufigkeit.

Massnahmen zur Rampenbewirtschaftung stellen eine verhältnismässig schnell realisierbare Lösung dar und fallen im Vergleich zu einem kapazitätssteigernden, angebotsseitigen Um- oder Ausbau des Anschlussbereichs kostengünstiger aus. Sie gelangen dort zur Anwendung, wo sich ein eigentlicher Ausbau zur Entschärfung eines Konfliktbereichs kurz- bis mittelfristig nicht oder nur beschränkt realisieren lässt. Im Vordergrund steht dabei die Optimierung des Verkehrsflusses.

Bei der Evaluation möglicher Massnahmen sind die Auswirkungen nicht nur aus Sicht der NS sondern auch in Abstimmung mit der Kapazität des angrenzenden Kantonsstrassennetzes zu betrachten. Zur Beseitigung oder Reduktion der Probleme tragen somit nur ganzheitliche Lösungen unter Berücksichtigung des Wirkungs- bzw. Koordinationsperimeters bei.

Zur Verbesserung des Verkehrsflusses und der Verkehrssicherheit kommen bei einem hoch belasteten Autobahnanschluss unterschiedliche Massnahmen der Bewirtschaftung in Frage. Die nachfolgende Tabelle zeigt die möglichen Massnahmen im Einfahrtsbereich und dem entsprechenden Verweis zu den Kapiteln in dieser Richtlinie oder zu weiterführenden Dokumenten.

Tab. 5.1 Massnahmenüberblick zur Bewirtschaftung bei Einfahrten

Beschreibung der Massnahme	Relevante Kapitel dieser Richtlinie	Relevante weiterführende Dokumente
Rampendosierung zur Vermeidung von Fahrzeugpulk und/oder zur Begrenzung der einfahrenden Verkehrsmenge	Kapitel 5.2	-
Fahrstreifen-Lichtsignal-System (FLS) zur Sperrung des Normalfahrstreifens (Einfahrt mit temporärer Fahrstreifen-Addition zu Lasten der Stammstrecke der NS) und Erleichtern des Einfahrens	Kapitel 5.3	-
Lichtsignalanlage beim Sekundärknoten mit der Möglichkeit zur Steuerung der auf die HLS einfahrenden pulkartigen Verkehrsströme (Pulksteuerung)	Kapitel 5.2.5	ASTRA Richtlinie 15020 „Sekundärknoten“ [6]
Temporäre Sperrung der Einfahrt zur Aufrechterhaltung bzw. Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Stammstrecke der NS	-	ASTRA Richtlinie 15012 „Dynamische Wegweisung“ [4]
Info-Displays (Mini-WTA) als Zusatzmassnahme zur Rampenbewirtschaftung: Verkehrslenkung HVS auf benachbarte HLS-Anschlüsse	-	ASTRA Richtlinie 15020 „Sekundärknoten“ [6]
Lokale, permanente Pannestreifenumnutzung in der Rampe zur Schaffung von zusätzlichem Stauraum bei einer Rampenbewirtschaftung	Kapitel 5.2.3	-
		
Lokale, permanente Pannestreifenumnutzung zur Verlängerung des Beschleunigungsstreifens und zur Schaffung von zusätzlichem Stauraum bei einer allfälligen Rampenbewirtschaftung. Nebst der Markierung ist eine physische Trennung notwendig	- Kapitel 5.2.3	SN 640 854 [12] In Abweichung zu Norm erfolgt die Verlängerung beim Beschleunigungsbereich (Sicherheitslinie)
		

## 5.2 Rampendosierung

### 5.2.1 Grundsätze

Rampendosierungen werden für einen homogenen und angebotsorientierten Zufluss der Einfahrt auf die Stammstrecke der NS eingesetzt. Der Zufluss der Einfahrt wird dabei mit einer Lichtsignalanlage (LSA) gesteuert. Rampendosierungen kommen zum Einsatz auf Strecken mit Ausrüstungsgrad „Mittel“ oder „Hoch“ (gemäss Richtlinie ASTRA 15003 „Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)“ [3]) und somit u.a. in Kombination mit einem GHGW-System (Geschwindigkeitsharmonisierung und Gefahrenwarnung).

Eine Rampendosierung kann eingesetzt werden als:

- Temporäre Massnahme zur Überbrückung bis zum verkehrsgerechten Ausbau;
- Dauerhafte Massnahme bei nur vereinzelt auftretenden Überlastungen (z.B.: verstärkte Belastung der Rampe bei Umleitungen oder bei Grossereignissen wie Fussballspielen, Konzerten oder Messen).

Der Einsatz einer Rampendosierung ist grundsätzlich dann gerechtfertigt, wenn folgende zwei Bedingungen gegeben sind:

- Dichter Verkehr auf der Stammstrecke der NS mit zu geringen Zeitlücken für den einfahrenden Verkehr von der Rampe;
- Häufig auftretende dichte Fahrzeugfolgen (Fahrzeugpuls) auf der Einfahrt.

Anlagen zur Rampendosierung können als einzelne (isolierte) Anlagen oder in Koordination mit benachbarten Rampendosieranlagen betrieben werden. Zu prüfen ist auch die Koordination mit einer allfälligen LSA-Steuerung des vorgelagerten Sekundärknotens.

### 5.2.2 Zweck

Die Rampendosierung auf der Einfahrt dient folgendem Zweck:

- Zerstückelung der einfahrenden Fahrzeugkolonnen in Einzelfahrzeuge / Auflösen von Fahrzeugpuls;  
Damit werden Abstände zwischen Fahrzeugen geschaffen, die das Einfahren in die Stammstrecke der NS vereinfachen. Die Staubildung durch starkes Abbremsen der Fahrzeuge auf der Einfahrt sowie auf der Stammstrecke der NS und das Ausweichen auf den Überholfahrstreifen wird vermieden bzw. reduziert;
- Unterstützen des Vortrittsrechts der Verkehrsteilnehmer auf der Stammstrecke der NS;
- Temporäre Dosierung des zufließenden Verkehrs (Zuflusssteuerung):  
Wird der zufließende Verkehrsstrom zu hoch oder ist die Stammstrecke der NS bereits hoch belastet, lässt sich der zufließende Verkehr temporär dosieren und mit dem Leistungsangebot der Stammstrecke abstimmen. Dadurch kann die Staubildung sowie der damit einhergehende Kapazitätsverlust vermieden oder zumindest zeitlich verzögert und damit die Stauausbreitung reduziert werden;
- Verhinderung einer ausgelasteten Stammstrecke der NS zwecks Freihaltung von Kapazitäten bei der nächsten Einfahrt. Dieser Einsatzzweck gilt insbesondere für koordinierte Rampendosieranlagen;
- Nutzung des Stauraumes auf den Rampen. Stau auf den Rampen ist sicherer als andernorts und belastet keine fremden Verkehrsströme.

Eine Rampendosierung ist unter nachfolgenden Bedingungen zweckmässig:

- Die vorhandenen Störungen im Verkehrsablauf und das Unfallgeschehen auf der Stammstrecke der NS können durch eine Dosierung des zufließenden Verkehrs deutlich reduziert werden;
- Durch die Rampendosierung wird der vorhandene bzw. der zusätzlich geschaffene Stauraum auf der Rampe genutzt, aber nicht überschritten;
- Es entstehen keine unerwünschten, massgeblichen Auswirkungen auf die Verkehrsverhältnisse im nachgelagerten Netz;
- Die für die Errichtung der Rampenbewirtschaftung notwendigen baulichen Rahmenbedingungen sind vorhanden oder können geschaffen werden.

### 5.2.3 Aussenanlage

#### Komponenten

Die Rampendosierung wird als Lichtsignalanlage entworfen. Die gesamte Anlage besteht in der Regel aus folgenden Komponenten:

- Regelungselemente im Bereich der Zufahrt (Signalgeber auf Einfahrtsrampe und/oder LSA der NS am Sekundärknoten bzw. am vorgelagerten Stauraum);
- Verkehrserfassung auf der Stammstrecke der NS und auf der Einfahrt (Verkehrszähler, Anmelde- und Staudetektoren);
- Steuerungseinheit für die Steuerung der Rampendosierung;
- Allfällige Zusatzausstattung am Sekundärknoten vor der Zufahrt.

#### Bauliche Massnahmen

Für die Umsetzung von Rampendosierungen können neben den anlagebedingten Bau-massnahmen (Kabelschächte und -kanäle, Fundamente für die Signalträger, etc.) weitere bauliche Massnahmen erforderlich werden. Deren Umfang und Art ist von den örtlichen Gegebenheiten abhängig und projektspezifisch abzustimmen. Mögliche bauliche Massnahmen sind:

- Verlängerung der Einfahrtsrampe durch lokale Pannestreifenumnutzungen (die Tragfähigkeit von Oberbau, Werkleitungsschächten etc. muss gewährleistet sein);
- Erstellung von Nothaltebuchten im Bereich lokaler Pannestreifenumnutzungen;
- Hilfszufahrten für Unterhaltsdienste und Blaulichtorganisationen;
- Anpassungen und Ergänzungen von passiven Schutzeinrichtungen;
- Physische Abtrennung des Stauraums von den durchgehenden Fahrstreifen der Hauptfahrbahn, insb. bei verlängerten Einfahrten mittels lokaler Pannestreifenumnutzungen.

Zur Schaffung von zusätzlichem Stauraum in der Rampe bieten sich folgenden Möglichkeiten an, die sowohl einzeln als auch kombiniert umgesetzt werden können:

- a) Die Umnutzung des Pannestreifens auf der Einfahrtsrampe: Die Signalisierung und Markierung ist gemäss untenstehender Abbildung 5.2 auszugestalten. Dabei sind die zwei Fahrstreifen mit einer Sicherheitslinie getrennt, welche den Fahrstreifenwechsel nur bei der Aufweitung und nach der Haltelinie erlaubt. Bei kurzen und übersichtlichen Stauräumen kann die Anzeige der Fahrstreifen mit statischen Signalen ausgeführt werden. In unübersichtlichen Situationen soll die Anzeige der Fahrstreifen mit dynamischen Signalen ausgeführt werden, um gefährliche Situationen bei ausgeschalteter Anlage zu vermeiden.

Nach dem Dosierquerschnitt (Haltelinie der LSA-Anlage) ist ein weiteres Signal zur Anzeige des Fahrstreifenabbaus vorzusehen.

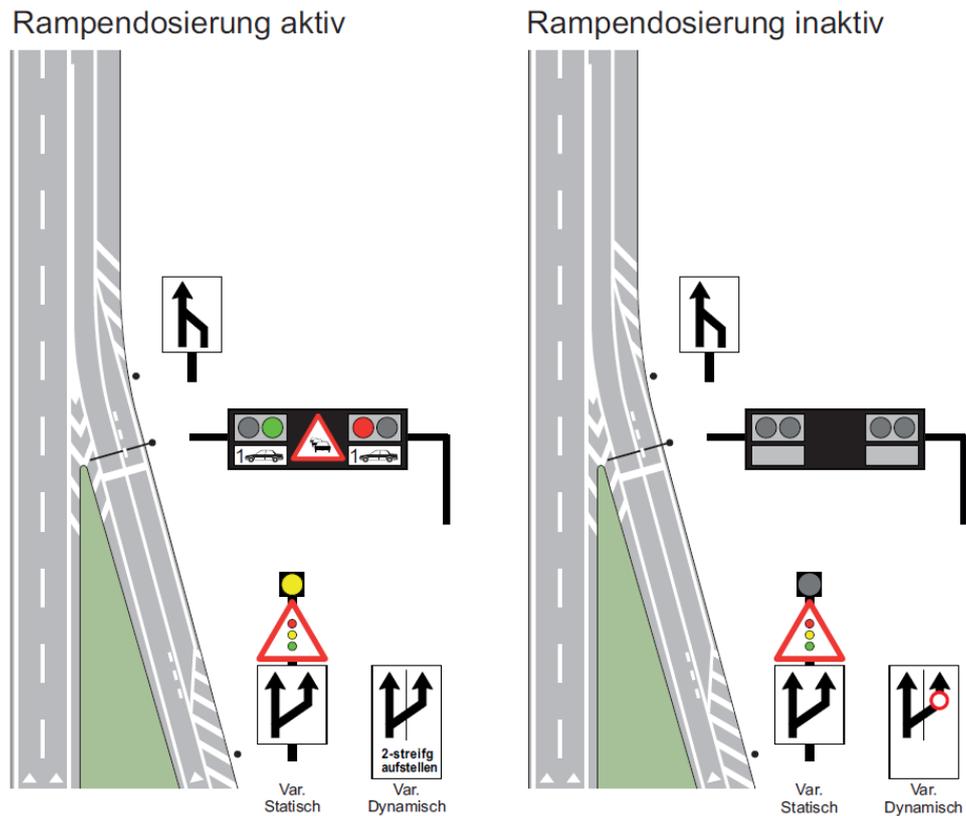


Abb. 5.2 Anordnung der Signale und Ausgestaltung der Markierung bei Pannestreifenumnutzung in der Rampe (Einfahrtsrampe zur Schaffung zusätzlichen Stauraums); statische und dynamische Signalisationsvariante.

