

Der Einfluss einer Zuflussregelung an Anschlussstellen auf die Verbesserung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen

FA 3.279

Forschungsstelle: SSP Consult Beratende Ingenieure GmbH,
Bergisch Gladbach
Bearbeiter: Stöcker, K. / Trupat, S.
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn
Abschluss: April 2000

1. Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Auf der A 40 als Hauptverkehrsader des Ballungsraumes Ruhrgebiet wurden bereits 1993 regelmäßig DTV-Werte*) > 100 000 Kfz/24h an Werktagen festgestellt. Damit verbunden waren erhebliche Beeinträchtigungen der Verkehrsqualität, die möglichst rasch wirksame Maßnahmen erforderlich machten. Bauliche Anpassungen waren kurzfristig nicht realisierbar, so dass bei weiter steigendem Verkehrsaufkommen nur die Einrichtung einer Verkehrsbeeinflussungsanlage zur kurzfristigen Verbesserung des Verkehrsflusses und der Unfallsituation in Frage kam. Im Zuge von Voruntersuchungen wurde festgestellt, dass in Ergänzung zu einer Streckenbeeinflussungsanlage infolge der spezifischen Probleme im Bereich der Anschlussstellenzufahrten die im Ausland häufig erfolgreich eingesetzte Zuflussregelung ein probates Mittel zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse auf der A 40 sein könnte.

Nach der Ausschreibung und der Bauausführung sowie umfangreichen Funktionstests der einzelnen Komponenten erfolgten

- die Eröffnung der Streckenbeeinflussungsanlage zwischen MH-Winkhausen und BO-Werne in beiden Fahrtrichtungen Anfang Juni 1998 und
- die Eröffnung der Pilotanlage Zuflussregelung zwischen Gelsenkirchen und BO-Stahlhausen in FR Dortmund am 13.04.1999.

Da es sich bei der Zuflussregelungsanlage A 40 um eine Pilotanlage handelte und in Deutschland noch keine Erfahrungen mit der Zuflussregelung vorlagen, hat das Bundesministerium für Verkehr (BMV) im Jahr 1994 ein begleitendes Forschungsvorhaben zur Ermittlung des „Einflusses einer Zuflussregelung an Anschlussstellen auf die Verbesserung des Verkehrsflusses auf Autobahnen“ vergeben.

Gemäß Projektbeschreibung vom August 1994 sollte das Ziel des FE-Vorhabens sein, den Einfluss einer Zuflussregelung auf den Verkehrsablauf einer Autobahn zu untersuchen, insbesondere aber auch die verkehrlichen Auswirkungen im nachgeordneten Netz. Dabei musste der Einfluss der Streckenbeeinflussungsanlage berücksichtigt werden.

2. Untersuchungsmethodik und Datengrundlagen

Die Untersuchung wurde als Vorher-Nachher-Vergleich mit Schwerpunkt im Bereich der Pilotanlage Zuflussregelung durchgeführt. Im Nachher-Zustand wurde unterschieden zwischen den Zuständen „ohne Zuflussregelung“ und „mit Zuflussregelung“. Darüber hinaus waren die bisherigen in- und ausländischen Erfahrungen mit der Zuflussregelung zu berücksichtigen.

Der Forschungsgeber hatte folgende Darstellungen vorgegeben:

- Veränderungen bei den Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten,
- Veränderungen im Verhalten der Verkehrsteilnehmer,
- Veränderungen im Stauaufkommen und der Unfallsituation,
- Befolgung der Zuflussregelung sowie
- Auswirkungen auf das nachgeordnete Netz.

Ein wesentliches Ziel der Untersuchung lag auch in der Ableitung von Empfehlungen zum Einsatz und Betrieb der Zuflussregelung bei künftigen Anlagen unter Einbeziehung der Erfahrungen von Betreiber und Polizei.

