

Forschungsauftrag VSS 2000/348

Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen

Bearbeitung: Thorsten Koy, dipl. Ing. ETH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Auftrag und Rahmenbedingungen	1
1.3	Forschungsziele	2
1.4	Vorgehen	3
2	Grundlagen zur Umwidmung von Standstreifen	5
2.1	Zielsetzungen und Problemstellung	5
2.2	Bedeutung und Funktion des Standstreifens	6
2.3	Anordnung und Ausführung von Standstreifen	7
2.4	Formen von Standstreifenumwidmungen	8
2.4.1	Form nach Anwendungsfall	8
2.4.2	Form nach zeitlicher Nutzung	9
2.4.3	Regelbetriebsformen für die verschiedenen Anwendungsfälle	10
2.5	Erfahrungen aus der Schweiz	11
2.5.1	Realisierte und geplante Umwidmungen	11
2.5.2	Erkenntnisse zum Unfallgeschehen	14
2.5.3	Erkenntnisse zum Verkehrsablauf	15
2.5.4	Erkenntnisse zu Betrieb und Unterhalt	15
2.6	Erfahrungen aus Deutschland	16
2.6.1	Vorbemerkungen	16
2.6.2	Beispiele von abschnittswisen Umwidmungen	16
2.6.3	Erkenntnisse zur Verkehrssicherheit	25
2.6.4	Erkenntnisse zum Verkehrsablauf	26
2.6.5	Auswirkungen auf Betrieb und Unterhalt	27
2.7	Fazit der Grundlagenanalyse	27
3	Anwendungskriterien	28
3.1	Voraussetzungen	28
3.2	Zeitliche Nutzung	28
3.3	Verkehrsaufkommen und Zusammensetzung	29
3.3.1	Verkehrsbelastungen	29
3.3.2	Abschnittsweise temporäre Umwidmung	32
3.3.3	Schwerverkehrsanteil	33
3.3.4	Kollektiv der Fahrzeuglenker	34
3.4	Unfallgeschehen	34
3.5	Lage des Abschnitts im Netz	35
3.6	Zusatzstreifen in Steigungen	35
4	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung	37
4.1	Geometrische Ausgestaltung	37
4.1.1	Normalprofil der Autobahnen	37
4.1.2	Geometrisches Normalprofil	38
4.1.3	Fahrstreifenbreiten	41
4.1.4	Aufteilung der Fahrbahn in Abhängigkeit der Betriebsform	43

4.1.5	Sichtverhältnisse	47
4.1.6	Nothaltebuchten	47
4.1.7	Anschlussbereiche	49
4.2	Signalisierung und Markierung	52
4.2.1	Signalisierung bei permanenter Betriebsform	53
4.2.2	Signalisierung bei temporärer Betriebsform	57
4.2.3	Markierung bei permanenter Betriebsform	64
4.2.4	Markierung bei temporärer Betriebsform	64
4.3	Betriebliche Aspekte	66
4.3.1	Geschwindigkeitsregime	66
4.3.2	Lastwagenüberholverbot	66
4.3.3	Verkehrsüberwachung und Verfügbarkeitskontrolle	68
4.3.4	Unfall- und Rettungsdispositiv	69
4.3.5	Bedürfnisse des Unterhalts	69
4.4	Bauliche Anforderungen	70
4.4.1	Tragfähigkeit des Oberbaus	70
4.4.2	Quergefälle	70
4.4.3	Weitere Aspekte	71
5	Rechtliche Aspekte und Verfahrensfragen	72
5.1	Vorgehen	72
5.2	Bewertungsverfahren	73
5.3	Umweltverträglichkeitsprüfung	73
5.4	Anpassung rechtlicher Grundlagen	74
6	Empfehlungen für die Normierung	76
6.1	Vorbemerkungen	76
6.2	Aufbau und Inhalt der SN 640 806 „Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“	76
7	Verzeichnisse	79
7.1	Literaturverzeichnis	79
7.2	Abbildungsverzeichnis	82
7.3	Tabellenverzeichnis	85

Zusammenfassung

Stetige Verkehrszunahmen auf dem Nationalstrassennetz führen immer häufiger zu regelmässigen Überlastungen während der Spitzenstunden, vor allem auf Autobahnabschnitten im Agglomerationsbereich. Die Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen wird daher seit geraumer Zeit als eine mögliche Massnahme in Betracht gezogen, mit welcher sich kurzfristig Leistungengpässe und die damit verbundenen Verkehrssicherheitsprobleme entschärfen lassen. Dabei ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen kleinräumigen, örtlich begrenzten Umwidmungen des Standstreifens wie die Verlängerung von Ein- und Ausfahrten, Ver- und Entflechtungsstrecken oder Zusatzstreifen in Steigungen (Anwendungsfälle der Gruppe A) und zwischen abschnittswisen Umwidmungen zwischen zwei oder mehreren Anschlüssen oder Verzweigungen (Anwendungsfälle der Gruppe B).

Die kleinräumigen Anwendungsfälle der Gruppe A werden in der Regel permanent ausgeführt, d.h. dass der Querschnitt dauerhaft ummarkiert wird und der ehemalige Standstreifen für den Verkehrsteilnehmer als solcher nicht mehr zu erkennen ist. Diese Anwendungsfälle finden sich bereits heute auf Schweizer Autobahnen und die bisher gemachten Erfahrungen in Bezug auf die Entschärfung von Konfliktstellen können durchaus als positiv bezeichnet werden.

Hingegen wurden in der Schweiz bisher noch keine abschnittswisen Umwidmungen zwischen zwei oder mehreren Anschlüssen realisiert (Anwendungsfälle der Gruppe B). Bei diesen Anwendungsfällen stellt sich grundsätzlich die Frage, ob der Standstreifen permanent oder nur temporär bei Bedarf umgewidmet werden soll. Beide Betriebsformen haben ihre Vor- und Nachteile in Bezug auf Verkehrsablauf, Verkehrssicherheit, Unterhalt und Betrieb sowie Kosten. Zudem unterscheiden sie sich hinsichtlich der Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung stark voneinander. Temporäre abschnittswise Umwidmungen sind beim Vorliegen folgender Sachverhalte zu prüfen:

- Ausgeprägte Überlastung des Abschnitts nur während der Spitzenstunden
- Ausgeprägte Überlastung bei Anlässen (z.B. im Bereich von Messegeländen, Stadien)
- Häufige Durchführung von aufwändigen Unterhalts- und Betriebsarbeiten
- Wenn Nothaltemöglichkeiten erforderlich sind, sich diese aber nicht mit vertretbarem Aufwand realisieren lassen
- Umwidmungsabschnitt länger als ca. 2'000 m zur Gewährleistung ausreichender Signalabstände

Den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bildete die Ableitung normierbarer Anwendungskriterien und Empfehlungen für eine temporäre oder permanente Standstreifenumwidmung unter Berücksichtigung des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit. Eine abschnittswise Standstreifenumwidmung sollte grundsätzlich nur dort in Erwägung gezogen werden, wo ein späterer Ausbau vorgesehen ist. Andernfalls besteht die Gefahr, dass der anfänglich erzielte Kapazitätsgewinn mittelfristig durch Mehrverkehr wieder aufgezehrt und die Verkehrssicherheit nachteilig beeinträchtigt wird.