- b) Die Verlagerung des Beschleunigungsstreifens stromabwärts, so dass ein genügend langer, einstreifiger Stauraum entsteht: Dies kann als permanente Umnutzung des Pannestreifens umgesetzt werden. Die Einfahrtsrampe wird parallel zur Stammstrecke der NS geführt. Folgende Randbedingungen sind zu prüfen:
- Ausreichende Breite der Einfahrtsrampe für Fahrzeuge des Winterdienstes;
  - Zufahrtsmöglichkeit von Einsatzfahrzeugen zur Stammstrecke der NS im Ereignisfall;
  - Physische Abtrennung der Einfahrtsrampe zur Stammstrecke der NS;
  - Reduktion der Sichtbarkeit der Signalgeber der Rampendosierung vom Normalfahrstreifen aus.

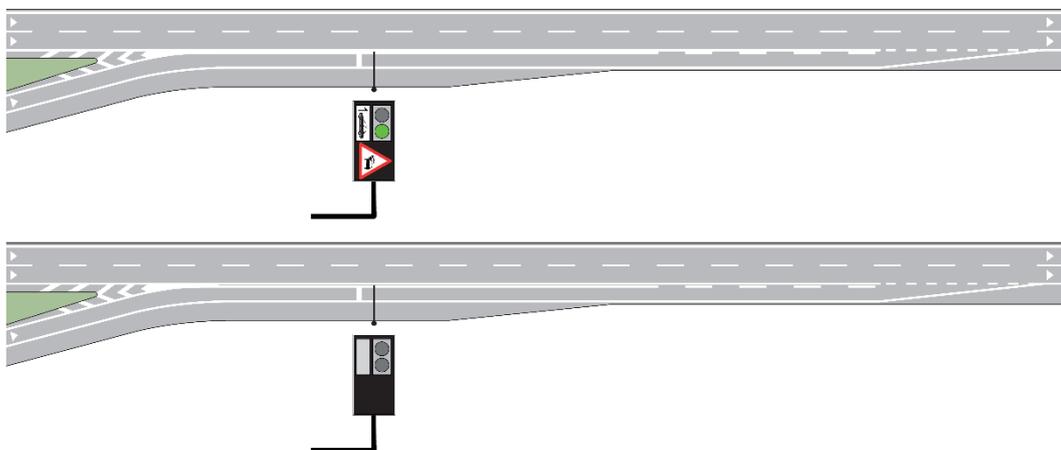


Abb. 5.3 Anordnung der Signale und Ausgestaltung der Markierung bei Pannestreifenumnutzung in der Rampe (Beschleunigungsstreifen zur Schaffung zusätzlichen Stauraums); oben in Betrieb, unten ausser Betrieb.

### Signalisation

Für die Rampendosierung wird im Bereich der Zufahrt ein Signalgeber mit zwei Leuchtfeldern (Rot und Grün) angeordnet (Leuchtfelddurchmesser 300 mm). Zusätzlich zum Signalgeber sind zwei Wechselsignale anzubringen. Mit dem Signal 1.31 „Stau“ sowie einer Zusatztafel wird auf die spezielle Situation der Rampendosierung hingewiesen. Die Zusatztafel befindet sich unter dem Signalgeber und zeigt das Symbol „Leichte Motorwagen“ (Signal 5.20 nach SSV [1]) sowie links daneben eine Ziffer entsprechend der Anzahl Fahrzeuge, die bei Einzelfahrzeugsteuerung gleichzeitig einfahren dürfen. Symbol und Ziffern werden bei Aktivierung der Dosierungsanlage eingeschaltet. Es sind folgende Ziffern möglich:

- „1“ bei Einzelfahrzeugsteuerung (Grünzeit 2s);
- „2“ bei einer erweiterten Einzelfahrzeugsteuerung zur Verzögerung einer Überstauung des vorhandenen Stauraums in der Rampe (Grünzeit 3s).

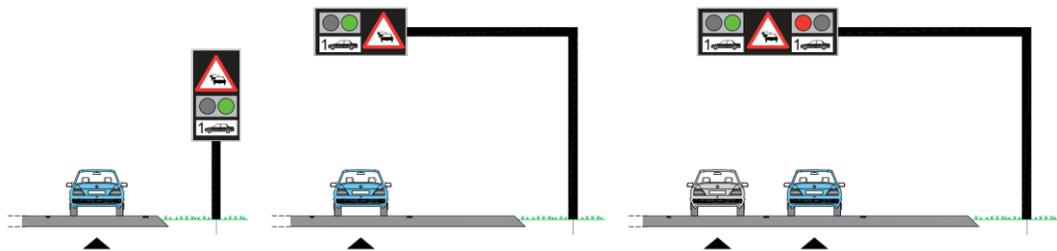


Abb. 5.4 Gestaltung der Signalgeber bei einstreifigen Einfahrten ohne Pannestreifen (links), einstreifigen Einfahrten mit Pannestreifen (Mitte) und zweistreifigen Einfahrten (rechts) bei einer Rampendosierungsanlage mit Einzelfahrzeugsteuerung.

Die Kontrastblende ist mit schwarzer Frontseite und weissem Rand gemäss 23001-11430 „Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt Bauteile, Signalisation, VM-Systeme, Blinker, Ampel“ [15] zu liefern.

Im Grundzustand (bei deaktivierter Rampendosierung) sind die Signalgeber und die Wechselsignale dunkel respektive in Neutralstellung. Der für den Verkehrsteilnehmer sichtbare Ein- und Ausschaltvorgang richtet sich nach den Vorgaben in SN 640 807 [10].

Der Abstand zwischen dem Signalgeber beim Haltebalken und dem Einfädelungsbereich am Ende des Beschleunigungsstreifens muss so gewählt werden, dass auch ein Lastwagen aus dem Stand bis zum Ende des Einfahrtsbereichs eine ausreichende Geschwindigkeit zum Einfädeln erreichen kann. Die Berechnungsmethode ist im Kapitel 6 der SN 640 261 [8] beschrieben. Mit diesem zusätzlichen Abstand wird eine genügende Entflechtung der Lichtsignalregelung mit dem nachfolgenden Einfädelungsbereich in die Stammstrecke der NS erreicht (genügenden Abstand zwischen LSA und Signal „Kein Vortritt“).

Im Zufahrtsbereich (im Normalfall zu Beginn der Einfahrtsrampe) wird mit dem Vorsignal 1.27 „Lichtsignal“ auf die Rampendosierung hingewiesen. Bei statischer Ausführung des Vorsignals ist ein zusätzlicher Gelb-Blinker erforderlich, der über die gesamte Dauer der Rampendosierung aktiviert bleibt. Wird als Vorsignal hingegen ein Wechselsignal verwendet, kann auf den Gelb-Blinker verzichtet werden.

Bei langen Zufahrtsrampen bzw. Stauräumen kann optional ein weiteres Wechselsignal mit dem Signalbild 1.31 „Stau“ zweckmässig sein. Ebenfalls zu prüfen ist die Notwendigkeit einer Hinweissignalisation auf die aktivierte Rampendosierung am Sekundärknoten.

In bestimmten Fällen, in denen zusätzlich eine vorgelagerte Pulksteuerung (mit mehr als zwei einfahrenden Fahrzeugen pro Grünphase) nötig ist (siehe Kapitel 5.2.5), werden Signalgeber mit drei Leuchtfeldern (Rot, Gelb und Grün) eingesetzt. Dazu ist keine Zusatztafel nötig und es wird keine Ziffer angezeigt.

### Verkehrserfassung (Detektoren)

Die Lage und die Funktion der Verkehrserfassungsmittel sind abhängig vom eingesetzten Steuerungsverfahren. Die funktionalen Anforderungen des im Kapitel 5.2.4 definierten Steuerungsverfahrens werden nachfolgend inhaltlich berücksichtigt.

Zur Erfassung der momentanen Verkehrssituation auf der Stammstrecke der NS wird stromaufwärts je Fahrstreifen ein Detektor eingesetzt (siehe Abb. 5.5). Auf Basis der Einzelfahrzeugdetektion auf Feldebene werden in kurzen Intervallen die Kenngrößen Verkehrsstärke, Geschwindigkeit und Belegungsgrad aufbereitet.

Im Bereich der Zufahrt / Einfahrtsrampe ist ein Rückstaudetektor am Ende des Stauraums vorzusehen. Dieser Rückstaudetektor dient gleichzeitig dem Algorithmus zur Verkehrszählung. Bei sehr langen Stauräumen lässt sich mit einem dazwischen liegenden zusätzlichen Rückstaudetektor das Stauraummanagement verbessern.

Im Bereich des Dosierquerschnitts wird unmittelbar nach dem Haltebalken ein Abmeldedetektor angebracht. Mit diesem kann die tatsächliche einfahrende Verkehrsmenge (Monitoring) ermittelt werden.

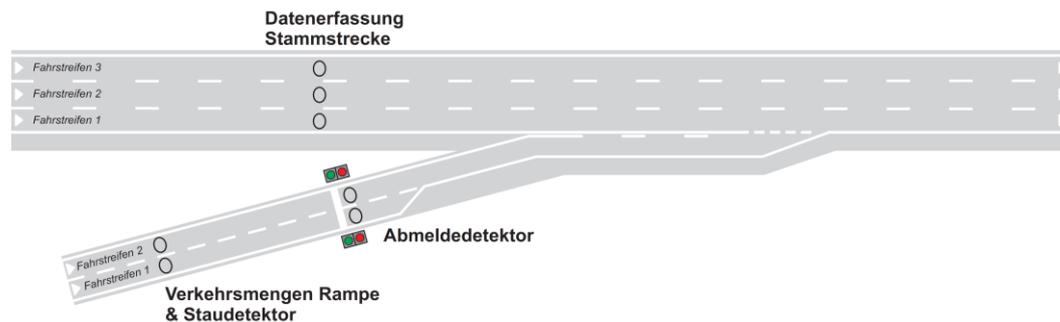


Abb. 5.5 Anordnung Detektoren

## 5.2.4 Steuerung Rampendosierung

### Steuerungsprinzip

Die Einzelfahrzeugsteuerung stellt den klassischen Fall der Rampendosierung dar und gelangt immer dann zur Anwendung, wenn sich in der Rampe oder durch Verlängerung des Beschleunigungsstreifens (lokale Pannestreifenumnutzung) genügend Stauraum realisieren lässt. Bei der Einzelfahrzeugsteuerung erhalten die in der Zufahrt wartenden Fahrzeuge ihre Grünphase einzeln und gelangen somit einzeln auf den Beschleunigungsstreifen sowie den Einfahrtsbereich. Die Zuflussmenge auf die Autobahn wird über die Länge der Rotphase gesteuert.

Auf Basis aktueller Verkehrsdaten werden die Zuflussmengen von der Rampe verkehrabhängig ermittelt. Durch die Anpassung der Zuflussmenge an die wechselnden Verkehrszustände kann eine optimale Ausnutzung der technisch vorhandenen Kapazität der Stammstrecke im Bereich der Einfahrt erreicht werden. Mit einer entsprechenden Stauraumüberwachung kann ausserdem auf unerwünschte Auswirkungen auf das nachgelagerte Netz reagiert werden.

Während der Bewirtschaftung zeigt der Signalgeber eine Grünphase von 2 Sek. und eine variable Rotphase an. Aus Akzeptanzgründen sollte die Rotzeit nicht länger als 18 Sek. dauern. Die resultierende Umlaufzeit liegt in diesem Fall bei 20 Sek. und ermöglicht bei einstreifigen Anlagen eine minimale Zuflussmenge von 180 Fz/h.



Abb. 5.6 Verteilung der Grün- und Rotzeit bei einstreifigen Anlagen mit maximaler Umlaufzeit (20 s)

Die Rotzeit kann bis auf minimal 2 Sek. reduziert werden. Daraus ergibt sich eine maximale Zuflussmenge von 900 Fz/h bei einer Umlaufzeit von 4 Sekunden.

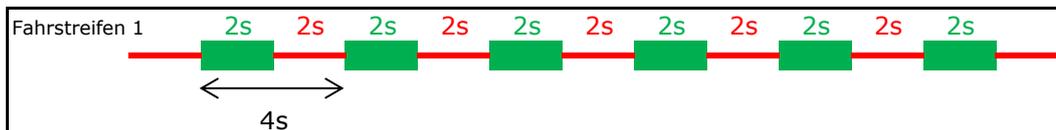


Abb. 5.7 Verteilung der Grün- und Rotzeit bei einstreifigen Anlagen mit minimale Umlaufzeit (4 s)

Bei zweistreifigen Anlagen beträgt der maximale Zufluss 1200 Fz/h bei einer Umlaufzeit von 6 Sekunden (Alles-Rot-Zeit minimal 1 Sekunde).