Zur Bearbeitung des Vorhabens wurden folgende Arbeitspunkte definiert:

- AP 1: Zusammenstellen und Auswerten bisheriger in- und ausländischer Erfahrungen mit der Zuflussregelung;
- AP 2: Untersuchung des Verkehrsablaufs im Vorher-Nachher-Vergleich nach Eröffnung der Streckenbeeinflussungsanlage;
- AP 3: Untersuchung des Verkehrsablaufs im Vorher-Nachher-Vergleich nach Eröffnung der Pilotanlage Zuflussregelung mit gesonderter Betrachtung der Auswirkungen auf Zufahrtrampen und nachgeordnetes Netz;
- AP 4: Zusammenfassende Bewertung des Einflusses der Zuflussregelung im Bereich einer Streckenbeeinflussungsanlage auf Leistungsfähigkeit und Verkehrsablauf unter Berücksichtigung des Unfallgeschehens sowie
- AP 5: Ableiten von Empfehlungen zum Einsatz und Betrieb der Zuflussregelung in Anschlussstellen im Bereich einer Streckenbeeinflussungsanlage.

Als Datengrundlage für den Vorher-Nachher-Vergleich standen

- Störungsauswertungen NRW für die Jahre 1996 bis 1999,
- Unfalldaten für 1994, 1997, 1998 und 1999,
- Daten zu den Baustellen im Bereich der VBA A 40 für 1997 bis 1999,
- Verkehrsdaten aus dem Bereich der VBA A 40 im Bereich der Pilotanlage sowie
- Daten der Dauerzählstellen auf der A 40 in Essen und Bochum zur Verfügung.

Zusätzlich wurden umfangreiche Videobeobachtungen und stichprobenartig Verkehrsbefragungen durchgeführt. Vergleichszählungen im nachgeordneten Netz wurden von der Stadt Bochum durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Schlussbericht mit eingeflossen.

Um die Parametrierung des Steuermodells vorzubereiten und die Auswirkungen sowohl der Streckenbeeinflussung als auch der Zuflussregelung zu beurteilen, wurden mit Hilfe eines makroskopischen Simulationsmodells auf Basis der Verkehrsdaten im Bereich der Anschlussstelle BO-Stahlhausen umfangreiche Simulationsrechnungen sowohl für den Vorher- als auch für die beiden Nachher-Zustände durchgeführt.

3. Einsatzkriterien und Grundlagen der Zuflussregelung

Bei allen bisherigen Einsatzfällen (z. B. in den Niederlanden und in Frankreich) wird die Zuflussregelung zur Zerstückelung von Pulks im Verflechtungsbereich mit der Hauptfahrbahn durch Einzelfahrzeugregelung immer dort eingesetzt, wo zwei Faktoren zusammenkommen:

1. Dichter Verkehr auf der Hauptfahrbahn mit geringen Zeitlücken für den zufahrenden Verkehr von der Zufahrtrampe sowie
2. Zufahrtrampen mit hoher Verkehrsbelastung und häufig auftretenden Pulks im direkten Einfädungsbereich.

*) DTV-day travel value

Bei der Zuflussregelung unterscheidet man zwischen

- Erfassungskomponenten auf der Hauptfahrbahn (Erfassung von q , v und/oder b),
- Erfassungskomponenten im Bereich der Zu- und Abfahrtrampen (Erfassung von q und b),
- Lichtsignalanlage zur Einzelfahrzeugregelung im Bereich der Zufahrtrampe,
- Steuerzentrale sowie
- Zusatzausstattung im Bereich des nachgeordneten Netzes.

Zur Orientierung ist die Ausstattung der Pilotanlage A40 als Bild 1 beigefügt. Im Zuge der Steuerung werden einerseits Strategien, die auf der Kapazität stromaufwärts und andererseits Modelle, die auf der Belegungsreserve stromabwärts der betroffenen Anschlussstellen basieren, eingesetzt.

4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Auswertung bisheriger Erfahrungen im In- und Ausland

Positive Ergebnisse wurden mit den Steuerungen erreicht, deren Strategien auf der Kapazität bzw. der optimalen Belegung stromaufwärts der Rampe basieren. Durch die Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation war es in allen Fällen möglich, auf Verkehrsstörungen im Bereich der geregelten Anschlussstelle schneller zu reagieren. Es wurde in fast allen Fällen eine Steigerung der durchschnittlichen Geschwindigkeit und damit ein Rückgang der Reisezeiten festgestellt. Zurückzuführen war dies auf den Abbau der Schockwellen, die vor Inbetriebnahme der Zuflussregelung häufig durch zufahrende Pulks in Spitzenzeiten ausgelöst wurden.