Aus Sicht der Verkehrsbelastungen ist eine abschnittswise Umwidmung dann gerechtfertigt, wenn auf dem betreffenden Autobahnabschnitt während mindestens 30 Stunden im Jahr die Verkehrsqualitätsstufe D überschritten wird und die durchschnittlichen täglichen Verkehrsmengen auf einem 2x2-streifigen Querschnitt 60'000 Mfz/Tag bzw. auf einem 2x3-streifigen Querschnitt 85'000 Mfz/Tag überschreiten.

In Bezug auf die verkehrstechnischen Einsatzkriterien für die temporäre Freigabe des Standstreifens bzw. Aufhebung der Freigabe wurden für zwei- und dreistreifige Autobahnen Schwellenwerte definiert.

Diese querschnittsbezogenen Ein- und Ausschaltkriterien sind gekoppelt an die Verkehrsbelastungen oder die mittleren Geschwindigkeiten und Fahrzeugdichten. Dabei erfolgt die Freigabe entweder bei Erreichen der theoretischen Leistungsfähigkeit oder einer Verkehrsdichte, welche im Bereich der Verkehrsqualitätsstufe D angesiedelt ist. Die Aufhebung der Freigabe des Standstreifens wird – bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt – beim Übergang von Stufe D auf C empfohlen.

Eine weitere wichtige Beurteilungsgrundlage für eine allfällige Standstreifenumwidmung liefert die Analyse des Unfallgeschehens. Dabei sind die unfalltypspezifischen Unfallraten bzw. deren Anteile am gesamten Unfallgeschehen von besonderem Interesse. Eine hohe Zahl staubedingter Auffahrunfälle stellt ein wichtiges Entscheidungskriterium für eine Umwidmung dar, wenn sich dadurch ein nachgewiesener Kapazitätsengpass möglichst vollständig beseitigen lässt. Aber auch zu kurze Verflechtungsstrecken oder starke, sich durchkreuzende Verkehrsströme bei dicht aufeinander folgenden Ein- und Ausfahrten können zu Behinderungen im Verkehrsablauf führen und sich nachteilig auf die Verkehrssicherheit in Form von überdurchschnittlich häufigen Fahrstreifenwechselunfällen auswirken.

Grundvoraussetzung bezüglich der geometrischen Anforderungen ist bei allen Anwendungsfällen das Vorhandensein einer ausreichenden Fahrbahnbreite über den gesamten Umwidmungsabschnitt, auf welchem sich genügend breite Fahrstreifen realisieren lassen. Für Fahrstreifen, die ausschliesslich von Personenwagen befahren werden, sind Breiten von $\geq 3,25$ m anzustreben, eine minimale Breite von 3,00 m sollte jedoch nicht unterschritten werden. Fahrstreifen, auf welchen auch schwere Motorfahrzeuge verkehren, sollten hingegen eine Breite von $\geq 3,50$ m aufweisen, wobei eine minimale Breite von 3,35 m nicht unterschritten werden sollte. Bei solchermaßen reduzierten Fahrstreifenbreiten ist eine Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit jedoch erforderlich. Mit diesen vorgeschlagenen Richtwerten lässt sich eine Standstreifenumwidmung realisieren, wenn die Fahrbahnbreite dem ASTRA-Standardprofil oder dem reduzierten Profil einer zwei- oder dreistreifigen Autobahn entspricht. Im Bericht werden weitere Vorschläge zur Fahrbahnaufteilung in Abhängigkeit der Betriebsform unterbreitet.

Bei der Standstreifenumwidmung müssen unabhängig von der Betriebsform Anpassungen bei der Signalisierung und Markierung erfolgen. Bei der temporären Umwidmung wird der Standstreifen als Querschnittselement beibehalten. Dabei stellen sich verkehrsrechtliche Probleme bzgl. Markierung (Überfahren der durchgezogenen Randlinie) sowie der Verkehrsordnung (dynamische Signalisierung). Daher sollte eine temporäre Umwidmung nur im Rahmen eines Verkehrsleitsystems umgesetzt werden. Bei der permanenten Umwidmung stellt sich diese Problematik insofern nicht, da der Fahrbahnquerschnitt dauerhaft ummarkiert und die statische Signalisation an die neue Situation angepasst wird. Generell erfordern temporäre Umwidmungen eine aufwändigere Signalisierung als permanente Umwidmungen. Während bei der permanenten Umwidmung die Signalisierung grundsätzlich wie bei einem konventionellen Autobahnabschnitt gemäss Strassensignalisationsverordnung (SSV) sowie den entsprechenden VSS-Normen erfolgt, sind bei einer temporären Umwidmung des Standstreifens eine umfangreiche dynamische Signalisierung mit entsprechenden Überwachungseinrichtungen und Verkehrserfassungsquerschnitten im Rahmen eines Verkehrsleitsystems vorzusehen.

Der Bericht enthält für ausgewählte Anwendungsfälle Beispiele für die Anordnung der Signalisierung. Speziell zu erwähnen ist die Ausgestaltung bei abschnittsweiser temporärer Umwidmung (Anwendungsfälle der Gruppe B). Grundsätzlich sind bei dieser Betriebsform zwei Varianten der Signalisierung möglich, entweder mit Fahrstreifen-Lichtsignal-Systemen (FLS) oder ausschliesslich mit Wechselsignalen zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77), welche jedoch an die temporäre Betriebsform angepasst werden sollten. Die Variante mit FLS wird aus Gründen der Sichtbarkeit unter Betriebsbedingungen zwingend für ursprünglich dreistreifige Richtungsfahrbahnen empfohlen, bei welchen der Stand-

streifen zu einem vierten Fahrstreifen temporär umgewidmet wird. Für zweistreifige Richtungsfahrbahnen kann hingegen auch die kostengünstigere Variante mit Wechselsignalen zur Anzeige der Fahrstreifen in Betracht gezogen werden. Im Gegensatz zur Variante mit FLS, bei welcher mittlere Portalabstände zwischen 450 bis 600 m anzustreben sind, können bei der Variante mit Wechselsignalen zur Anzeige der Fahrstreifen die Zwischendistanzen auf bis zu 1'000 m ausgedehnt werden. Die Wechselsignale sind jeweils beidseits im Mittelstreifen und Randstreifen anzuordnen.