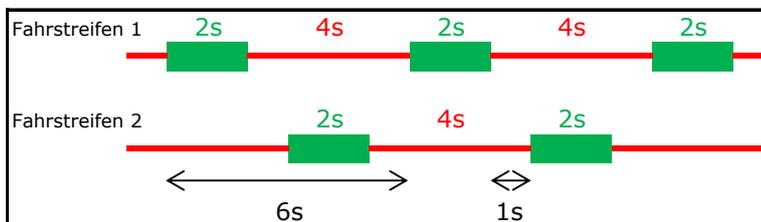


Abb. 5.8 Verteilung der Grün- und Rotzeit bei zweistreifigen Anlagen mit minimale Umlaufzeit (4 s)

Wenn eine zweistreifige Anlage aufgrund der zufließenden Verkehrsmenge erforderlich wäre, diese aber aufgrund der örtlichen Verhältnisse nicht realisierbar ist, kann die minimale Grünzeit auf 3 Sekunden erhöht werden mit dem Zusatz „2 Fahrzeuge“. Damit lässt sich theoretisch ein maximaler Zufluss von 1440 Fz/h erreichen bei einer Umlaufzeit von 5 Sekunden.

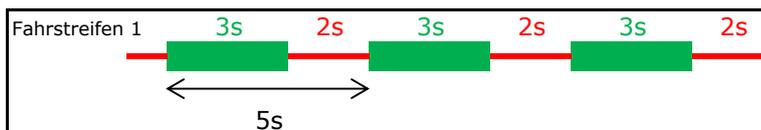


Abb. 5.9 Verteilung der Grün- und Rotzeit bei einstreifigen Anlagen mit minimale Grünzeit 3 s

### Steuerungsalgorithmus

Als Standardvariante für den Steuerungsalgorithmus ist das McMaster-Modell zu verwenden. In begründeten Ausnahmefällen können auch andere Algorithmen verwendet werden.

Die folgenden Beschreibungen des Ablaufs des McMaster-Modells basieren auf dem Forschungsprojekt „Rampenbewirtschaftung Anforderung an Regelungsverfahren“ [17].

Eine mögliche Programmierung des McMaster-Algorithmus ist in Form eines Struktogrammes im Anhang I beschrieben.

Das McMaster-Modell unterscheidet auf der Stammstrecke auf Höhe der Einfahrt zwischen dem ungestörten (staufrei) und dem gestörten Zustand (Stau). Die Überwachung der unterschiedlichen Parameter ist fahrstreifenbezogen. Dazu wird ein Algorithmus verwendet, der eine primäre und zwei sekundäre Grenzen berücksichtigt.

Die primäre Grenze basiert auf dem Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Belegungsgrad. Dabei wird die Grenzlinie  $q_{bGrenz}$  zwischen den Zuständen „staufrei“ und „Stau“ mittels des gemessenen Belegungsgrades stromaufwärts berechnet:

$$q_{bGrenz} = \alpha \times b^\beta + q_{Korrektur}$$

- $\alpha$  Parameter der Potenzfunktion, beeinflusst die Steigung der Grenzlinie
- $\beta$  Parameter der Potenzfunktion, beeinflusst den Verlauf der Grenzlinie
- $q_{Korrektur}$  Schnittpunkt mit y-Achse, führt zu Parallelverschiebung der Grenzlinie

Die Grenzlinie hat die Form einer Potenzfunktion und wird um den Korrekturwert entlang der Vertikalachse verschoben.

Anhand dieser Grenzlinie ermittelt der Algorithmus, ob die Verkehrslage gestört („Stau“) oder ungestört („staufrei“) ist. Darunter wird folgendes verstanden:

- Gestörte Verkehrslage („Stau“):
  - Die gemessene Verkehrsstärke flussaufwärts ist kleiner als die aus der berechneten Grenzlinie abgeleitete Verkehrsstärke;
  - Oder der gemessene Belegungsgrad auf der Stammstrecke der NS überschreitet den konfigurierten Schwellenwert;
  - Oder die gemessene mittlere Geschwindigkeit auf der Stammstrecke der NS ist niedriger als der konfigurierte Schwellenwert.
- Ungestörte Verkehrslage („staufrei“):
  - Die gemessene Verkehrsstärke flussaufwärts ist grösser als die aus der berechneten Grenzlinie abgeleitete Verkehrsstärke;
  - Oder der gemessene Belegungsgrad auf der Stammstrecke der NS unterschreitet den konfigurierten Schwellenwert;
  - Oder die gemessene mittlere Geschwindigkeit auf der Stammstrecke der NS ist höher als der konfigurierte Schwellenwert.

Als sekundäre Grenzen zwischen der gestörten („Stau“) oder ungestörten Verkehrslage („staufrei“) werden zeitabhängig sowohl der Belegungsgrad als auch die Geschwindigkeit berücksichtigt. Für die Entscheidung, die Rampendosierung einzuschalten, verwendet McMaster Stabilitätszähler. Die jeweils pro Parameter evaluierte Verkehrslage wird aufgezählt und die Rampendosierung beim Erreichen eines konfigurierten Zählerwertes ein-, bzw. ausgeschaltet. Für die Ermittlung des Zustands gestörte („Stau“) oder ungestörte Verkehrslage („staufrei“) genügt es, wenn bei einem der obgenannten Parameter der Schwellenwert während einer vordefinierten Anzahl an Intervallen über- bzw. unterschritten wird.

Die Iteration zur Rampendosierungseinschaltung erfolgt nur, wenn die Rampendosierung ausgeschaltet ist. Der Ablauf des Regelungsverfahrens zur Einschaltung ist dem folgenden Diagramm zu entnehmen:

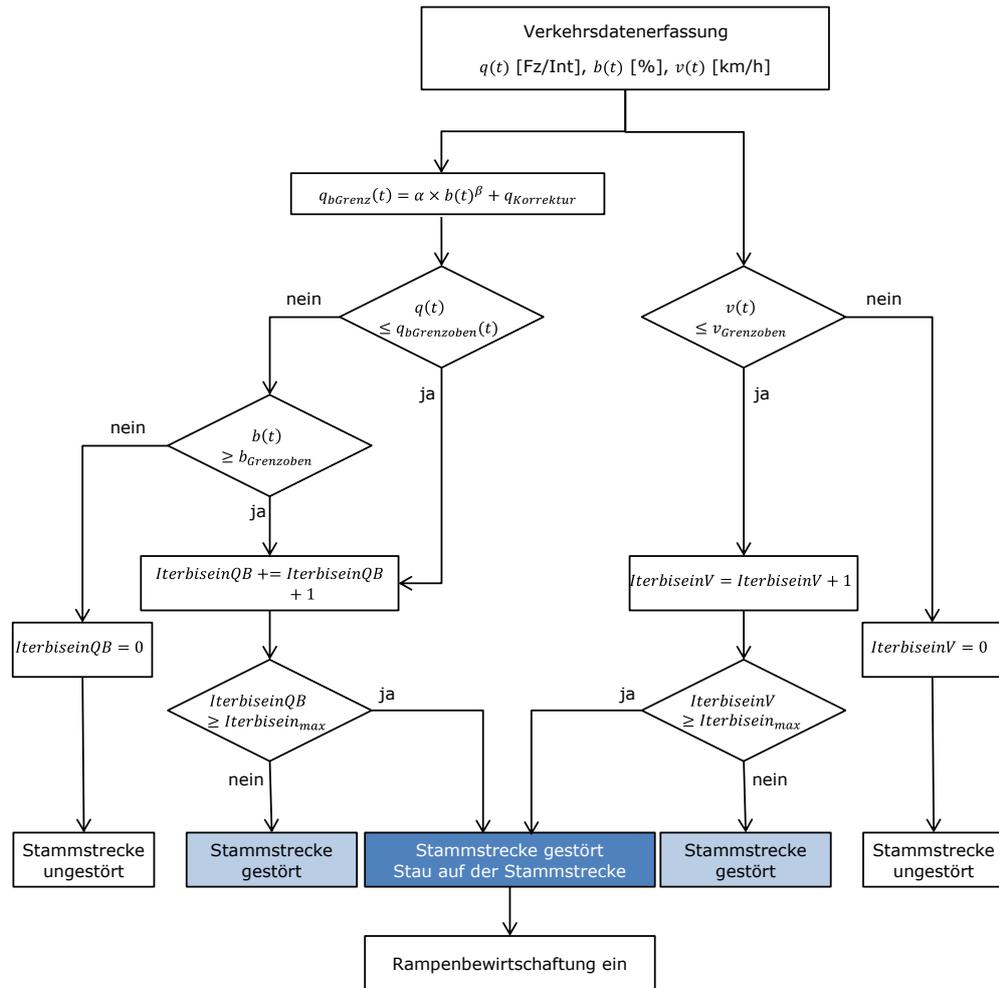


Abb. 5.10 Flussdiagramm zur Rampendosierungseinschaltung.

Die Iteration zur Rampendosierungsausschaltung erfolgt erst, wenn die Rampendosierung eingeschaltet ist. Erst wenn während einer justierbaren Zahl von Intervallen der Verkehrszustand ungestört („staufrei“) erkannt wird, wird die Bewirtschaftung wieder ausgeschaltet. Der Ablauf des Regelungsverfahrens zur Ausschaltung ist dem folgenden Diagramm zu entnehmen:

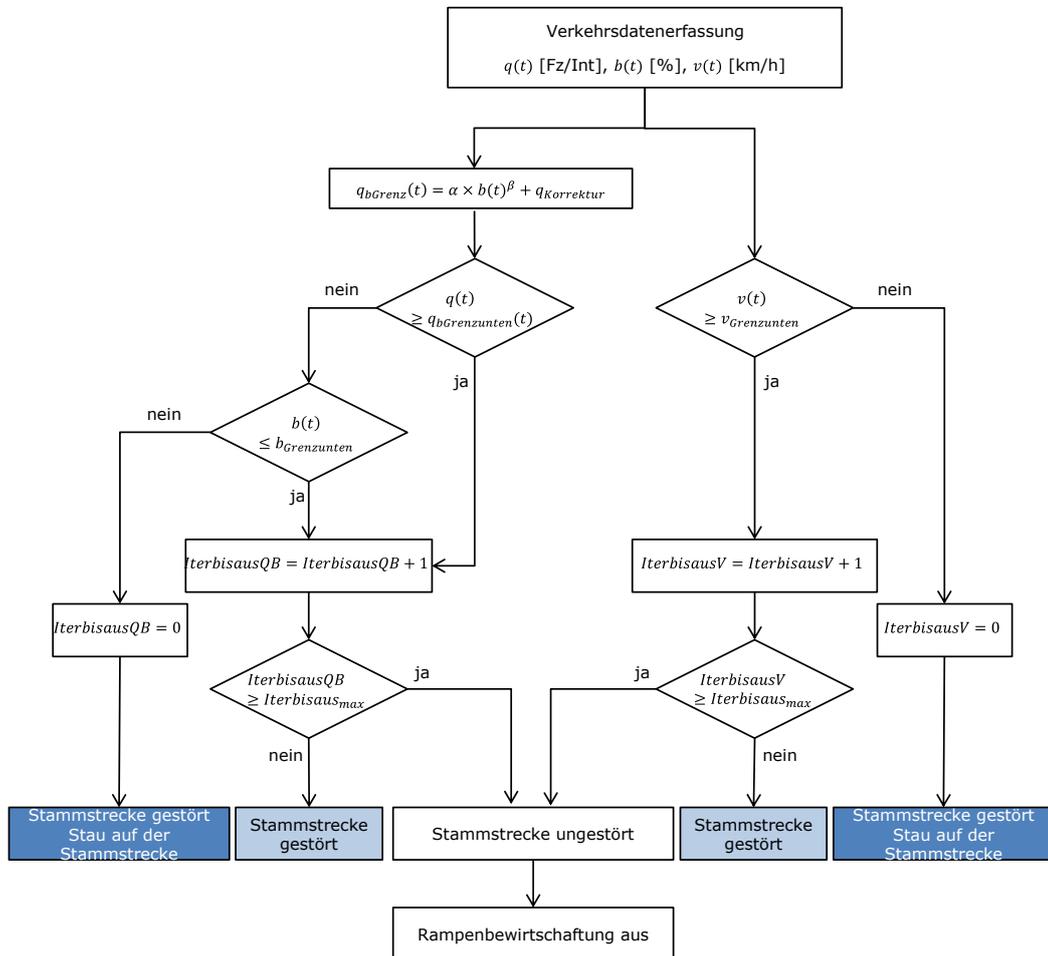


Abb. 5.11 Flussdiagramm zur Rampendosierungsausschaltung.