Bei allen bisher bekannten Fällen ließen sich keine negativen Auswirkungen auf das nachgeordnete Netz feststellen. Die Anzahl von „Schleichfahrten“ durch das nachgeordnete Netz ging im Gegenteil sehr häufig zurück, da die Verkehrsteilnehmer sehr schnell feststellten, dass die Verkehrsverhältnisse auf den Autobahnen sich mit der Zuflussregelung wesentlich verbessert hatten.

4.2. Auswertung der Auswirkungen der VBA A40

Bei Betrachtung der Auswirkungen der VBA A40 auf den Verkehrsablauf ist zwischen den beiden Nachher-Zuständen

- mit Streckenbeeinflussungsanlage A40 und
- mit Pilotanlage Zuflussregelung zusätzlich zur Streckenbeeinflussungsanlage

zu unterscheiden. Die Betrachtung der Auswirkungen der Streckenbeeinflussungsanlage allein zeigte, dass es zwar zu Verbesserungen hinsichtlich der Störungssituation und des Verkehrsflusses (Harmonisierung des Verkehrsablaufes) kam, dass über die Streckenbeeinflussung hinaus aber weitere entscheidende langfristige Verbesserungen der Verkehrssituation auf der A40 mit der Zuflussregelung zu erwarten waren. Die Auswirkungen der SBA auf die Unfallsituation waren wegen des kurzen Vergleichszeitraumes von einem Jahr und der Einrichtung der Langzeitbaustelle im Raum Bochum mit der Realisierung der SBA nicht ausreichend zu bewerten. Langfristige Untersuchungen an vergleichbaren SBA zeigten aber sehr positive Auswirkungen.

Nimmt man die im Zuge des Anlagenbetriebes der Pilotanlage Zuflussregelung gewonnenen Erkenntnisse hinzu, so hat sich herausgestellt, dass mit der Zuflussregelung

- ein deutlicher Rückgang der Störungen um mehr als 50 % im Bereich der Pilotanlage verbunden ist, während im Referenzbereich zwischen Gelsenkirchen und dem AD Essen-Ost in FR Essen nur geringfügige Veränderungen festzustellen waren;
- ein signifikanter Rückgang der Gesamtunfälle und der Unfälle mit Personenschaden im Bereich der Pilotanlage festzustellen ist, ohne dass es durch die Regelung zu Unfällen auf den Zufahrten gekommen ist;

- das Geschwindigkeitsniveau auf der Hauptfahrbahn in kritischen Verkehrssituationen mit hohem Verkehrsaufkommen, wenn die Zuflussregelung häufig in Betrieb ist, um teilweise mehr als 10 km/h im Durchschnitt ansteigt (weitestgehend zurückzuführen auf den Effekt der Pulkzerstückelung und die damit verbundene Vermeidung von „Schockwellen“ auf der Hauptfahrbahn im Vorlauf einer AS);
- Geschwindigkeitseinbrüche häufig vermieden bzw. erheblich gedämpft werden können (ebenfalls auf die Vermeidung der „Schockwellen“ zurückzuführen);
- die Leistungsfähigkeit der A40 in kritischen Situationen besser ausgenutzt werden kann;
- keine negativen Auswirkungen auf das nachgeordnete Netz auftreten (erkennbare Verkehrsverlagerungen von der A40 in das nachgeordnete Netz oder längere Rückstaus von der Rampe in das nachgeordnete Netz treten nicht auf);
- die Akzeptanz der Maßnahme schon nach wenigen Wochen sehr hoch war (Anzahl der Rotlichtverstöße ging um mehr als die Hälfte von zunächst etwa 3 % auf zuletzt 1,3 % zurück);
- die Anzahl der Verstöße beim Zufahren auf die A40 (Hereinschneiden über die Inselfspitze bzw. Nutzung des Standstreifens für den Einfädelungsvorgang) deutlich rückläufig ist sowie
- durch die Modellanpassungen der verwendeten ALINEA-Strategie im Zuge der VBA A40 ein Steuermodell für die Zuflussregelung erstellt worden ist, welches sehr schnell und sehr schlüssig auf Veränderungen im Verkehrsablauf sowohl auf der Hauptfahrbahn als auch auf der Zufahrtrampe reagiert.