In Bezug auf die Markierung bei temporärer Betriebsform wird aus Gründen der Verkehrssicherheit das Belassen einer durchgehenden Linie als zweckmässigste Lösung angesehen. Damit wird der Standstreifen ausserhalb der Freigabezeit weiterhin durch eine klassische Randlinie von den regulären Fahrstreifen abgetrennt und Fehlbenutzungen entgegengewirkt.

Was die baulichen Anforderungen anbelangt, ist die Tragfähigkeit und der Belagsaufbau des Standstreifens im Hinblick auf eine Umwidmung zu überprüfen. Unabhängig von der Betriebsform muss der Standstreifen unter Umständen verstärkt werden, wobei sich der Aufbau an demjenigen der Fahrstreifen orientieren soll. Ebenso hat das Quergefälle aus fahrdynamischen Gründen bei allen Anwendungsfällen demjenigen der übrigen Fahrstreifen zu entsprechen.

Im vorliegenden Bericht konnte auf Grund umfangreicher Auswertungen der Fachliteratur und daraus abgeleiteter Erkenntnisse und Empfehlungen gezeigt werden, dass sich die mit einer Standstreifenumwidmung angestrebten Zielsetzungen unter Berücksichtigung sämtlicher Randbedingungen erreichen lassen. Die Verkehrssicherheit kann durch die Aufhebung von Konfliktstellen verbessert werden, der Verkehrsablauf wird homogener und die Stauhäufigkeit nimmt ab. Zur Erreichung dieser Ziele müssen Massnahmen ergriffen werden, die teilweise mit sehr hohen Kosten verbunden sind. Dazu zählen je nach Anwendungsfall die bauliche Verstärkung des Standstreifens, die erforderliche Anpassung des Quergefälles, die Ummarkierung des Querschnitts, ergänzende Signalisationsmittel (z.B. Wechselsignale und Fahrstreifenlichtsignale) oder die erforderliche Anlage von Nothaltebuchten. Neben diesen Investitionskosten ist auch mit erhöhten Betriebs- und Unterhaltskosten zu rechnen.

RÉSUMÉ

Exigences à l'équipement routier pour l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence

L'augmentation continue du trafic sur le réseau des routes nationales entraîne de plus en plus souvent des congestions régulières, surtout sur les tronçons situés dans les agglomérations. Il y a beau temps que l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence (BAU) comme voie de circulation est considérée comme une mesure envisageable pour désamorcer à court terme des goulets d'étranglement et les problèmes de sécurité routière associés. Il convient de distinguer le principe d'une utilisation locale et limitée de la BAU en prolongement d'une voie d'entrée, de sortie ou d'entrecroisement ou en voie supplémentaire dans une pente (cas d'application du groupe A) du principe d'une utilisation le long d'un tronçon entre deux ou plusieurs jonctions ou échangeurs (cas d'application du groupe B).

Les cas d'application locaux du groupe A sont exécutés généralement de façon permanente, i.e. la section transversale est modifiée moyennant la signalisation horizontale et l'ancienne BAU n'est plus reconnue comme telle par les automobilistes. Ces cas d'application existent aujourd'hui sur les autoroutes suisses et l'expérience en termes de mitigation de zones de conflits peut être jugée tout à fait positivement.

Par contre, à ce jour il n'y a pas de réalisation en Suisse d'une utilisation de BAU entre deux ou plusieurs jonctions (cas d'application du groupe B). Pour ces cas d'application, la question fondamentale est de savoir si on veut une utilisation temporaire en cas de besoin, ou permanente. Les deux formes d'exploitation ont leurs avantages et inconvénients en termes de flux de trafic, de sécurité, de maintenance et d'exploitation ainsi que de coûts. En outre, elles se distinguent fortement au niveau des exigences à l'équipement routier. L'utilisation temporaire le long d'un tronçon est à examiner lorsque les conditions suivantes sont avérées:

- Congestion marquée du tronçon uniquement aux heures de pointe
- Congestion marquée lors d'évènements (p.ex. aux abords de sites d'expositions, stades)
- Exécution fréquente de travaux de maintenance et d'exploitation importants
- Quand les arrêts d'urgence doivent être possibles mais ne peuvent être rendus possibles avec un effort raisonnable
- Quand l'utilisation de la BAU dépasse 2'000 m de longueur pour garantir alors la distance suffisante entre les sections de signalisation

Le présent travail s'est focalisé sur la déduction de critères d'utilisation et recommandations normalisables pour l'utilisation temporaire ou permanente de la BAU, en tenant compte du flux de trafic et de la sécurité. Par principe, l'utilisation de la BAU le long d'un tronçon ne devrait être examinée que là où il est prévu une extension ultérieure. Dans le cas contraire, le gain de capacité obtenu initialement risque d'être absorbé à moyen terme par l'augmentation du trafic et la sécurité s'en trouverait réduite.

Du point de vue de la charge de trafic, l'utilisation de la BAU le long d'un tronçon se justifie lorsque le tronçon dépasse le degré du niveau de service D pendant au moins 30 heures par an et que le trafic moyen journalier dépasse 60'000 véh/j sur un tronçon de 2x2 voies et 85'000 véh/j sur un tronçon de 2x3 voies respectivement.

Par rapport aux critères techniques pour l'activation et la désactivation de l'utilisation temporaire de la BAU, des seuils ont été définis pour les autoroutes à 2x2 et 2x3 voies respectivement. Ces seuils relatifs à une section de mesure sont couplés aux débits moyens ou aux vitesses et densités moyennes. Par là, l'activation a lieu soit lorsque la capacité théorique est atteinte soit lorsque la densité atteint un niveau correspondant au degré du niveau de service D. La désactivation de l'utilisation temporaire de la BAU est recommandée lors du passage du degré D au degré C du niveau de service, en se référant à la section initiale.

L'analyse des accidents livre une autre base importante pour évaluer l'opportunité de l'utilisation de la BAU. L'intérêt porte sur les fréquences d'accidents par type d'accidents ainsi que sur la part de chaque type dans le total des accidents. Un nombre élevé d'accidents dus à la congestion constitue un critère de décision important en faveur de l'utilisation de la BAU, si celle-ci élimine le plus complètement possible un goulet d'étranglement dûment identifié. Aussi, des sections d'entrecroisement trop courtes ou un fort entrecroisement entre jonctions rapprochées peuvent entraîner des entraves au flux de trafic et avoir des conséquences néfastes pour la sécurité à cause d'un taux élevé d'accidents liés aux changements de voie.