Die Versorgung des Algorithmus ist an die einzelne Situation anzupassen. Folgende Richtwerte zur Konfiguration des Algorithmus können jedoch als Basis für die Einstellung verwendet werden:

Tab. 5.12 Grundversorgungsparameter McMaster - Ein-/Ausschaltung

Parameter	Beschreibung	Richtwert	Minimum	Maximum
$\alpha$	Steigung der Grenzlinie $q_{bGrenz}$	1.7	1	2.5
$\beta$	Verlauf der Grenzlinie $q_{bGrenz}$	0.8	0.5	1
$q_{Korrektur}$	Schnittpunkt y-Achse	-2	-5	0
$q_{bGrenzunten}$ [Fz/30s]	Belastung Grenzwert für ungestört	20	-	$< q_{bGrenzoben}$
$q_{bGrenzoben}$ [Fz/30s]	Belastung Grenzwert für gestört	30	$> q_{bGrenzunten}$	-
$b_{Grenzunten}$ [%]	Belegungsgrad Grenzwert für ungestört	15	0	$< b_{Grenzoben}$
$b_{Grenzoben}$ [%]	Belegungsgrad Grenzwert für gestört	25	$> b_{Grenzunten}$	100
$v_{Grenzunten}$ [km/h]	Geschwindigkeit Grenzwert für ungestört	80	$> v_{Grenzoben}$	Erlaubte Geschwindigkeit
$v_{Grenzoben}$ [km/h]	Geschwindigkeit Grenzwert für gestört	60	0	$< v_{Grenzunten}$
<b>Iterbisein</b>	Maximalwert Stabilitätszähler für Wert gilt für QB Einschalten und V Iteratoren	10	1	-
<b>Iterbisaus</b>	Maximalwert Stabilitätszähler für Wert gilt für QB Ausschalten und V Iteratoren	10	1	-

Bei Gefahr einer Staubildung auf der Stammstrecke der NS wird die Umlaufzeit auf Basis der auf der Rampe gemessenen einfahrenden Verkehrsmenge festgelegt. Diese wird anhand einer exponentiellen Trendrechnung des zuletzt gemessenen einfahrenden Verkehrsflusses auf der Rampe festgelegt. Bei dieser Trendrechnung werden der aktuelle und der vorherige Messwert gewichtet:

$$q_P = \bar{q}_0 = \alpha \times q_1 + (1 - \alpha) \times \bar{q}_{alt}$$

- $q_P$  Prognosewert, konstant während der gesamten Prognosezeit
- $\bar{q}_0$  Exponentiell geglätteter Mittelwert zum aktuellen Zeitpunkt
- $q_1$  Letzter (jüngster) Messwert
- $\bar{q}_{alt}$  Exponentiell geglätteter Mittelwert der vorherige Berechnung
- $\alpha$  Glättungsfaktor für den Mittelwert  $0 \leq \alpha \leq 1$

Je grösser der Faktor  $\alpha$  ist, desto stärker ist die Angleichung an den aktuellen Verlauf der Ganglinie.

Um den Verlauf der Ganglinie zuverlässiger prognostizieren zu können, kann die Differenz des jüngsten Messwertes zum geglätteten Mittelwert der vorangehenden Rechnung berechnet und als Korrekturwert eingesetzt werden:

$$q_P = \bar{q}_0 + \Delta\bar{q}_0$$

$$\Delta\bar{q}_0 = \beta \times (q_1 - \bar{q}_{alt}) + (1 - \beta) \times \Delta\bar{q}_{alt}$$

- $\Delta\bar{q}_0$  Exponentiell geglättete Differenz zum aktuellen Zeitpunkt
- $\Delta\bar{q}_{alt}$  Exponentiell geglätteter Mittelwert der vorherigen Berechnung
- $\beta$  Glättungsfaktor für Trend  $0 \leq \beta \leq 1$

Anschliessend wird die Umlaufzeit so bestimmt, dass die im vorangehenden Zeitintervall gemessene Verkehrsmenge im folgenden Zeitintervall einfahren kann. Der berechnete Wert wird immer auf ganze, gerade Sekunden gerundet. Liegt die prognostizierte Verkehrsmenge über der Leistungsfähigkeit der Rampendosierung, kann diese nicht in Betrieb genommen werden. Unabhängig von dieser Berechnung darf die Umlaufzeit zudem nicht über einem vordefinierten maximalen Wert liegen.

Folgende Richtwerte zur Konfiguration des Algorithmus zur Bestimmung der Umlaufzeit können als Basis für die Einstellung verwendet werden. Die Versorgung des Algorithmus ist jedoch an die einzelne Situation anzupassen.

Tab. 5.13 Grundversorgungsparameter McMaster - Bestimmung der Umlaufzeit

Parameter	Beschreibung	Richtwert	Minimum	Maximum
$\alpha$	Glättungsfaktor für den Mittelwert	0.1	0	1
$\beta$	Glättungsfaktor für Trend	0.1	0	1
$t_{\min}$	Minimale Umlaufzeit	4	4	$< t_{\max}$
$t_{\max}$	Maximale Umlaufzeit	20	$> t_{\min}$	20

Entstehen auf der Rampe lange Rückstaus die den Verkehrsfluss am Sekundärknoten gefährden, so wird die Dosierung reduziert bzw. ausgeschaltet. Dabei werden die Überschreitungen des Grenzwerts des erlaubten Belegungsgrads des Staudetektors überwacht. Zur Überwachung wird mittels eines Stabilitätszählers die Zuverlässigkeit der Staudetektion bestätigt. Bei der Erfassung einer Überschreitung werden Reaktionen in zwei Schritten ausgelöst. Falls der Zähler einen Wert grösser als Null besitzt, wird die Meldung „gestörte Verkehrslage der Rampe“ ausgelöst und eine vordefinierte Umlaufzeit eingestellt. Überschreitet der Zähler wiederum einen konfigurierten Wert, wird die Meldung „Stau auf der Rampe“ ausgelöst und die Dosierung ausgeschaltet. Grundsätzlich sollten jedoch die Dosiermengen und Stauräume so abgestimmt und dimensioniert werden, dass im Normalbetrieb eine Abschaltung wegen Überstauungsgefahr nicht nötig ist.

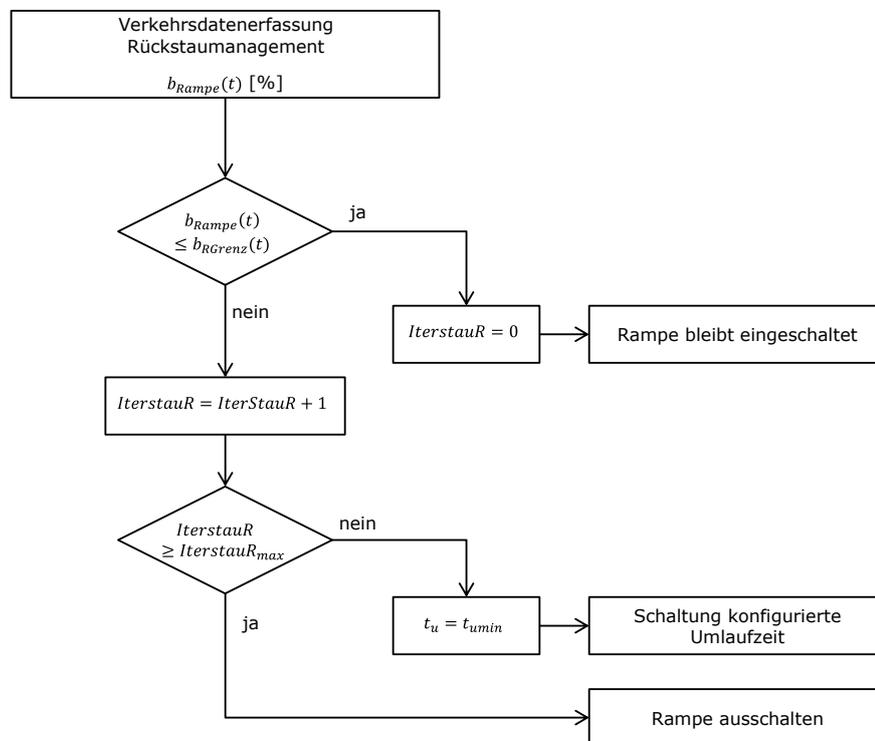


Abb. 5.14 Flussdiagramm zum Rückstaumanagement (Bewirtschaftung Ausschaltung).

Wurde die Bewirtschaftung auf der Rampe ausgeschaltet, wird der Zustand auf der Rampe überwacht und die Bewirtschaftung erst wieder eingeschaltet, wenn der Rückstau aufgelöst wurde. Dieser Prozess erfolgt analog zur Ausschaltung aufgrund einer Staudetektion und verwendet wiederum einen Stabilitätszähler:

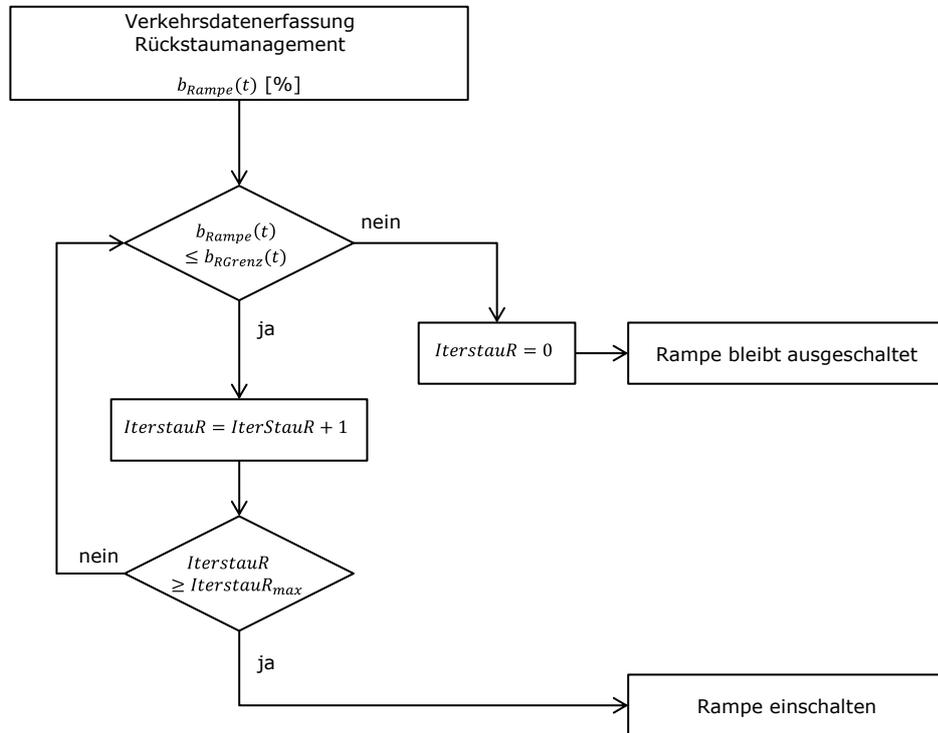


Abb. 5.15 Flussdiagramm zum Rückstaumanagement (Bewirtschaftung Einschaltung).

Für die Einstellung der Konfiguration des Algorithmus zur Bewirtschaftung des Rückstaus auf der Einfahrtsrampe können folgende Richtwerte als Basis für die Erstversorgung verwendet werden. Die Versorgung des Algorithmus ist an die einzelne Situation anzupassen.

Tab. 5.16 Grundversorgungsparameter McMaster - Rückstaumanagement

Parameter	Beschreibung	Richtwert	Minimum	Maximum
IterstauR	Maximalwert Stabilitätszähler für Stualarm Rückstaumanager	2	1	-
b <sub>RGrenz</sub> [%]	Max. Belegungsgrad des Staudetektors	30	0	100
Umlaufzeit [s]	Fixe Umlaufzeit bei Stau	5	4 (0*)	t <sub>umax</sub>

\* Schaltet sofort Dauergrün bis zum nächsten Dosierbefehl

### 5.2.5 Pulksteuerung

Lässt sich in der Rampe nicht genügend oder gar kein Stauraum realisieren, ist eine Zuflussdosierung nur am vorgelagerten, lichtsignalgeregelten Sekundärknoten oder einem vorgelagerten Stauraum möglich. Da während der Grünphase von mindestens 4 Sekunden (Mindestgrünzeit bei LSA) mehr als ein Fahrzeug gleichzeitig auf die Autobahn einfahren kann, entspricht diese Dosierungsart der Pulksteuerung. Der Zufluss ist über die Länge der Grün- und der Rotphase zu steuern. Diese Steuerungsart ist hinsichtlich Flexibilität und Wirksamkeit dem klassischen Fall der Einzelfahrzeugsteuerung unterlegen, kann aber in Kombination mit dieser auch als Vordosierung zur Rampe genutzt werden.

Bei der Pulksteuerung müssen mehrere zuführende Fahrstreifen dosiert werden. Die Dosierung erfolgt mit den herkömmlichen 3-Kammer-Signalgebern der LSA am Sekundärknoten, wobei während der Bewirtschaftung eine variable Grünphase von mindestens 4 Sekunden, eine variable Rotphase von mindestens 5 Sekunden sowie die entsprechenden

Übergangsbilder (Gelb und Rot/Gelb) angezeigt werden. Der Signalzeitenplan des Sekundärknotens gibt die Rahmenbedingungen wie Phasendauer und -folge oder maximale Rückstaulängen vor, welche bei der Zuflussdosierung zu berücksichtigen sind. Zur Pulkerzeugung werden die ursprünglichen Grünzeiten für den Zustand ohne Dosierung in Segmente mit minimaler Grünzeit zerlegt. Dazwischen ist jeweils eine Rotzeit von 5 Sekunden einzuhalten, um Rotlichtmissachtungen zu verhindern. Durch diese Massnahmen dürfen die nicht betroffenen Verkehrsströme bezüglich Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt werden. Allenfalls sind für die dosierten Verkehrsströme zusätzliche Stauräume zu schaffen.

### 5.2.6 Koordinierte Rampendosierung

Falls eine einzelne Rampendosierung nicht genügt, um einen ausreichenden Verkehrsfluss auf der NS zu gewährleisten, kann eine koordinierte Rampendosierung eingesetzt werden, indem zusätzlich bei den stromaufwärts liegenden Anschlüssen ebenfalls eine Rampendosierung eingerichtet wird.