Dies alles sind deutliche Nachweise dafür, dass mit Hilfe der Zuflussregelung im Bereich der Pilotanlage eine deutliche Verbesserung der Verkehrssituation auf der A40 erreicht worden ist, ohne dass es zu Verschlechterungen auf der Zufahrtrampe oder im nachgeordneten Netz kommt. In der Gesamtbilanz tritt ein deutlicher Reisezeitgewinn auf. Vor allem durch die schnelle Reaktion des um verschiedene Anpassungen ergänzten ALINEA-Modells auf Veränderungen im Verkehrsfluss auf der Hauptfahrbahn werden die Umlaufzeiten der LSA sehr schnell der Verkehrssituation auf der Hauptfahrbahn angepasst.

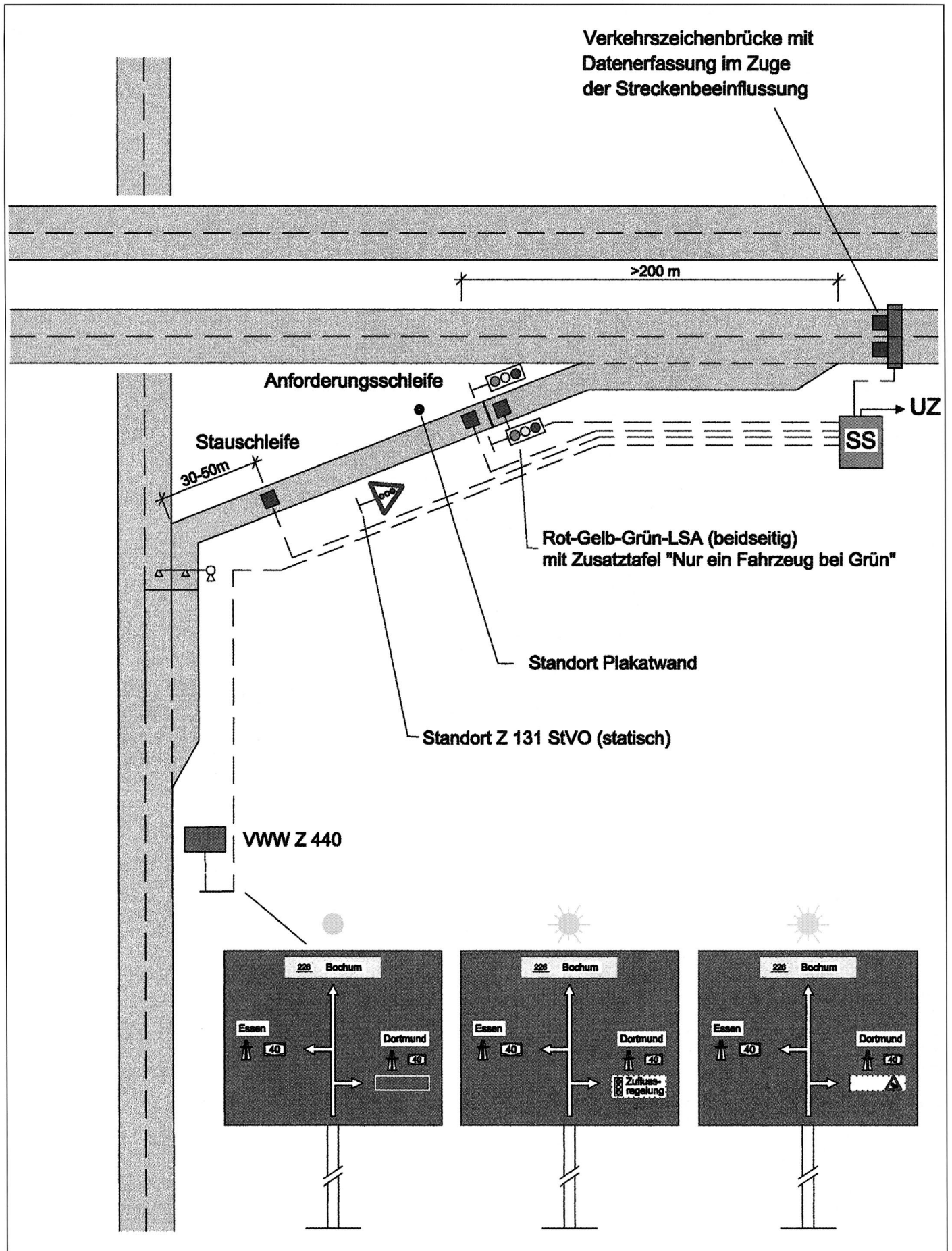
Es bleibt abschließend festzuhalten, dass im Bereich der Pilotanlage durch die Zuflussregelung durchweg positive Auswirkungen auf den Verkehrsablauf und vor allem auch auf die Verkehrssicherheit erzielt wurden. Sehr signifikant sind der deutliche Rückgang der Verkehrsstörungen um mehr als 50 % und der Rückgang der Verkehrszusammenbrüche in Zeiten mit sehr hohem Verkehrsaufkommen.