En termes de géométrie, le prérequis fondamental pour tous les cas d'application est la présence d'une largeur de chaussée suffisante le long de toute la section d'utilisation de la BAU, permettant de réaliser des voies de circulation suffisamment larges. Pour les voies de circulation utilisées par les véhicules légers exclusivement, on recherchera une largeur $\geq 3,25$ m et à respecter dans tous les cas une largeur minimum de 3,00 m. Pour les voies de circulation utilisées par les véhicules lourds, on recherchera une largeur $\geq 3,50$ m, et à respecter dans tous les cas une largeur minimum de 3,35 m. Dans le cas des largeurs réduites des voies, une réduction de la vitesse maximale autorisée est nécessaire. Avec ces valeurs indicatives, l'utilisation de la BAU devient faisable là où la largeur de la chaussée correspond au profil standard OFROU ou au profil réduit d'une autoroute à deux ou à trois voies. Le rapport contient d'autres propositions de subdivision de la chaussée en fonction de la forme d'exploitation.

Indépendamment de la forme d'exploitation, l'utilisation de la BAU exige des adaptations de la signalisation verticale et horizontale. Dans le cas de l'utilisation temporaire de la BAU, celle-ci est conservée en tant qu'élément du profil de travers. Cela implique des problèmes juridiques relatifs à la signalisation horizontale (le véhicule passe par-dessus le trait continu) ainsi qu'au guidage du trafic (signalisation dynamique). En conséquence, l'utilisation temporaire de la BAU ne devra être réalisée que dans le cadre d'un système de gestion d'axe. Ce problème ne se pose pas dans le cas de l'utilisation permanente de la BAU, car la signalisation horizontale et verticale statique sont adaptées à la nouvelle situation de façon permanente. En général, l'utilisation temporaire exige une signalisation plus importante que l'utilisation permanente. Si la signalisation de l'utilisation permanente se fait en principe comme sur une section d'autoroute conventionnelle selon l'ordonnance sur la signalisation routière (OSR) et les normes VSS correspondantes, l'utilisation temporaire demande une signalisation dynamique importante associée à des dispositifs de surveillance et de recueil de données de trafic dans le cadre d'un système de gestion d'axe.

Le rapport contient des exemples de disposition de la signalisation pour des cas d'application choisis. On traite en particulier de la mise en œuvre de l'utilisation temporaire le long d'un tronçon (cas d'application du groupe B). Pour cette forme d'exploitation, deux options fondamentales sont possibles pour la signalisation, soit par système de feux de fermeture temporaire des voies (FTV) soit uniquement par signaux variables du type «Disposition des voies de circulation» (Sig. 4.77) mais adaptés à la forme d'exploitation temporaire. L'option des FTV est recommandée fermement, en raison de la

visibilité sous conditions d'exploitation, pour des chaussées conçues à trois voies originalement où la BAU est utilisée comme quatrième voie de façon temporaire. Pour les chaussées séparées à deux voies, l'option moins coûteuse des signaux variables de disposition des voies de circulation peut être considérée. Contrairement à l'option des FTV où on recherchera une interdistance entre 450 et 600 m entre les portiques de signalisation, l'option des signaux variables de disposition des voies de circulation permet des interdistances allant jusqu'à 1'000 m. Les signaux variables sont disposés des deux côtés sur le bord de route et sur le terre-plein central.

En ce qui concerne la signalisation horizontale pour la forme d'exploitation temporaire, on considère que le maintien du trait continu est la solution la plus opportune du point de vue de la sécurité. Ainsi en dehors des périodes d'activation de la BAU, le trait continu sépare celle-ci de la voie de circulation régulière par une ligne de bordure classique et empêche les utilisations abusives ou erronées.

En ce qui concerne les exigences à l'infrastructure, on examinera la portance et la structure du revêtement au regard de l'utilisation pour la circulation. Indépendamment de la forme d'exploitation, il peut être nécessaire de renforcer la BAU et on orientera alors sa structure vers celle des voies de circulation. Pour faciliter la conduite, la pente transversale doit correspondre à celle des autres voies de circulation dans tous les cas d'application.

Le présent rapport a pu montrer sur la base de nombreuses analyses de la littérature technique et des connaissances et recommandation qui en ont été tirées, que les objectifs visés par l'utilisation de la BAU peuvent être atteints tout en tenant compte de l'ensemble des contraintes. La sécurité routière peut être améliorée par l'élimination de zones de conflit, le flux de trafic devient plus homogène et la congestion devient moins fréquente. Pour atteindre ces objectifs, il faut prévoir des mesures dont certaines ont un coût très élevé. En fonction du cas d'application, il s'agira du renforcement de l'infrastructure sous la BAU, de l'adaptation de la pente transversale, la modification de la signalisation horizontale, les moyens complémentaires de signalisation (p.ex. signaux variables ou FTV) ou l'aménagement nécessaires de baies d'arrêt d'urgence. Outre ces coûts d'investissements, il faut prévoir des coûts augmentés pour l'exploitation et la maintenance.

ABSTRACT

Requirements for road side equipment by hard shoulder usage

Continuing traffic increases on the national road system lead increasingly to regular overloading during peak hours, especially on motorway sections in agglomeration areas. Therefore, the hard shoulder usage has been considered a possible measure for quite some time by which short term capacity overload and road safety problems associated with it can be decreased. We can distinguish between small-scale, local hard shoulder usage as the extension of entry and exit zones, weaving sections or auxiliary lanes on upgrades (group A applications) and section-wise conversions between two or several grade-separated interchanges or junctions (group B applications).

The small-scale applications of group A are usually permanently implemented, i.e. that the road marking of the cross section is there to last for a long period of time and the former hard shoulder is no longer recognizable as such for the road user. These applications can be found on Swiss motorways already today and the experiences made with regard to the defusing of conflict situations have been positive.