Bei der koordinierten Rampendosierung wird die Verteilung der notwendigen Wartezeiten bei den Einfahrten auf mehrere aufeinander folgende Anschlüsse eines Autobahnabschnittes (gewichtet mit Einfahrtsmenge und Fahrzeit zum Leistungsfähigkeitsengpass) verteilt.

Die nächstgelegene Rampendosierung zu einem Leistungsfähigkeitsengpass der Stammstrecke der NS fungiert dabei als Master-Anlage und koordiniert die anderen Rampendosierungsanlagen.

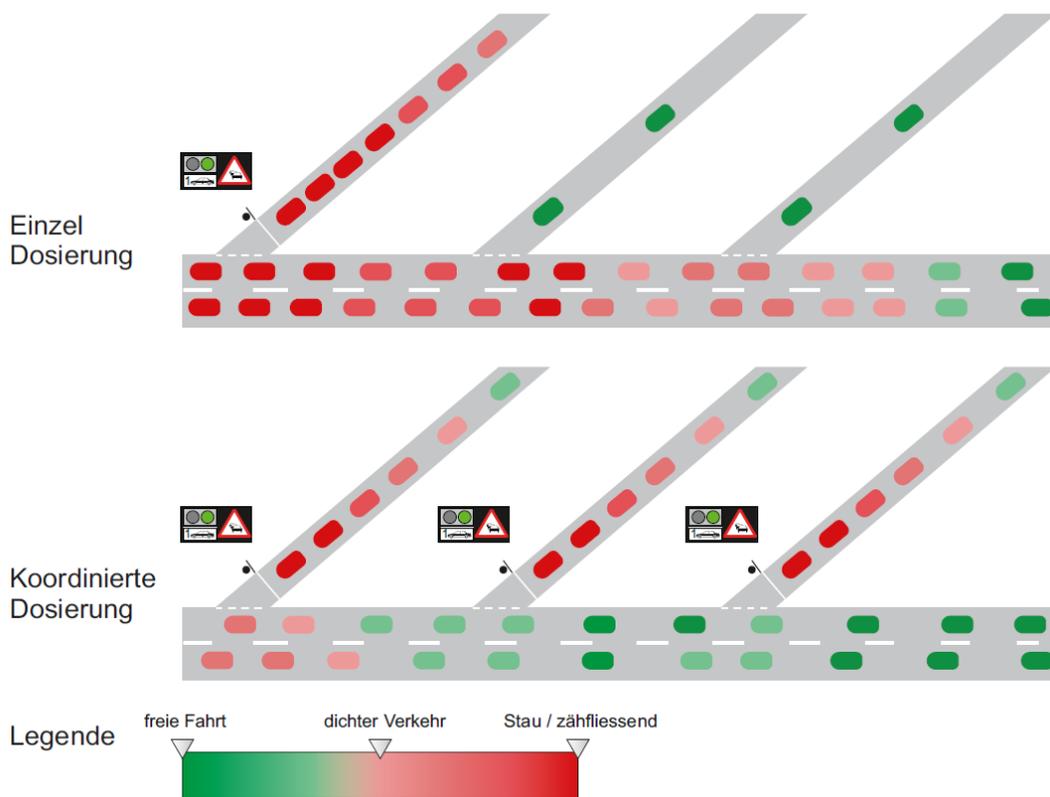


Abb. 5.17 Beispiel einer koordinierten Rampendosierung

## 5.2.7 Vorgehen zur Wahl der Art von Rampendosierung (einzeln / koordiniert)

Die massgebenden Beurteilungsschritte für die Dimensionierung der Rampendosierung und insbesondere für die Wahl, ob die Dosierung einzeln oder koordiniert erfolgen soll, sind aus der Abb. 5.18 zu entnehmen und werden in den nachfolgenden Absätzen beschrieben. Dazu ist in der Regel ein Variantenstudium durchzuführen.

Die Auslegung der (koordinierten) Rampendosierung lässt sich nach folgenden Kenngrössen bestimmen:

- Notwendige Rückhaltemenge zur Erreichung VQS D (gemäss SN640018a [7]) auf der Stammstrecke der NS nach der Einfahrt:  $Q_{\text{Abfluss, vorhanden}} - Q_{\text{Abfluss, VQS D}}$ ;
- Mögliche Rückhaltemenge am Anschluss (Verkehrsmenge die durch eine maximale Dosierung zurückgehalten werden kann ohne Berücksichtigung des vorhandenen Stauraums:  $Q_{\text{Rampe, vorhanden}} - Q_{\text{bei max dosieren}}$ );
- Wartezeit auf der Rampe
- Distanz zu den nächsten Anschlüssen.

Anhand der Kenngrössen und der örtlichen Gegebenheiten wird untersucht, welche Steuerungsart angemessen ist und ob Begleitmassnahmen notwendig sind. Zusammenfassend sind die Hauptgründe für eine einzelne bzw. koordinierte Rampendosierung nachfolgend aufgelistet.

Hauptgründe für eine einzelne Rampendosierung:

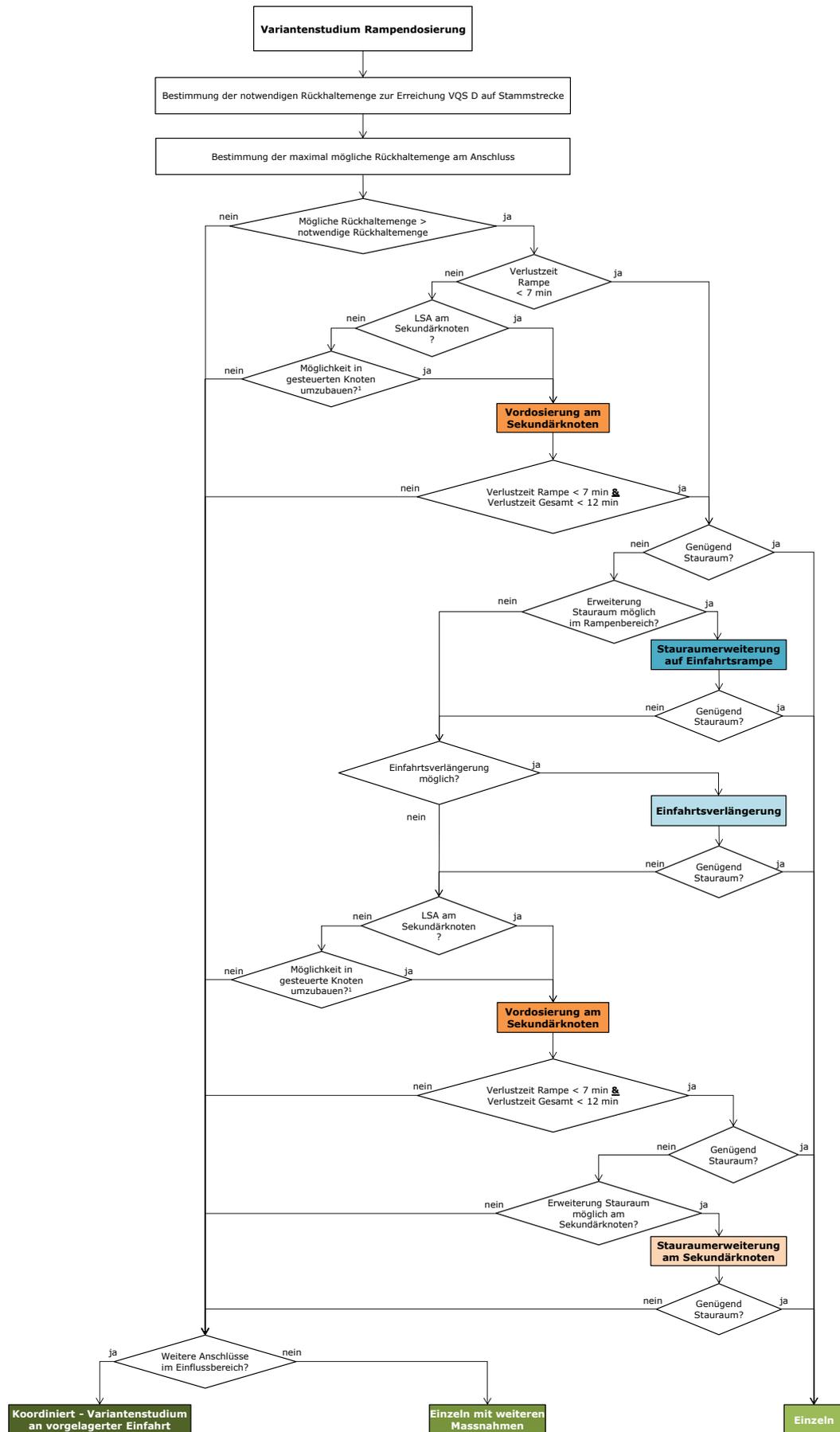
- Genügender Stauraum bzw. geringe Verkehrsmenge auf Einfahrtsrampe (Wartezeit auf der Rampe < 7 Minuten);
- Mögliche Rückhaltemenge am Anschluss grösser als notwendige Rückhaltemenge zur Erreichung VQS D auf Stammstrecke der NS;
- Nächster Anschluss zu weit entfernt und ausserhalb Einflussbereich.

Hauptgründe für eine koordinierte Rampendosierung:

- Stauraum ungenügend bzw. hohe Verkehrsmenge auf Einfahrtsrampe (Wartezeit auf der Rampe > 7 Minuten);
- Mögliche Rückhaltemenge am Anschluss kleiner als notwendige Rückhaltemenge zur Erreichung VQS D auf Stammstrecke der NS;
- Dichte Anschlussfolge → Risiko Ausweichverkehr hoch, enge verkehrliche Abhängigkeiten zwischen den Anschlüssen.

Bei der Schaffung von Stauraum am Sekundärknoten ist die Wartezeit des gesamten Systems zu berücksichtigen (Wartezeit auf der Rampe und Wartezeit am Sekundärknoten). Um Ausweichverkehr über das nachgelagerte Netz zu vermeiden, muss die Rückhaltezeit auf der Rampe, in Abstimmung mit den örtlichen Gegebenheiten, auf ein zumutbares Mass begrenzt werden. Dabei soll, nebst einer maximalen Wartezeit von 7 Minuten auf der Rampe, die gesamte Wartezeit (Sekundärknoten und Rampe) 12 Minuten nicht überschreiten. Gleichzeitig ist zu prüfen, ob jeweils genügend Stauraum im Zuflussbereich vorhanden ist um zu verhindern, dass der Sekundärknoten und das nachgelagerte Netz davon negativ beeinflusst werden.

Ist trotz Massnahmen am Sekundärknoten der Stauraum auf der Einfahrt immer noch ungenügend, so wird empfohlen, eine verteilte Dosierung auf mehrere Anschlüsse zu prüfen. Bei einer koordinierten Rampendosierung erfolgt die Verteilung der Wartezeiten auf die einzelnen Anschlüsse proportional zur jeweiligen Einfahrtsmenge. Basierend darauf wird die obenstehende Beurteilung bei den einzelnen Einfahrtsrampen angewendet, um weitere Massnahmen zu bestimmen (z.B. Massnahmen zur Stauräumerverweiterung oder andere Verteilung auf die Anschlüsse). Dieser iterative Prozess wird weitergeführt, bis die notwendige Rückhaltemenge erreicht werden kann.



¹ LSA oder LSA-gesteuerter Kreislauf

Abb. 5.18 Vorgehen zur Wahl der Art von Rampendosierung.

## 5.3 Einfahrtshilfe (FLS zum Sperren des Normalfahrstreifens)

### 5.3.1 Grundsätze

Mit dem Sperren des Normalfahrstreifens auf der NS vor einer Einfahrt kann der Einfahrtsbereich für einfahrende Fahrzeuge freigehalten werden. Das Einfahren kann somit ohne Verflechtung erfolgen und wird dadurch deutlich erleichtert. Die Massnahme kann im Zusammenhang mit Ereignissen (z.B. nach einem Grossanlass) eingesetzt werden, damit der Verkehr besser auf die Stammstrecke der NS einfahren kann.

Das Sperren des Normalfahrstreifens erfordert auf der Stammstrecke der NS Fahrstreifenwechsel vom Normalfahrstreifen auf den Überholfahrstreifen, auch für Lastwagen. Dies führt zu Leistungseinbussen auf der NS. Dementsprechend ist vor der Aktivierung der Massnahme sicher zu stellen, dass der Verkehrsfluss auf der NS trotzdem aufrechterhalten werden kann. Das Verkehrsaufkommen auf der Stammstrecke der NS und auf der Einfahrt muss daher laufend erfasst und überwacht werden.

Die Massnahme kennt folgende Betriebsformen:

- Während bestimmten Zeiten (z.B. von 17:00 bis 19:00 Uhr)
- Automatisch in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung
- Manuell

Das Sperren des Normalfahrstreifens mittels FLS erfolgt i.d.R. durch die VMZ-CH.

Die Massnahme ist nur im Zusammenhang mit geplanten oder bestehenden FLS-Systemen umzusetzen.