5. Folgerungen für die Praxis

Bei der Bewertung der praktischen Anwendbarkeit der Zuflussregelung auf andere BAB-Abschnitte sind folgende im Zuge der Untersuchung der Auswirkungen der Pilotanlage Zuflussregelung A40 gewonnene Erkenntnisse von wesentlicher Bedeutung:

- Die Parameter und Randbedingungen des Steuermodells können an aufeinanderfolgenden Anschlussstellen sehr unterschiedlich sein.
- Ausschlaggebend für die Bestimmung der Modellparameter sind Menge und zeitliche Verteilung des Zuflusses an der AS, Länge und Radius der Zufahrtrampe sowie
- Streckencharakteristik und besondere Verkehrssituation (z. B. Baustellen) im Zu- bzw. Ablauf der AS auf der Hauptfahrbahn.

Mit der im Zuge der Pilotanlage A40 erstellten Konzeption ist es nach derzeitigen Erkenntnissen möglich, im Bereich hochbelasteter Autobahnen mit hohen Zuflussmengen an der betroffenen Anschlussstelle eine Zuflussregelungsanlage zur Erhöhung der Verkehrssicherheit sowie zur Verbesserung des Verkehrsflusses einzurichten. Generell hat sich der ALINEA-Algorithmus nun bereits in mehreren Vergleichen als der robusteste und hinsichtlich der Parametereinstellungen am besten auf verschiedene örtliche Situationen einstellbare Algorithmus erwiesen. Auch auf



1: Beispielkonstellation Pilotanlage Zulassregelung A 40

der A40 war dies der Fall, nachdem einige notwendige Modell-anpassungen durchgeführt wurden, so dass der angepasste Algorithmus auch für die Anwendung auf anderen BAB-Abschnitten empfohlen werden kann.

Um die Erstellung künftiger Anlagen zu erleichtern, wurden im Zuge des FE-Vorhabens „Vorläufige Hinweise zur Erstellung von Zuflussregelungsanlagen“ erarbeitet. Diese sollen als Leitfaden für alle notwendigen Planungs- und Ausführungsschritte von der Vorplanung bis zur Parameterfeinjustierung im laufenden Betrieb dienen und sollten fortgeschrieben werden, sobald neue Erfahrungen zur Zuflussregelung vorliegen (Bild 1).

Bei künftig häufigerem Einsatz der Zuflussregelung sind einige der bestehenden Richtlinien und Vorschriften anzupassen (siehe hierzu Abschnitt 6). In diesem Zusammenhang muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zwar unterschiedliche Geometrien der Zufahrt-rampen betrachtet worden sind, es aber nicht möglich war, generell unterschiedliche Einfahrsituationen zu betrachten.