However, in Switzerland section-wise conversions between two or several grade-separated interchanges or junctions have not yet been realized (group B applications). With these applications the question arises whether the hard shoulder should be converted permanently or only temporarily. Both modes of operation have their advantages and disadvantages regarding traffic flow, road safety, maintenance and operations as well as costs. Additionally they strongly differ from each other regarding the requirements for road side equipment. Temporary section-wise conversions examined under the following circumstances will have to be:

- Distinct overloading of the section only during peak hours
- Distinct overloading at events (e.g. in the range of fairgrounds, stadiums)
- Frequent execution of complex maintenance and operations
- If emergency stop possibilities are required, but can not be realized with realistic effort
- Converted section is longer than ca. 2'000 m to guarantee sufficient distance between signals

The emphasis of this paper lies on the deduction of application criteria for standardisation at a later stage as well as recommendations for a temporary and permanent hard shoulder usage while taking into account traffic flow and road safety simultaneously. In general, a section-wise hard shoulder usage should be considered only if development is planned at a later stage. Otherwise there is the danger of initial capacity gain being set off again by more traffic in the medium term and road safety being impaired unfavourably.

From a traffic volume point of view, a section-wise conversion is appropriate, if on the motorway section considered the level of service (LOS) D is exceeded at least for 30 hours p.a. and the annual average daily traffic on a 2x2-lane and 2x3-lane motorway exceeds 60'000 veh/day and 85'000 veh/day, respectively.

Threshold values were defined for two- and three-lane motorways with respect to the traffic-related operational criteria for the hard shoulder's temporary opening and closing. These criteria are derived from the volume of traffic or from the average speeds and traffic concentration. In doing so, the

opening happens either by reaching the theoretical capacity or a traffic concentration in the area of LOS D. The hard shoulder's closing is recommended at the change from LOS D to C – regarding the initial cross section.

The analysis of accidents provides another important evaluation basis for possible hard shoulder usage. Thus, the accident rates specific to each type of accident and their proportions of the total event of accidents are of special interest. A high number of rear end collisions due to congestion delivers an important conversion's decision criterion, if a detected capacity overload can be eliminated thereby as much as possible. Short weaving sections or strong merging and diverging traffic streams combined with grade-separated interchanges in short distance cause malfunctions in the traffic flow and unfavourably affect road safety in the form of an above average number of lane crossing accidents.

For all applications, prerequisite with respect to the geometrical requirement is the existence of a satisfactory carriageway width within the whole conversion section on which lanes with sufficient width can be realized. For lanes which are driven by passenger vehicles exclusively, widths of $\geq 3,25$ m are favored. However, the minimal width should not be less than 3,00 m. On the other hand, lanes suitable for heavy vehicles should have a width of $\geq 3,50$ m. At least, the minimal width should not fall below 3,35 m. With lane widths in such a way reduced a reduction of the permissible maximum speed is necessary. With these suggested benchmarks a hard shoulder usage can be realized if the lane width corresponds to the FEDRO-standard profile or the reduced profile of a two- or three-lane motorway. In the report further proposals about the allocation of lanes are submitted depending on the mode of operation.

Hard shoulder usage independent from the mode of operation requires adjustments of traffic signing and road marking. During temporary conversion the hard shoulder remains an element of the cross section. Legal problems regarding road marking (pass over the continuous edge line) as well as the traffic arrangement (dynamic traffic signing) arise. Therefore, a temporary conversion should only be realized in the context of a road guidance system. During the permanent conversion this problem does not arise since the cross section is marked permanently and the static traffic signing matches the new situation. Temporary conversions generally require a more complex traffic signing than permanent conversions. With permanent conversions the traffic signing principally corresponds to a conventional motorway section according to the traffic signing regulations as well as to the corresponding Swiss standards. The implementation of a temporary hard shoulder usage requires extensive dynamic traffic signing with appropriate monitoring devices and traffic detectors as part of a road guidance system.

Some examples for the arrangement of traffic signing and road marking are presented in the report for selected applications. In particular the definition of section-wise temporary conversions (group B applications) is mentioned. In this case two options of traffic signing and road marking are principally possible, either implementing traffic lights for lane control or variable traffic signs indicating the lanes (Sig. 4.77) which have to be adapted to the temporary mode of operation, exclusively. Due to visibility under operating conditions the implementation with traffic lights for lane control is compulsory for initial three-lane motorways when the hard shoulder usage leads to a fourth lane. On the other hand, for two-lane motorways the cost efficient option with variable traffic signs indicating the lanes can be chosen. Contrary to the alternative with traffic lights for lane control within which the preferred distance between consecutive gantries is between 450 and 600 m, this distance can be enlarged to 1'000 m using the option with variable traffic signs indicating the lanes. The variable traffic signs have to be placed on both sides of the central reserve and the verge.

Because of road safety it is advisable to retain the continuous line during temporary conversions. Thus, the hard shoulder is still separated by a classical edge line from the regular lanes and incorrect usage can be reduced beyond the hard shoulder usage.

Considering building requirements the hard shoulder's bearing capacity and construction have to be checked regarding a hard shoulder usage. The hard shoulder has to be reconstructed under some circumstances focussing the development on the lane's structure independently from the mode of operation. Similarly for all applications, the cross fall must coincide with the other lanes' cross fall for driving-dynamic reasons.

Based on extensive evaluation of technical literature and conclusions as well as recommendations derived from these sources, this report shows the possibility of attaining the targeted objectives of hard shoulder usage considering all constraints. Road safety can be improved by easing and solving conflict situations, the traffic flow can become more homogeneous and the congestion frequency declines. The implementation of these objectives presupposes the investment of partially very large costs. Depending on the application some of them are the hard shoulder's structural reconstruction, the cross fall's required adjustment, changing the road marking, additional traffic signing (e.g. variable traffic signs and traffic lights for lane control) or the required creation of lay-by. In addition to these capital costs there are also increased running and maintenance costs.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Stetige Verkehrszunahmen auf dem Nationalstrassennetz führen immer häufiger zu regelmässigen Überlastungen während der Spitzenstunden, vor allem auf Autobahnabschnitten im Agglomerationsbereich. Diese örtlichen und zeitlichen Leistungsengpässe führen zu entsprechenden Sicherheitsproblemen und zu Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit der Strasseninfrastruktur. Eine kurz- bis mittelfristige Erweiterung der vorhandenen Infrastruktur ist in den seltensten Fällen möglich. Einerseits sprechen die örtlichen Gegebenheiten oftmals gegen einen Fahrstreifenausbau, andererseits sind übergeordnete verkehrs- und umweltpolitische Zielsetzungen sowie die Finanzierungsproblematik zu berücksichtigen.

Die Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen kann daher als eine mögliche Massnahme in Betracht gezogen werden, mit welcher sich kurzfristig Leistungsengpässe und die damit verbundenen Verkehrssicherheitsprobleme entschärfen lassen. Unter Ausnützung der vorhandenen Infrastruktur kann unter bestimmten Voraussetzungen mittels einer Umorganisation der Fahrbahn der Verkehrsablauf homogenisiert und die Verkehrssicherheit im betreffenden Abschnitt erhöht werden. Da der Standstreifen in der Regel einen festen Bestandteil des Querschnitts von schnell befahrenen Strassen darstellt und sicherheitsrelevante Aufgaben und Funktionen wahrnimmt, muss der Nutzen bzw. der Sicherheitsgewinn bei der Umwidmung des Standstreifens in einen zusätzlichen Fahrstreifen grösser sein, als das allenfalls entstehende Sicherheitsdefizit beim Wegfall des Standstreifens.