### 5.3.2 Signalisation

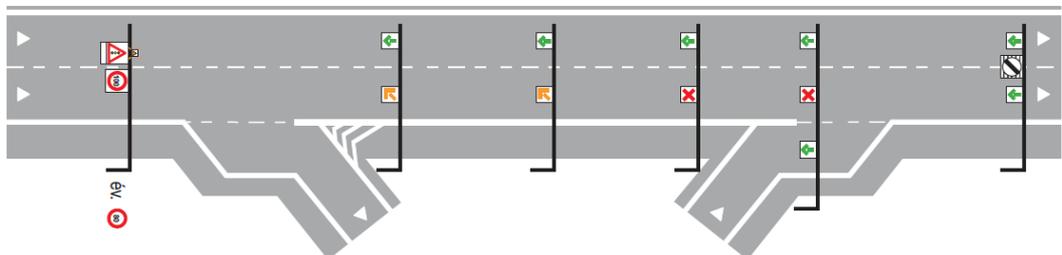


Abb. 5.19 Fahrstreifenlichtsignal zum Sperren des Normalfahrstreifens vor Einfahrten.

Die Abstände zwischen den einzelnen Signalbrücken sind entsprechend der VSS-Norm 640 802 [9] vorzusehen.

## 6 Massnahmen Ausfahrten

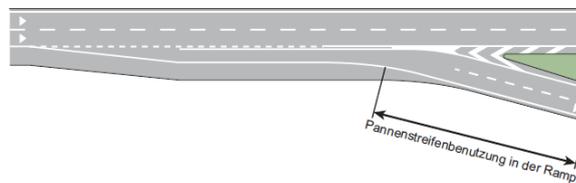
Bei einer hoch belasteten Autobahnausfahrt besteht die Gefahr, dass bei entsprechend hoher Nachfrage längere Rückstaus entstehen können. Idealerweise befinden sich diese ausschliesslich im Bereich der Ausfahrtsrampe. Reicht der Rückstau über die geometrische Nase bis auf den Verzögerungsstreifen oder noch weiter zurück, sind negative Auswirkungen des Verkehrsflusses auf der Stammstrecke der NS und der Verkehrssicherheit zu erwarten.

Die Kapazität im Ausfahrtsbereich wird massgeblich durch das vorhandene Verkehrsregime beim Sekundärknoten beeinflusst (Knoten mit oder ohne LSA oder mit Kreisverkehr). Kann z.B. an einem unregelmässigen Knoten ein Linksabbiegerstrom nicht mehr abfliessen, kann ein Rückstau entstehen, der bis auf die Stammstrecke der NS reicht und dort zu einem erheblichen Unfallrisiko führen kann.

Zur Verbesserung des Verkehrsflusses und zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit kommen die nachfolgend aufgeführten Massnahmen im Ausfahrtsbereich der NS in Frage.

Tab. 6.1 Massnahmenüberblick zur Bewirtschaftung bei Ausfahrten

Beschreibung der Massnahme	Relevante weiterführende Dokumente
Knotenregime Sekundärknoten: - Anpassung Knotenregime (Knoten mit oder ohne LSA oder mit Kreisverkehr) - Anpassung der Verkehrsführung im Knoten (z.B. zusätzlicher Fahrstreifen) - Entflechtung von Verkehrsströmen (Links- und Rechtsabbieger) - Entflechtung von motorisiertem Verkehr (MIV), Langsamverkehr (LV) und öffentlichem Verkehr (ÖV)	ASTRA Richtlinie 15020 „Sekundärknoten“ [6]
Lichtsignalanlage beim Sekundärknoten mit Verkehrsmanagement (Stauraum-Management, Grünzeitverlängerung in der Ausfahrt zur Vermeidung von Rückstaus bis auf die Stammstrecke, Dosieren)	ASTRA Richtlinie 15020 „Sekundärknoten“ [6]
Abflussbewirtschaftung am Sekundärknoten bei Ereignis auf Stammstrecke der NS	ASTRA Richtlinie 15020 „Sekundärknoten“ [6]
Lokale, permanente Pannestreifenumnutzung auf der Rampe durch die Anordnung eines zusätzlichen Fahrstreifens zur Schaffung von zusätzlichem Stauraum (zur Vermeidung von Rückstau auf der Stammstrecke der NS)	



Falls die Massnahmen gemäss Tab. 6.1 nicht ausreichend bzw. nicht umsetzbar sind, ist eine lokale, permanente Pannestreifenumnutzung zur Verlängerung der Verzögerungsstrecke denkbar (zur Vermeidung von Rückstau auf der Stammstrecke der NS). In Abweichung zur Norm SN 640 854 [12] erfolgt die Verlängerung des Verzögerungsbereichs bei der Sicherheitslinie. Die Sicherheitslinie ist so zu verlängern, dass der Rückstau nicht bis auf die Stammstrecke gelangt.

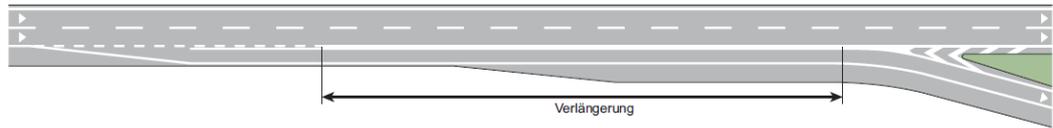


Abb. 6.2 Verlängerung der Ausfahrt

## Anhänge

<b>I</b>	<b>Struktogramm McMaster .....</b>	<b>33</b>
I.1	McMaster Daten .....	33
I.1.1	Konfigurationsdaten .....	33
I.1.2	Eingabedaten .....	36
I.1.3	Interne Daten.....	36
I.1.4	Ausgabedaten .....	36
I.2	MCMaster LOGIK.....	37
I.2.1	Programmablauf.....	37
I.2.2	Initialisierung (#19).....	38
I.2.3	Erfassen und Aufbereiten der Eingabedaten (#22, #23) .....	40
I.2.4	Verarbeiten der Eingabedaten mit McMaster (#24) .....	44



# I Struktogramm McMaster

## I.1 McMaster Daten

### I.1.1 Konfigurationsdaten

Daten, mit denen das Verhalten des McMaster Algorithmus feingesteuert wird.

#### I.1.1.1 Algorithmus Daten

```
double alpha;
double beta;
short q_korr;
unsigned short Q_UGest;
unsigned short Q_Gest;
unsigned short B_UGest;
unsigned short B_Gest;
unsigned short V_UGest;
unsigned short V_Gest;
unsigned short i_Ein;
unsigned short i_Aus;
unsigned short i_Stau_R;
double smooth_avg;
double smooth_trend;
VSRM_Detektor_Station detektor_stationen[VSRM_MAX_DET_STATIONEN];
```

#### VSRM\_Detektor\_Station

```
VSRM_Detektor_Kanal kanal_liste[VSRM_MAX_DET_KANAL];
VSRM_DET_Typ typ;
```

#### VSRM\_Detektor\_Kanal

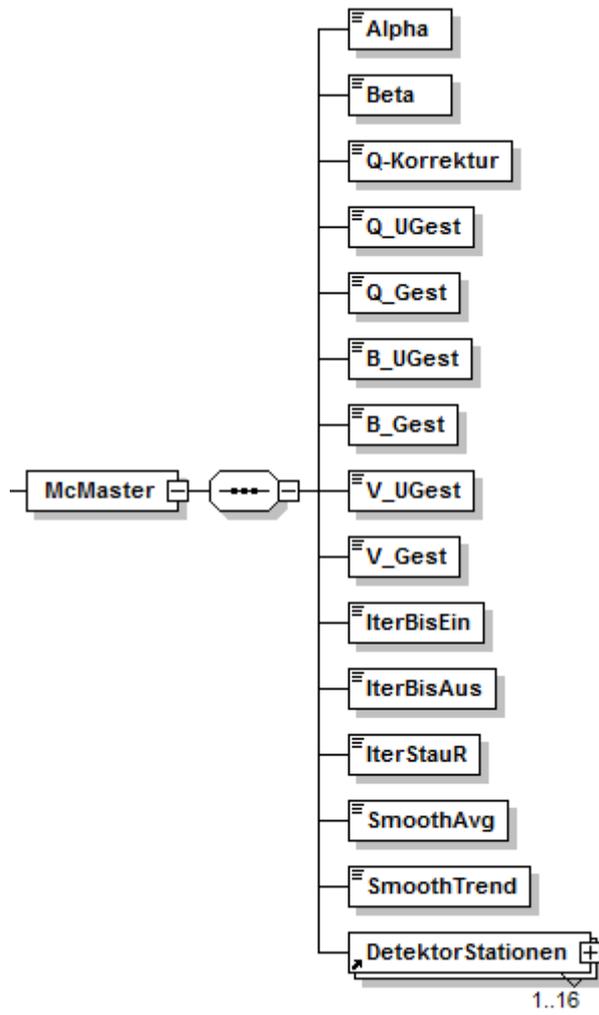
```
short int kanal_nr;
VSRM_Schalter zustand;
```

#### VSRM\_DET\_Typ

```
S_UP
R_QUEUE
```

Anmerkung: Die Detektorstationen können auch den Rahmendaten (s. I.1.1.2) zugeordnet werden. Das hängt von der Implementation des Gesamtsystems ab.

### I.1.1.1.1 Algorithmus Daten XML



### I.1.1.2 Rahmendaten für den Betrieb

```

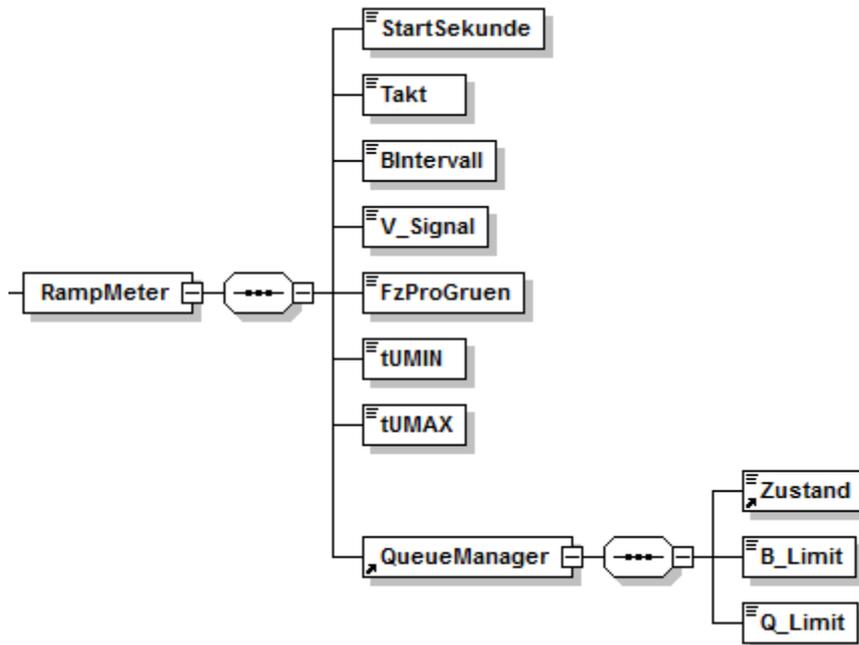
unsigned short start_sekunde;
unsigned short takt; /* Messwerte erfassen */
unsigned short t_beobachten; /* skaliert Beobachtungsintervall */
unsigned short v_signal; /* signalisierte V */
unsigned short fzProGruen;
unsigned short tU_MIN;
unsigned short tU_MAX;
VSRM_Queue_CTRL queue_control;
    
```

#### VSRM\_Queue\_CTRL

```

VSRM_Schalter zustand;
unsigned short limit_belgr;
unsigned short max_belastung;
    
```

#### I.1.1.2.1 Rahmendaten XML



## I.1.2 Eingabedaten

Messwerte der Detektoren, die zur Laufzeit des Algorithmus verarbeitet werden.

Messwerte Stammstrecke
<pre>double g_belgr_det; double g_impulse_det; double g_imp_r_up; double g_rQin_alt; double g_rQin_neu; double g_geschw_up; FIFO_Behaelter g_gleitend_impulse_B; FIFO_Behaelter g_gleitend_belgrad_B; FIFO_Behaelter g_gleitend_geschw_up_B;</pre>
Messwerte Rückstaumanagement
<pre>unsigned short g_ist_stau_R; unsigned short g_ist_kein_stau_R; unsigned short g_rampe_ein; unsigned short g_belgr_qdet; FIFO_Behaelter g_gleitend_belgrad_qdet_B;</pre>

## I.1.3 Interne Daten

Daten, die zwischenzeitlich vom Algorithmus angelegt werden (z.B. Zwischenresultate).

