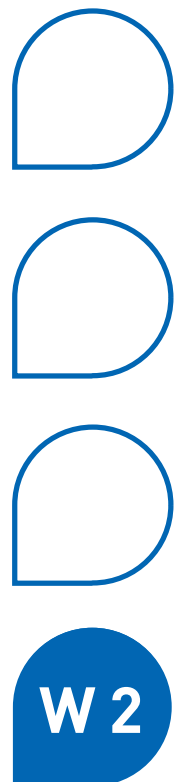


AP Regelungen SB

Arbeitspapier zu Regelungslogiken in der Streckenbeeinflussung

Ausgabe 2025



Inhaltsübersicht

	Seite
1 Einleitung und Zielsetzung	7
1.1 Motivation	7
1.2 Zielsetzung und Gliederung des Arbeitspapiers	8
1.3 Abgrenzung	9
2 Grundlagen und Rahmenbedingungen	9
2.1 Allgemeine Betreiberanforderungen an SBA-Regler	9
2.1.1 Einleitung	9
2.1.2 Grundlegende verkehrstechnische Anforderungen an Regler	10
2.1.3 Grundlegende systemtechnische Anforderungen an den Regler	11
2.2 Qualitätsanforderungen	12
2.3 Wirtschaftlichkeit	12
2.4 Potenzielle Einsatzbereiche eines Reglers	12
2.5 Regelungstechnische Begriffe und Grundlagen	13
2.5.1 Der einfache Regelkreis	13
2.5.2 Die Methodik der Regelungstechnik	15
2.5.3 Ein einfaches Beispiel: Regelung der Raumtemperatur ..	16
2.5.4 Unterscheidung Steuerung und Regelung	17
2.5.5 Erweiterte Regelkreisstrukturen	18
2.5.6 Regelungstechnische Aspekte von SBA	23
2.6 Erfassung und Kenngrößen von Autobahnverkehr im Kontext der SBA	25
2.7 Aktorik (Stellgrößen) der SBA	25
2.8 Verkehrsmodellierung im Kontext der SBA	25
3 Stand der Technik der SBA	26
3.1 Grundlagen des MARZ	26
3.2 Das MARZ 99 aus regelungstechnischer und betrieblicher Sicht	29
3.2.1 Einführung	29
3.2.2 Funktionale Architektur	30
3.2.3 Hinweise zu den Verfahren	31
3.2.4 Steuerung oder Regelung	31
3.2.5 Regelungstechnische Kritik	32
3.2.6 Praktische Erfahrungen aus dem Betrieb	33
3.2.7 Einordnung und Bewertung	34
3.3 Das MARZ 18 aus regelungstechnischer und betrieblicher Sicht	34
3.3.1 Einführung	34
3.3.2 Funktionale Architektur	34
3.3.3 Hinweise zu den Verfahren	37
3.3.4 Steuerung oder Regelung	37
3.3.5 Regelungstechnische Kritik	37
3.3.6 Praktische Erfahrungen aus dem Betrieb	38
3.3.7 Einordnung und Bewertung	40
3.4 Sonderfall Tunnel bzw. Tunnelketten	41
3.5 Internationale Literaturrecherche	41
3.5.1 Einordnung	42
3.5.2 Modellbasierte Optimierung (Model Predictive Control, MPC)	42
3.5.3 Anwendung der Kontinuumstheorie (analytisch)	42
3.5.4 Regelung im Sinne des klassischen Regelkreises	43

	Seite
4 Potenziale der Weiterentwicklung	45
4.1 Überblick	45
4.2 Neue Bewertungsgrößen für die Situationsbewertung	45
4.3 Dynamische Anpassung von Schwellenwerten bzw. Ziel-/Führungsgrößen	48
4.4 Modellbasierte Optimalsteuerung	48
4.5 Zeitliche Einordnung der Entwicklungspotenziale	49
4.6 Exemplarische Einordnung des „Pulkauflösers“	50
4.6.1 Zusammenfassung des Verfahrensansatzes „Pulkauflöser“	50
4.6.2 Exemplarischer Abgleich mit den Betreiber- anforderungen	51
5 Hinweise für die Realisierung	53
5.1 Systemtechnische Einordnung	53
5.2 Inbetriebnahme eines externen Moduls	55
5.2.1 Einordnung	55
5.2.2 Betriebliche Aspekte	56
5.2.3 Beteiligte und Projektphasen	56
5.2.4 Pilotprojekt (Proof of concept)	59
5.3 Wirksamkeit	62
5.3.1 Wirksamkeit von SBA nach dem Stand der Technik	62
5.3.2 Wirksamkeit eines Reglers im Speziellen	63
Literaturverzeichnis	64