So waren alle Anschlussstellen im Bereich der Pilotanlage Zuflussregelung A40 „klassische“ Anschlussstellen mit einem Einfädungsstreifen zur Hauptfahrbahn. Nicht betrachtet werden konnten andere Anschlussstellenformen wie z. B.

- autobahnkreuzähnlich ausgebaute AS mit zwei Zufahrten und einer Parallelfahrbahn;
- Doppelanschlussstellen ohne Parallelfahrbahn sowie
- AS, in deren Anschluss der Einfädungsstreifen in einen Verflechtungsstreifen übergeht (z. B., wenn nach der AS ein Autobahnkreuz ohne separate Ausfädelung folgt).

Hier können die oben getroffenen Aussagen zur Beispielanlagenkonstellation nach derzeitigen Erkenntnissen, die bei entsprechenden Simulationen gewonnen wurden, nicht ohne weitere detaillierte Untersuchungen übernommen werden. Es besteht in diesem Bereich noch weiterer Forschungsbedarf zur Untersuchung der Auswirkungen verschiedener AS-Formen und Zufahrtkonstellationen auf den Anlagenaufbau und die Anlagenwirkungen.

6. Vorschlag zur Änderung bzw. Ergänzung bestehender Richtlinien und Vorschriften

Grundsätzlich sind beim Einsatz von Lichtsignalanlagen (LSA) die StVO und die RiLSA maßgebend. Entsprechend den Regelungen der RiLSA wird beim Einschalten der Anlage zunächst eine Gelbphase von 5 s aktiviert. Während der Zuflussregelung weichen jedoch die Zeiten für Grün- und Gelbphase (jeweils ca. 1 s) von den Vorgaben der RiLSA (Mindestgrünzeit von 5 s) bzw. der VwV-StVO (Gelbübergangszeit von 3 s) ab.

Diese Abweichungen sind nach den vorliegenden Erfahrungen allerdings unproblematisch, weil einerseits bereits im Vorfeld über Hinweisschilder die Anlage angekündigt wird und andererseits keine feindlichen Verkehrsströme im Sinne der RiLSA vorhanden sind (Verstöße gegen Rot und Gelb führen zu keiner Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit).

Bei häufigerem Einsatz der Zuflussregelung als Element zur Verkehrsbeeinflussung ist aber eine entsprechende Anpassung der RiLSA und der VwV-StVO anzustreben. Bis dahin muss die Verwendung kürzerer Freigabezeiten durch die Verkehrsbehörde im Einzelfall angeordnet werden.

Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit die Prismenwender-Einsätze in den Vorwegweisern in den Fortschreibungen der RWBA bzw. RWBB zu berücksichtigen sind und das Steuermodell Zuflussregelung in die Hinweise für Steuerungsverfahren von Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen mit aufgenommen werden soll.

Hinsichtlich des Datenaustausches zwischen Streckenstationen und Unterzentrale bzw. Verkehrsrechnerzentrale sowie der Datenaufbereitung und -archivierung ist bei den weiteren Fortschreibungen der MARZ und der TLS zu prüfen, inwieweit die bereits definierten Protokolle, Datenübertragungs- und Datenverarbeitungsprozeduren sowie die Datenarchivierung zu ergänzen bzw. überarbeiten sind. Spezifische Fragen, die hierbei entstehen, sind z. B., ob für das EAK der LSA in den TLS eine separate Funktionsgruppe definiert werden soll oder ob generell Rotlichtfahrerprotokolle zu generieren bzw. auch zu archivieren sind.

Als Fazit ist festzuhalten, dass mit den bestehenden Regelungen, ergänzt durch entsprechende verkehrsbehördliche Anordnungen, Zuflussregelungsanlagen betrieben werden können, bei künftig häufigerem Einsatz aber die oben genannten Richtlinien und Vorschriften dort, wo dies notwendig ist, angepasst werden sollten. □