<pre>int g_zaeehler_QB ; int g_zaeehler_Q ; int g_zaeehler_B ; int g_zaeehler_V; int g_zaeehler_QB_U; int g_zaeehler_Q_U; int g_zaeehler_B_U; int g_zaeehler_V_U; int g_zaeehler_R_stau double g_rQin_alt_delta; double g_rQin_neu_delta; double g_rQin_P; FIFO_Behaelter g_gleitend_rq_prognose_B;</pre>
---

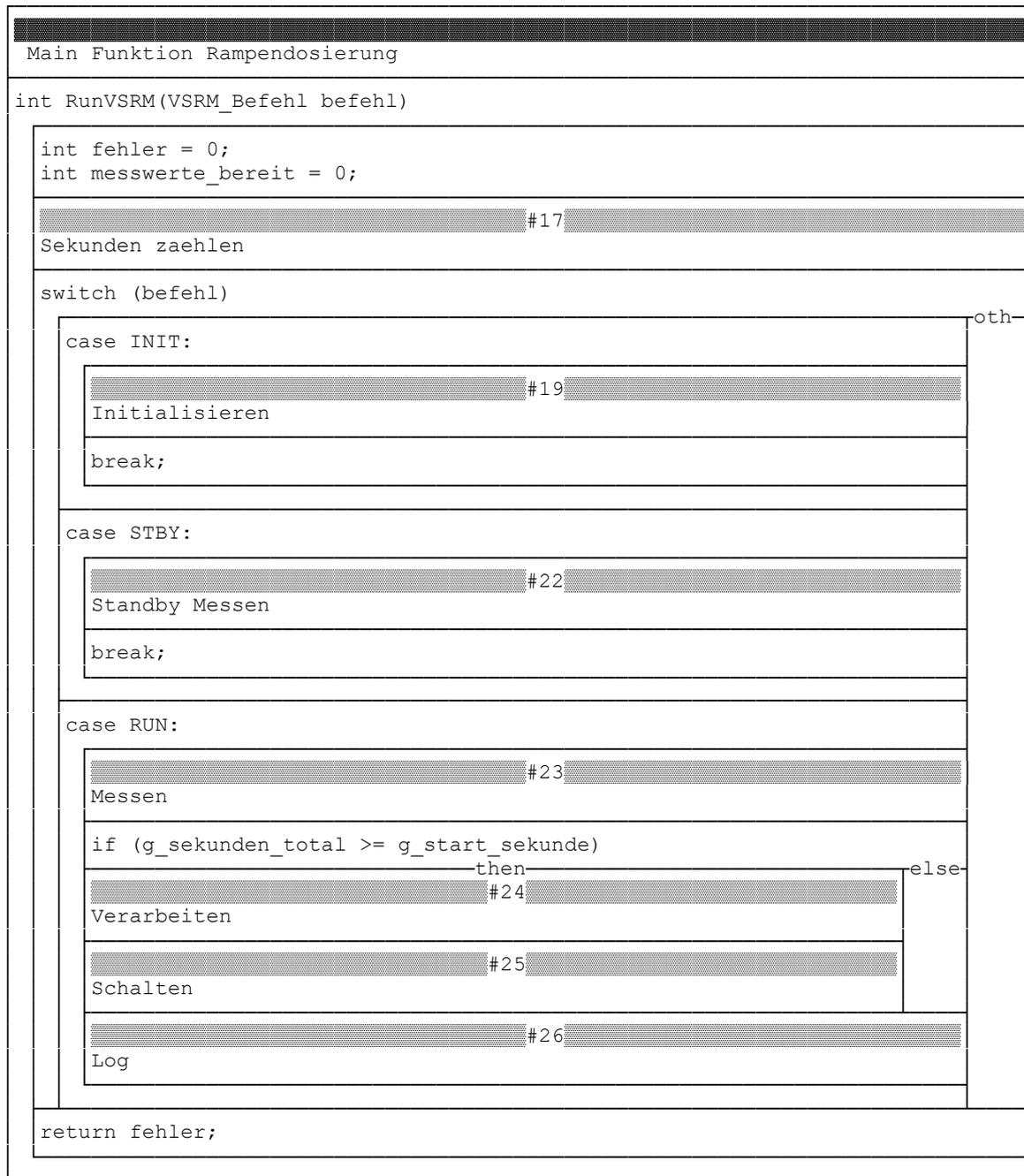
## I.1.4 Ausgabedaten

Daten, die der Algorithmus für die Schaltung der Signalgruppe liefert.

<pre>unsigned short g_tU; unsigned short g_tU_MIN; unsigned short g_tU_MAX; unsigned short g_dosieren;</pre>
--

## I.2 MCMaster LOGIK

### I.2.1 Programmablauf



## I.2.2 Initialisierung (#19)

Einrichten der McMaster Daten beim Hochfahren des Systems

### Rahmendaten

Initialisierung
int Init()
<pre>int i = 0; int fehler = 0;</pre>
Init gemeinsame Variablen
<pre>g_sekunden_total = 0; g_start_sekunde = g_rampmeter.start_sekunde;  g_tU_MIN = inZehntelS(g_rampmeter.tU_MIN); g_tU_MAX = inZehntelS(g_rampmeter.tU_MAX); g_tU = g_tU_MIN - 10;  g_dosieren = 0;</pre>
<pre>g_abtastrate = 1; g_takt = g_rampmeter.takt; g_takt *= g_abtastrate;  g_takt_beobachten = g_rampmeter.t_beobachten; g_beobachtungszeit = g_takt_beobachten * g_takt;</pre>
Fahrstreifen Stammstrecke und Rampe
<pre>g_fs_SL = 0; g_fs_R = 0;</pre>

### McMaster

<pre>g_zaeher_QB = 0; g_zaeher_Q = 0; g_zaeher_B = 0; g_zaeher_V = 0; g_zaeher_QB_U = 0; g_zaeher_Q_U = 0; g_zaeher_B_U = 0; g_zaeher_V_U = 0; g_zaeher_R_stau = 0;  g_rQin_alt_delta = 0; g_rQin_neu_delta = 0; g_rQin_P = 0;  g_belgr_det = 0;  g_impulse_det = 0;  g_imp_r_up = 0; g_rQin_alt = 0; g_rQin_neu = 0;  g_geschw_up = 0; g_ist_stau_R = 0; g_ist_kein_stau_R = 0;</pre>
--

```

g_rampe_ein = 1; /* Die RBW ist initial zugelassen */
g_belgr_qdet = 0;

g_gleitend_impulse_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_impulse_B.exklNull = 0;
g_gleitend_impulse_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_impulse_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_impulse_B.laenge );
g_gleitend_impulse_B.zaehler = 0;
g_gleitend_impulse_B.werte_zaehler = 0;
g_gleitend_impulse_B.summe = 0;

g_gleitend_belgrad_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_belgrad_B.exklNull = 0;
g_gleitend_belgrad_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_belgrad_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_belgrad_B.laenge);
g_gleitend_belgrad_B.zaehler = 0;
g_gleitend_belgrad_B.werte_zaehler = 0;
g_gleitend_belgrad_B.summe = 0;

g_gleitend_geschw_up_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_geschw_up_B.exklNull = 1;
g_gleitend_geschw_up_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_geschw_up_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_geschw_up_B.laenge );
g_gleitend_geschw_up_B.zaehler = 0;
g_gleitend_geschw_up_B.werte_zaehler = 0;
g_gleitend_geschw_up_B.summe = 0;

g_gleitend_rq_prognose_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_rq_prognose_B.exklNull = 0;
g_gleitend_rq_prognose_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_rq_prognose_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_rq_prognose_B.laenge );
g_gleitend_rq_prognose_B.zaehler = 0;
g_gleitend_rq_prognose_B.werte_zaehler = 0;
g_gleitend_rq_prognose_B.summe = 0;

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_impulse_B, 0);

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_belgrad_B, 0);

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_geschw_up_B,
(double)g_rampmeter.v_signal);

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_rq_prognose_B, 0);

// #11
Logdatei für McMaster

break;

```

### I.2.3 Erfassen und Aufbereiten der Eingabedaten (#22, #23)

Die Messwertaufbereitung der Detektordaten für den McMaster Algorithmus.

```

int i, j, alleAus, alleAusR;
double v_up, alpha, beta, delta;
alleAus = 1;
alleAusR = 1;
alpha = 0;
beta = 0;
delta = 0;
v_up = 0;

g_fs_SL = 0;
g_fs_R = 0;

#45
Detektordaten Log

#47
Detektordaten Algorithmus

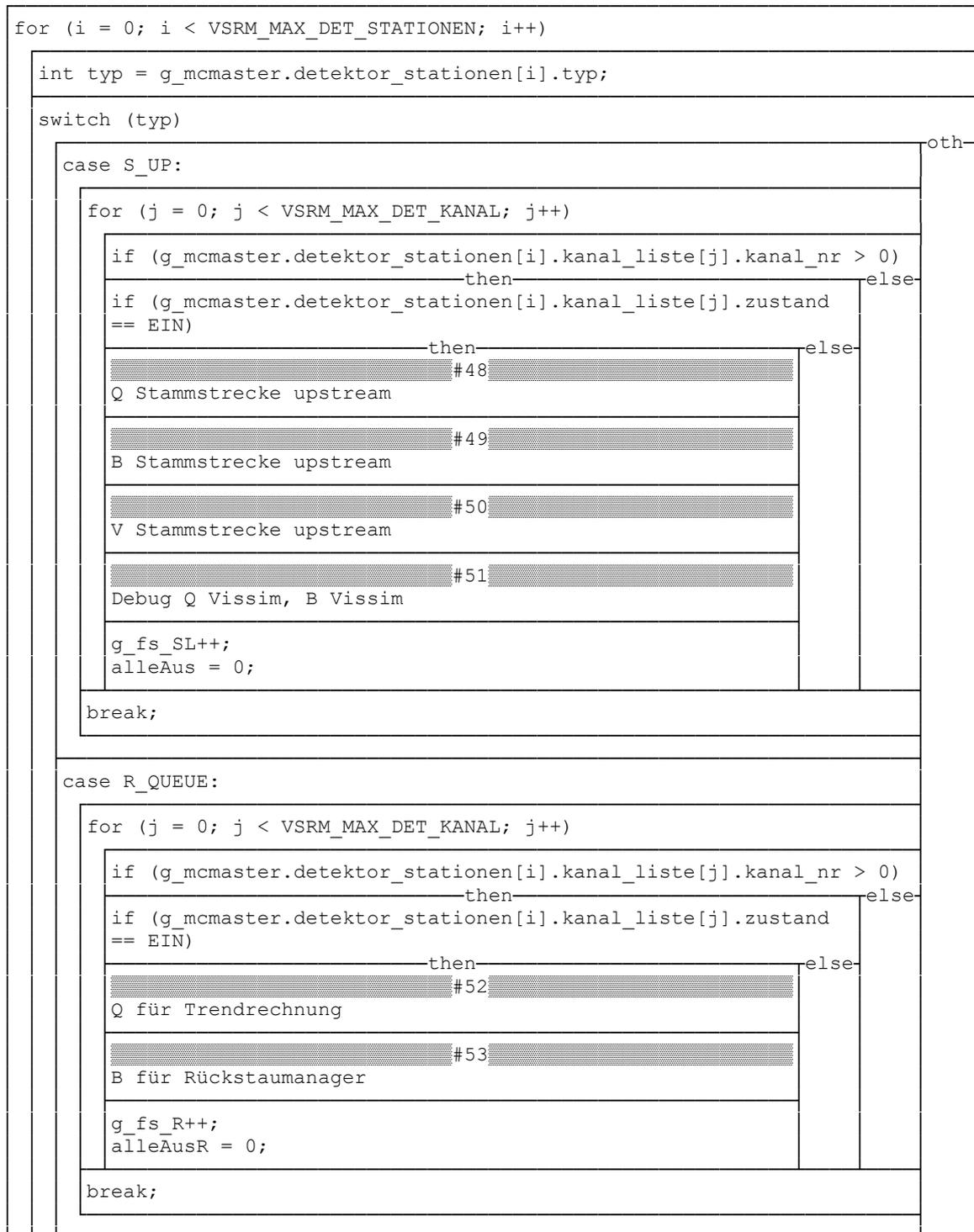
Die erfassten Werte am Ende eines Takts in das Beobachtungsfenster
eingetragen

if (g_takt > 0 && g_sekunden_total > 0 && g_sekunden_total % g_takt == 0)
    then
#54
Q, B, V Stammstrecke flussaufwärts
#55
Einfahrendes Q Rampe
#56
Rückstaumanager
#57
Debug Erfassung Takt
    else
g_fs_SL = 0;
g_fs_R = 0;
#58
Debug Erfassung über 1 Simulationsstunde

break;
    
```

### I.2.3.1 Erfassen der Detektordaten

#### #47 Detektordaten Algorithmus



#48 Q Stammstrecke upstream

```
g_impulse_det +=
(double)d_imp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
d_limp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
```

#49 B Stammstrecke upstream

```
g_belgr_det +=
(double)d_belga(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
```

#50 V Stammstrecke upstream

```
if (GetDC_MeanSpeed)
then
else
v_up =
GetDC_MeanSpeed(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr,
0);
if (v_up == 0)
then
else
v_up = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_geschw_up_B);
g_geschw_up += v_up;
```

#52 Q für Trendrechnung

```
g_imp_r_up +=
(double)d_imp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
d_limp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
```

#53 B für Rückstaumanager

```
if (g_rampmeter.queue_control.zustand == EIN)
then
else
g_belgr_qdet +=
d_belga(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
```