1.2 Auftrag und Rahmenbedingungen

Auf Grund dieser Ausgangslage wurde Rapp Trans AG im Juni 2003 beauftragt, Anwendungskriterien für die Umwidmung von Standstreifen zu formulieren und darauf basierend die Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung unter Berücksichtigung verkehrstechnischer, bautechnischer und sicherheitsrelevanter Aspekte aufzuzeigen bzw. festzulegen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen die Grundlage für einen Normentwurf bilden, in welcher die Anwendungskriterien und Voraussetzungen für eine Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen beschrieben werden.

Die Bearbeitung des Forschungsauftrags wurde im Herbst 2003 planmässig aufgenommen und sollte ursprünglich Mitte 2004 zum Abschluss gebracht werden. Anfang Januar 2004 erfolgte seitens ASTRA eine eigene Ausschreibung zum Thema „Standspurbewirtschaftung“. Gegenstand der Ausschreibung bildete eine breite Analyse der Erfahrungen im In- und Ausland, die Durchführung von Workshops in der Schweiz und in Europa mit Vertretern der betroffenen Tiefbauämter und der Polizei sowie abschliessend die Konsolidierung der Ergebnisse in einer internen Resonanzgruppe.

Die Analyse der vorliegenden Forschungsthematik sowie der Ausschreibung des ASTRA zeigte einen beträchtlichen Koordinationsbedarf auf. In Absprache mit der Begleitkommission wurden daraufhin die Arbeiten bis zum Vorliegen der Ergebnisse „Standspurbewirtschaftung“ im März 2005 sistiert (vgl. [39], [40], [41]). Die Konsolidierung der Ergebnisse des Direktauftrages des ASTRA erfolgte im Rahmen einer eigens zu diesem Zweck gebildeten Arbeitsgruppe des ASTRA, welche die Erarbeitung einer entsprechenden Richtlinie zum Ziel hatte. In dieser Arbeitsgruppe nahm auch ein Vertreter der Forschungsstelle Einsitz. Im Januar 2007 wurde die ASTRA-Richtlinie 1502 „Umnutzung von Standstreifen

zu Fahrstreifen" [21] publiziert. Diese soll künftig bis zum Vorliegen entsprechender Normen als Leitfaden für Umwidmungsvorhaben dienen.

Bei der Forschungsstelle stellte sich in der Folge die Frage des weiteren Vorgehens im vorliegenden Forschungsvorhaben. Die im Rahmen des Direktauftrages ASTRA erarbeiteten Grundlagen und die darauf basierende ASTRA-Richtlinie stellen momentan den aktuellen Stand der Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem In- und Ausland zur Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen dar und bilden somit bereits eine umfangreiche Grundlage für die spätere Normierung. In Absprache mit der Begleitkommission wurde daher das unter Kapitel 1.4 beschriebene Vorgehen vereinbart.

1.3 Forschungsziele

Eines der Hauptziele der Normierung besteht darin, neue Erkenntnisse laufend in das Normenwerk einfließen zu lassen. Solche Erkenntnisse betreffen auch die grundsätzlichen Voraussetzungen, Anforderungskriterien und Ausrüstungserfordernisse von Standstreifenumnutzungen zur kurzfristigen Kapazitätsbewirtschaftung auf Hochleistungsstrassen. Im Vordergrund steht die Normgruppe „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen“, in welcher die noch zu erarbeitende Norm SN 640 806 „Zeitweilige Benutzung von Standstreifen“ angesiedelt ist. In der Kopfnorm SN 640 800 [9] heisst es dazu:

„In Ergänzung zur FLS-Norm wird in dieser Norm der Einsatz von FLS-Signalen zur Benutzung von Standstreifen bei Sonderzuständen wie Baustellen oder Unfällen behandelt. In der Norm werden die Anwendungsgrundsätze festgelegt sowie Angaben über Gestaltung und Anordnung von Signalen formuliert. Ferner werden der Einsatz bei der Überleitung des Verkehrs auf Standstreifen und das Steuerungsverfahren geregelt.“

Diese Aussage trifft unter den heutigen Gegebenheiten, wo diese Massnahme zur kurzfristigen Kapazitätserhöhung von Hochleistungsstrassen in Betracht gezogen wird, nur bedingt zu, da die Benutzung des Standstreifens in der entsprechenden Norm nur in Sonderfällen geregelt werden soll. Auf die Anforderungen einer permanenten oder temporären Umwidmung wird in der Kopfnorm (noch) nicht hingewiesen. Die Klärung dieser offenen Punkte sowie Empfehlungen für die Norm SN 640 806 „Zeitweilige Benutzung von Standstreifen“ werden in Kapitel 6 behandelt.

Mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben sollen die Grundlagen für die spätere Normierung erarbeitet und zusammengestellt werden. Bei der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen stehen dabei folgende Forschungsziele im Vordergrund:

- Aufzeigen der Vor- und Nachteile (Auswirkungen auf Verkehrsablauf, Verkehrssicherheit, Unterhalt und Betrieb, Investitionskosten, etc.) einer zeitweisen oder dauerhaften Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen auf Grund der Erkenntnisse aus der Fachliteratur
- Ableitung normierbarer Anwendungskriterien und Empfehlungen für eine zeitweise oder dauerhafte Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen unter Berücksichtigung des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit sowie weiterer Aspekte
- Unterbreitung von Vorschlägen für die strassenseitige Ausrüstung (Signalisierung und Markierung, bauliche Anpassungen, etc.) in Abhängigkeit der Art der Umwidmung

- Untersuchung der rechtlichen Aspekte und Vorschläge für eine allfällige Anpassung des Strassenverkehrsgesetzes (SVG) und der Strassensignalisationsverordnung (SSV).

1.4 Vorgehen

Auf Grund der in Kapitel 1.2 geschilderten Rahmenbedingungen (Parallelauftrag ASTRA) musste das ursprünglich vorgesehene Untersuchungsvorgehen modifiziert werden. Ein Grossteil der Grundlagenanalyse wurde bereits im Rahmen des erwähnten Direktauftrages ASTRA durchgeführt und die Erkenntnisse in Form einer Richtlinie publiziert [21]. Diese Berichte sowie die umfangreiche Primärliteratur dienen in der vorliegenden Arbeit als Basis für die Untersuchung. Anhand der Auswertung dieser Fachliteratur erfolgt eine Zusammenstellung und Würdigung der Erkenntnisse und Grundlagen im Hinblick auf die spätere Normierung. Die Gliederung der Untersuchung ist in Abb. 1 dargestellt und orientiert sich an den in Kapitel 1.3 beschriebenen Zielsetzungen.