Bilderverzeichnis

	Seite
Bild 1: Klassischer Regelkreis	13
Bild 2: Schema einer Raumtemperaturregelung	16
Bild 3: Einfacher Regelkreis einer Raumtemperaturregelung	16
Bild 4: Steuerung mit Berücksichtigung von Störgrößen	17
Bild 5: Regelung ohne Sollwertvorgabe	17
Bild 6: Störgrößenaufschaltung, Vorsteuerung und Vorfilter	18
Bild 7: Kaskadenregelung am Beispiel der Raumtemperatur	18
Bild 8: SBA-Geschwindigkeitsvorgaben als Kaskadenstruktur	19
Bild 9: Smith-Prädiktor	20
Bild 10: Prinzip der modellbasierten Optimierung	21
Bild 11: Beobachter mit makroskopischem Modell und Kalmanfilter zur Korrektur	22
Bild 12: Modellbasierte Optimierung mit zum Beobachter passenden Wirkungsmodell	23
Bild 13: Regelungstechnische Struktur der SBA-Steuerungsalgorithmen nach MARZ 99	30
Bild 14: Regelungstechnische Struktur der SBA-Steuerungsalgorithmen nach MARZ 18	36
Bild 15: Weg-Zeitdiagramm der angeforderten Schaltungen im A-Zeichen	39
Bild 16: Prinzip des SPECIALIST-Algorithmus	43
Bild 17: Mainstream Traffic Flow Control, Beeinflussungsbereich und Beschleunigungsbereich	44
Bild 18: Integration externer Regler am Beispiel des MARZ 18	53
Bild 19: Ablaufdiagramm zur Durchführung des Blind- und Probetriebes bzw. Parallelbetriebs	61

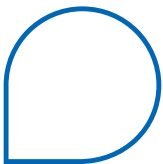
Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maßnahmen	27
Tabelle 2: Beispiele für modellbasierte Optimierung in der Streckenbeeinflussung	42
Tabelle 3: Erweiterung des Maßnahmenspektrums	46
Tabelle 4: Bewertungskenngrößen und potenzielle Verbesserungen der SBA	47
Tabelle 5: Einschätzung des Pulkauflösers hinsichtlich der Betreiberanforderungen	52

Abkürzungsverzeichnis

AK	Arbeitskreis
ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
ASM	Adaptive Smoothing Method
AQ	Anzeigequerschnitt
BASt	Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
EABT-80/100	Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h
FCD	Floating Car Data
FG	Funktionsgruppe (nach TLS 2012)
MARZ	Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechner- und Unterzentralen
MPC	Model Predictive Control
MQ	Messquerschnitt
MTFC	Mainstream Traffic Flow Control
NBA	Netzbeeinflussungsanlage
RABT	Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln
rVMZ	regionale Verkehrsmanagementzentrale
RWVA	Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen an Bundesfernstraßen
RWVZ	Richtlinien für Wechselverkehrszeichen an Bundesfernstraßen
TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen
TSF	Temporäre Seitenstreifenfreigabe
UZ	Unterzentrale
SBA	Streckenbeeinflussungsanlage
SPECIALIST	SPeEd Controlling ALgorithm using Shockwave Theory
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlage
VRZ	Verkehrsrechnerzentrale
VZ	Verkehrszentrale
WVZ	Wechselverkehrszeichen
WZG	Wechselverkehrszeichengeber
ZRA	Zuflussregelungsanlage

FGSV 304/4



FGSV
DER VERLAG

Herstellung und Vertrieb:

FGSV Verlag GmbH

Wesselinger Str. 15-17 • 50999 Köln

Tel.: 0 22 36 38 46-30

info@fgsv-verlag.de • www.fgsv-verlag.de

Juni 2025

ISBN 978-3-86446-431-7