### I.2.3.2 Aufarbeiten der Detektordaten

#54 Q, B, V Stammstrecke flussaufwärts

if (!alleAus)	then	else
<pre>g_impulse_det /= (double)g_takt; g_impulse_det *= 3600.0; g_belgr_det /= (double)g_takt; g_belgr_det /= (double)g_fs_SL; g_geschw_up /= (double)g_takt; g_geschw_up /= (double)g_fs_SL;</pre>		
<pre>SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_impulse_B, g_impulse_det); SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_belgrad_B, g_belgr_det); SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_geschw_up_B, g_geschw_up);</pre>		
<pre>g_impulse_det = 0; g_belgr_det = 0; g_geschw_up = 0;</pre>		

#55 Einfahrendes Q Rampe

if (!alleAusR)	then	else
<pre>alpha = g_mcmaster.smooth_avg; beta = g_mcmaster.smooth_trend;</pre>		
<pre>Glättung</pre>		
<pre>g_imp_r_up /= (double)g_takt; g_imp_r_up *= 3600.0;</pre>		
<pre>g_rQin_neu = (alpha * g_imp_r_up) + ((1.0 - alpha) * g_rQin_alt);</pre>		
<pre>Trendrechnung</pre>		
<pre>delta = (double)abs(Runden(g_imp_r_up) - Runden(g_rQin_alt));</pre>		
if (delta < 0)	then	else
<pre>delta = 0;</pre>		
<pre>g_rQin_neu_delta = (beta * delta) + ((1.0 - beta) * g_rQin_alt_delta);</pre>		
<pre>g_rQin_P = g_rQin_neu + g_rQin_neu_delta; SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_rq_prognose_B, g_rQin_P);</pre>		
<pre>g_rQin_alt = g_rQin_neu; g_rQin_alt_delta = g_rQin_neu_delta;</pre>		
<pre>g_imp_r_up = 0;</pre>		

#56 Rückstaumanager

if ((!alleAusR) && g_rampmeter.queue_control.zustand == EIN)	then	else
<pre>double b_qdet; b_qdet = (double)g_belgr_qdet / (double)g_takt; b_qdet /= g_fs_R;</pre>		
<pre>SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_belgrad_qdet_B, b_qdet);</pre>		
<pre>g_belgr_qdet = 0;</pre>		

## I.2.4 Verarbeiten der Eingabedaten mit McMaster (#24)

### I.2.4.1 Abfolge des Algorithmus

<pre>int RunMcMaster() double alpha, beta, skalar, q_korr, qb_grenze, b_qdet; unsigned short Qt, Bt, Vt, qB, QrP, belgra_qdet;</pre>	
<pre>alpha = g_mcmaster.alpha; beta = g_mcmaster.beta; skalar = 120.0; q_korr = (double)g_mcmaster.q_korr; qb_grenze = 0; b_qdet = 0; Bt = 0; Qt = 0; Vt = 0; QrP = 0; belgra_qdet = 0;</pre>	
<p>Im Takt, nachdem das erste Beobachtungsintervall erreicht wurde</p>	
<pre>if (g_takt &gt; 0 &amp;&amp; g_sekunden_total &gt;= g_beobachtungszeit &amp;&amp; g_sekunden_total % g_takt == 0) then else</pre>	
<pre>#108</pre>	<pre>Werte aus Beobachtungsfenster</pre>
<pre>#109</pre>	<pre>Verkehrslage Stammstrecke evaluieren</pre>
<pre>#115</pre>	<pre>Stauraumüberwachung</pre>
<pre>#116</pre>	<pre>Umlaufzeit festlegen</pre>
<pre>#ifdef _AUSWERTEN_ then else</pre>	
<pre>g_r_count = QrP;</pre>	
<pre>return 0;</pre>	

#### I.2.4.1.1 Eingabedaten akquirieren

##### #108 Werte aus Beobachtungsfenster

<pre>double qt, bt, vt, qp;</pre>
<pre>qt = GetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_impulse_B); Qt = (unsigned short)Runden(qt);</pre>
<pre>bt = GetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_belgrad_B); Bt = (unsigned short)Runden(bt);</pre>
<pre>vt = GetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_geschw_up_B); Vt = (unsigned short)Runden(vt);</pre>
<pre>qp = GetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_rq_prognose_B); QrP = (unsigned short)Runden(qp);</pre>

### I.2.4.1.2 Verkehrslage bestimmen

#109 Verkehrslage Stammstrecke evaluieren

#110 Q anhand Q-B Grenzlinie bestimmen	
if (!g_dosieren)	then #111 Einschalten prüfen
else	
if (g_dosieren)	then #113 Ausschalten prüfen
else	

#### Q-B Grenzlinie berechnen

#110 Q anhand Q-B Grenzlinie bestimmen

Linie basierend auf Fz/30s
qb_grenze = alpha * pow((double)Bt, beta);
In Fz/h (wenn skalar == 120)
qb_grenze *= skalar; q_korr *= skalar;
Verschiebung y-Achse und Runden
qb_grenze += q_korr; qB = (unsigned short)Runden(qb_grenze);

#### Dosierbefehl setzen anhand Zähler QB, oder V gestört

#112 Gestörte Verkehrslage?

Test Q - B Grenzlinie	
if (Qt <= qB)	then g_zaebler_QB++;
else	Test Belegungsgrad
if (Bt >= g_mcmaster.B_Gest)	then g_zaebler_QB++;
else	Verkehr ungestört g_zaebler_QB = 0;
Test Geschwindigkeit	
if (Vt <= g_mcmaster.V_Gest)	then g_zaebler_V++;
else	Verkehr ungestört g_zaebler_V = 0;

#111 Einschalten prüfen

#112			
Gestörte Verkehrslage?			
if (g_zaebler_QB >= g_mcmaster.i_Ein    g_zaebler_V >= g_mcmaster.i_Ein)			
then		else	
Stau RBW einschalten		if (g_zaebler_QB > 0    g_zaebler_V > 0)	
		then	
g_dosieren = 1; g_zaebler_QB = 0; g_zaebler_V = 0;		else	
		if (g_zaebler_QB == 0    g_zaebler_V == 0)	
		then	
		else	
		Ungestört	

**Dosierbefehl zurücknehmen anhand Zähler QB, oder V ungestört**

#114 Ungestörte Verkehrslage?

Test Verkehrsstärke ungestört			
if (Qt > qB)			
then		else	
g_zaebler_QB_U++;		Test Belegungsgrad ungestört	
		if (Bt <= g_mcmaster.B_UGest)	
		then	
		else	
g_zaebler_QB_U++;		Verkehr gestört	
		g_zaebler_QB_U = 0;	
Test Geschwindigkeit ungestört			
if (Vt >= g_mcmaster.V_UGest)			
then		else	
g_zaebler_V_U++;		Verkehr gestört	
		g_zaebler_V_U = 0;	

#113 Ausschalten prüfen

#114			
Ungestörte Verkehrslage?			
if (g_zaebler_QB_U >= g_mcmaster.i_Aus    g_zaebler_V_U >= g_mcmaster.i_Aus)			
then		else	
Ungestört RBW ausschalten		if (g_zaebler_QB_U > 0    g_zaebler_V_U > 0)	
		then	
		else	
g_dosieren = 0; g_zaebler_QB_U = 0; g_zaebler_V_U = 0;		if (g_zaebler_QB_U == 0    g_zaebler_V_U == 0)	
		then	
		else	
		Stau	

### I.2.4.1.3 Rückstaumanagement

#### #115 Stauraumüberwachung

```
b_qdet = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_belgrad_qdet_B);
belgra_qdet = (unsigned short)Runden(b_qdet);
```

#### Stabilitätszähler Stau auf der Rampe

if (g_rampe_ein)		else
then		
if (belgra_qdet <= g_rampmeter.queue_control.limit_belgr)		
then	else	
Alles OK	Stockend	
g_zaeehler_R_stau = 0;	g_zaeehler_R_stau++;	
if (g_zaeehler_R_stau >= g_mcmaster.i_Stau_R)		
then	else	
g_ist_stau_R = 2;	if (g_zaeehler_R_stau > 0)	
g_zaeehler_R_stau = 0;	then	
	g_ist_stau_R = 1;	g_ist_stau_R = 0;

#### Stabilitätszähler kein Stau auf der Rampe

if (!g_rampe_ein)		else
then		
if (belgra_qdet <= g_rampmeter.queue_control.limit_belgr)		
then	else	
Stau löst sich auf	Immer noch im Stau	
g_zaeehler_R_kein_stau++;	g_zaeehler_R_kein_stau = 0;	
if (g_zaeehler_R_kein_stau >= g_mcmaster.i_Stau_R)		
then	else	
g_ist_kein_stau_R = 2;		
g_zaeehler_R_kein_stau = 0;		

### I.2.4.1.4 Berechnung der Ausgabedaten (#116)

Rampe ausschalten oder Umlaufzeit festlegen?

if (g_ist_stau_R > 1)		
then		else
g_rampe_ein = 0; g_tU = g_tU_MIN - 10;	if (g_ist_stau_R > 0)	else
	then	else
	g_tU = inZehntels(g_rampmeter.queue_control.tU);	#118
	Control tU kleiner als tUMIN schaltet RBW aus	Umlaufzeit basierend auf dem prognostizierten einfahrenden Q der Rampe; Hier in Range 0 - MAX Belastung
	if (g_tU < g_tU_MIN)	
	then	else
	g_tU = g_tU_MIN - 10;	

Wiedereinschalten der Rampe prüfen

if (g_ist_kein_stau_R > 1)	then	else
g_rampe_ein = 1;		

#118 Umlaufzeit basierend auf dem prognostizierten einfahrenden Q der Rampe; Hier in Range 0 – MAX Belastung

if (QrP > g_rampmeter.queue_control.max_belastung    QrP <= 0)		
then		else
g_tU = g_tU_MIN - 10;	if (g_dosieren)	else
	then	else
	g_tU = (3600 * g_rampmeter.fzProGruen) / QrP; g_tU = inZehntels(g_tU);	g_tU = g_tU_MIN - 10;
	if (g_tU < g_tU_MIN)	
	then	else
	g_tU = g_tU_MIN;	
	if (g_tU > g_tU_MAX)	
	then	else
	g_tU = g_tU_MAX;	

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
ASTRA	Bundesamt für Strassen
FLS	Fahrstreifen-Lichtsignal-System
GH-GW	Geschwindigkeitsharmonisierung Gefahrenwarnung
HLS	Hochleistungsstrasse
HVS	Hauptverkehrsstrasse
LSA	Lichtsignalanlage
PUN	Pannestreifenumnutzung
PWE/h	Personenwageneinheit pro Stunde
SN	Schweizer Norm
SSV	Signalisationsverordnung
VM-CH	Verkehrsmanagement in der Schweiz
VMZ-CH	Verkehrsmanagementzentrale Schweiz
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
WTA	Wechseltextanzeige

# Literaturverzeichnis

## Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „**Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SSV)**“, SR 741.21, [www.admin.ch](http://www.admin.ch).

## Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (2012), „**Videoanlagen**“, Richtlinie ASTRA 13005, V1.00, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (2016), „**Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen (Kopfrichtlinie VM-NS)**“, Richtlinie ASTRA 15003, V2.00, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (2012), „**Dynamische Wegweisung (DWW)**, Grundsätze zur Gestaltung und Anordnung“, Richtlinie ASTRA 15012, V1.01, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2015), „**Geschwindigkeitsharmonisierung und Gefahrenwarnung (GHGW)**, Grundsätze zu Planung und Betrieb“, Richtlinie ASTRA 15016, V1.00, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [6] Bundesamt für Strassen ASTRA (2018), „**Sekundärknoten**, Grundsätze für Planung und Betrieb“, Richtlinie ASTRA 15020, V1.00 [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).

## Normen

- [7] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2006), „**Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit** - Freie Strecke auf Autobahnen“, SN 640 018a.
- [8] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1999), „**Knoten**; Kreuzungsfreie Knoten“, SN 640 261.
- [9] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1999), „**Verkehrsbeeinflussung**; Fahrstreifen-Lichtsignal-System (FLS)“, SN 640 802.
- [10] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2005), „**Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen**; Rampenbewirtschaftung, Grundlagen“, SN 640 807.
- [11] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2001), „**Steuergeräte für Lichtsignalanlagen – Funktionale Sicherheitsanforderungen**“, SN 640844-3.
- [12] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009), „**Markierungen – Anordnung auf Autobahnen und Autostrassen**“, SN 640 854a.
- [13] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2006), „**Anlagen zur Verkehrssteuerung**; Signalleuchten“, SN EN 12368.
- [14] Schweizerische Elektrotechnische Komitee CES (2011), „**Strassenverkehrs-Signalanlagen**“, SN EN 50556.

## Fachhandbuch des ASTRA

- [15] Bundesamt für Strassen ASTRA, „**Fachhandbuch Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (FHB BSA)**“, 23001, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).

## Dokumentation

- [16] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**Gestaltung von Ausrüstungen der Anschlüsse an das Nationalstrassennetz**“, Dokumentation ASTRA 85006, V2.00, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [17] Schweizerischen Verbands für Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2015), „**Rampenbewirtschaftung Anforderung an Regelungsverfahren**“, Forschungsprojekt VSS 2007/302.

## Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2018	1.00	01.07.2018	Inkrafttreten Ausgabe 2018 (original Version in Deutsch)