In Kapitel 2 werden die *Grundlagen zur Umwidmung von Standstreifen* dargelegt, die Bedeutung und Funktion von Standstreifen erörtert sowie die verschiedenen Arten und Formen von Umwidmungen aufgezeigt, gefolgt von einer kurzen Übersicht über bereits durchgeführte Umwidmungen aus dem In- und Ausland. Dabei wird versucht, jeweils die Vor- und Nachteile hinsichtlich der Auswirkungen auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit sowie teilweise auch auf den Unterhalt und den Betrieb aufzuzeigen.

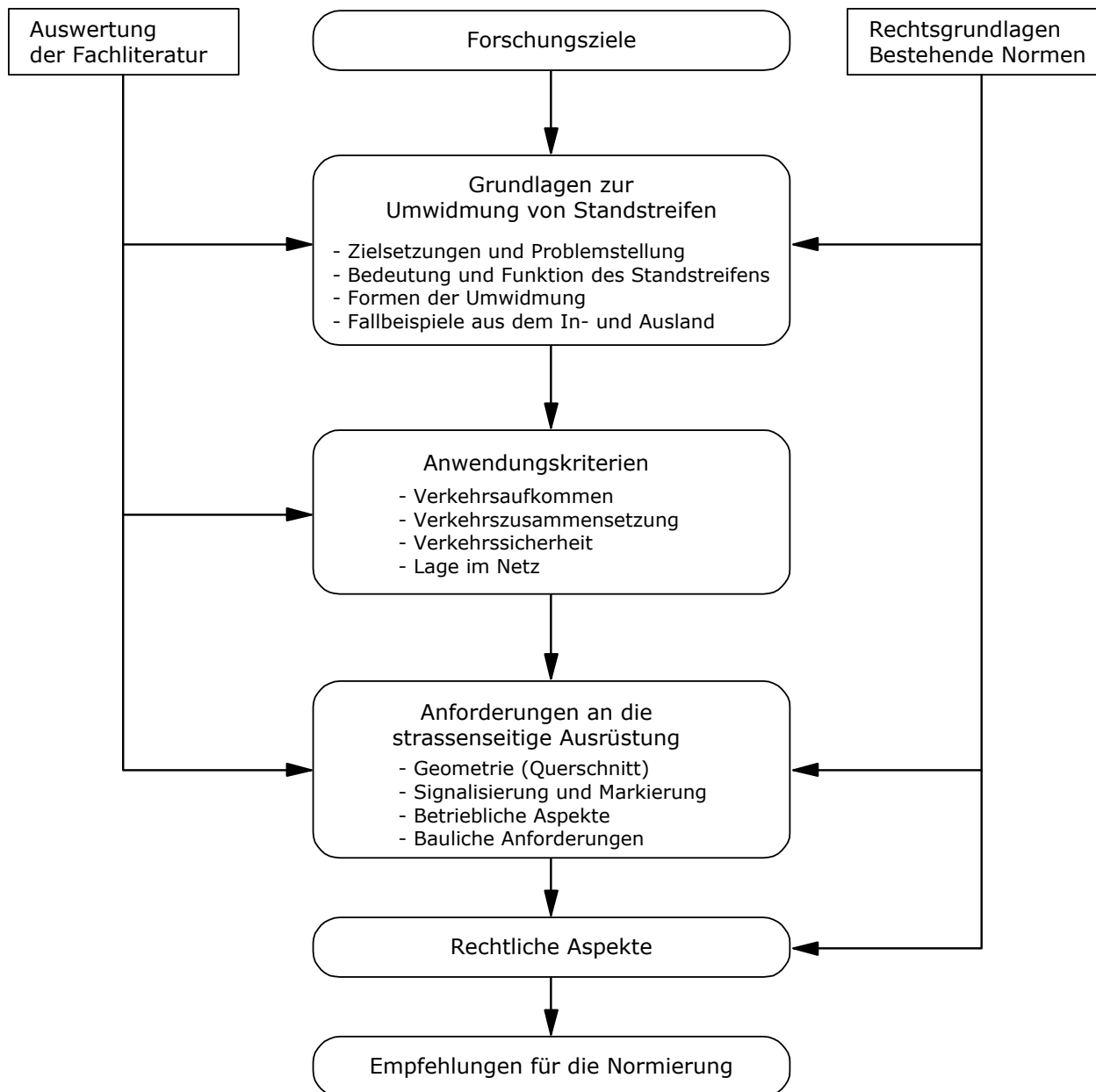
Kapitel 3 befasst sich mit den *Anwendungskriterien*. Darin soll die Frage beantwortet werden, unter welchen Voraussetzungen eine zeitweise oder eine dauerhafte Umwidmung sinnvoll ist und unter welchen Umständen eine Umwidmung eher als ungeeignet erachtet wird. Für die spätere Normierung werden die entsprechenden verkehrstechnischen Anwendungskriterien formuliert. Von besonderem Interesse sind die verkehrstechnischen Einsatzkriterien bei einer verkehrsabhängigen (dynamischen) Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit den *Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung*. Streng genommen umfasst der Begriff „strassenseitige Ausrüstung“ nur die Bereiche Markierung und Signalisierung¹ sowie Einrichtungen zum passiven Schutz im Strassenraum. In Erweiterung dieser Definition werden in diesem Abschnitt aber auch die geometrischen und baulichen Anforderungen sowie betriebliche Aspekte behandelt.

Kapitel 5 geht auf die *rechtlichen Aspekte und Verfahrensfragen* ein, die im Zusammenhang mit der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen von Relevanz sind. In Abhängigkeit der Ergebnisse aus den beiden voran gegangenen Kapiteln werden in diesem Abschnitt Anpassungen und Ergänzungen der bestehenden Rechtsgrundlagen vorgeschlagen.

In Kapitel 6 werden die Normierungsgrundsätze zur Umwidmung von Standstreifen formuliert und entsprechende *Empfehlungen für die Normierung* unterbreitet.

¹ Der Begriff „Signalisierung“ umfasst die Bereiche Signale und Wegweisung, während der übergeordnete Begriff „Signalisation“ zusätzlich zu den Signalen und der Wegweisung auch die Markierung beinhaltet.

**Abb. 1: Untersuchungsablauf**

2 Grundlagen zur Umwidmung von Standstreifen

2.1 Zielsetzungen und Problemstellung

Standstreifen auf Hochleistungsstrassen (HLS) haben eine hohe sicherheitsrelevante Funktion und unterstützen auch die Unterhalts- und Betriebsdienste (vgl. Kap. 2.2). Wie bereits in Kapitel 1.1 dargelegt wurde, wird seit einigen Jahren zur kurzfristigen Beseitigung von Leistungsdefiziten und aus Sicherheitsgründen die Nutzung des Standstreifens für den fließenden Verkehr verlangt. Diese Massnahme lässt sich verhältnismässig schnell realisieren und fällt im Vergleich zu einer planmässigen baulichen Erweiterung des Strassenquerschnitts kostengünstiger aus. Da der ursprüngliche Nutzen des Standstreifens aber nach wie vor unbestritten ist, soll eine allfällige Freigabe restriktiv gehandhabt und im Einzelfall sorgfältig geprüft werden [21]. Je nach Anwendungsfall (vgl. Kap. 2.4.1) ist die Umwidmung als eine provisorische Massnahme zu verstehen bis zu einem späteren Ausbau des betreffenden Autobahnabschnitts. In Anlehnung an [41] werden mit einer Standstreifenumwidmung je nach Problemstellung die folgenden Ziele angestrebt:

1. Beseitigung von Leistungsdefiziten auf Autobahnabschnitten

- Leistungengpässe zwischen einer Einfahrt und der darauf folgenden Ausfahrt oder über mehrere Abschnitte.
- Leistungsrückgang bei vorübergehender Zweistreifigkeit zwischen zwei dreistreifigen Abschnitten, verbunden mit entsprechenden Sicherheitsdefiziten durch den Abbau von drei auf zwei Fahrstreifen.
- Leistungsabfälle auf Abschnitten mit grosser Steigung, v.a. bei erhöhten Lastwagenanteilen.
- Reduktion von Staus auf der Hauptfahrbahn, indem der Stau auf dem Standstreifen bis zur nächsten Ausfahrt umfahren werden kann (Stauventil).

2. Reduktion der Stauauswirkungen in Anschlussbereichen und Verzweigungen

- Entschärfung des Gefahrenpotentials, wenn sich in einer Ausfahrt als Folge einer ungenügenden Kapazität des untergeordneten Netzes ein Rückstau bis auf die durchgehenden Fahrstreifen der Autobahn bildet.
- Entflechtung von Verkehrsströmen in Verzweigungen durch Verlängerung der Vorsortierung, damit unbeteiligte Verkehrsströme bei Stau auf der Autobahn nicht behindert werden (Bypass).
- Schaffung von zusätzlichem Stauraum in der Einfahrtsrampe oder neben der Hauptfahrbahn bei Rampenbewirtschaftungsmassnahmen.

3. Erhöhung der Verkehrssicherheit

- Reduktion staubedingter Auffahrunfälle durch eine Verflüssigung des Verkehrsablaufs.
- Reduktion von Verflechtungsvorgängen zwischen Anschlüssen, wo ein Grossteil des einfahrenden Verkehrs die Autobahn am nächsten Anschluss wieder verlässt.
- Verlängerung von Verflechtungstrecken bei Einfahrten und Verzweigungen, um bei hohen Belastungen im übergeordneten Strom dem einfahrenden Verkehr häufiger genügend grosse Zeitlücken und damit mehr Möglichkeiten zum Einfädeln anzubieten.

Ohne entsprechende Vorabklärungen (Konfliktanalyse, ausreichende Fahrbahnbreite) kann ein Umwidmungsvorhaben prinzipiell weder befürwortet noch abgelehnt werden. Unter gewissen Umständen kann eine Umwidmung die angestrebten Ziele nicht erfüllen und ev. die Probleme an andere Orte verlagern oder im schlimmsten Fall sogar verschärfen. Kritische Aspekte, die es im Vorfeld zu klären gilt und die Zweckmässigkeit einer Umwidmung in Frage stellen können, sind in Anlehnung an [41] folgende:

- *Leistungsfähigkeit:* Lässt sich die Kapazität des betreffenden Abschnitts wirklich im gewünschten Ausmass steigern und der Verkehrsablauf verflüssigen? Führt die gesteigerte Kapazität ev. zu einer Stauverlagerung?
- *Verfügbarkeit:* Wird die neu gewonnene Kapazität der umorganisierten HLS ev. durch zusätzliche Unfälle (mehr Fahrstreifenwechselunfälle) und damit einer sinkenden Verfügbarkeit der HLS wieder reduziert?
- *Verkehrssicherheit:* Wiegen die vermiedenen staubedingten Auffahrunfälle diejenigen auf, die durch den Wegfall der Schutzfunktion des Standstreifen (Auffahrunfall auf stehendes Fahrzeug) und die Verflüssigung des Verkehrsablaufs neu entstehen können (mehr Fahrstreifenwechselunfälle)? Wie verändert ein zusätzlicher Fahrstreifen den Verkehrsablauf und damit das Unfallgeschehen (Gefahrenanalyse)?
- *Betrieb und Unterhalt:* Wie können die Bedürfnisse des Unterhalts und Betriebs auch ohne Standstreifen sicher und effizient gewährleistet werden und mit welchen Auswirkungen auf die Kosten und die betrieblichen Aspekte muss gerechnet werden?
- *Kosten:* Ist der Nutzen der Massnahme (z.B. Reduktion der Staukosten und staubedingten Unfallkosten) grösser als die Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten und damit volkswirtschaftlich gerechtfertigt (Prüfung der Wirtschaftlichkeit)?

2.2 Bedeutung und Funktion des Standstreifens

Gemäss VSS-Norm SN 640 200a „Geometrisches Normalprofil; Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente“ [6] sind Standstreifen seitlich der Fahrbahn angeordnet und bilden in der Regel einen festen Bestandteil des Strassenquerschnitts von Hochleistungsstrassen (HLS). Sie dienen zum Abstellen von Fahrzeugen bei Pannen und anderen Nothalten sowie von Unterhaltsfahrzeugen. Den Polizei- und Rettungsfahrzeugen dienen sie oft als Zufahrtsmöglichkeit. Als Voraussetzung für einen geregelten und sicheren Unterhalt kommen ihnen weitere Funktionen zu, insbesondere als provisorische Verkehrsstreifen bei Erneuerungen.

Die verschiedenen gesetzlichen Grundlagen und technischen Normen weisen dem Standstreifen zusammenfassend die folgenden Funktionen zu:

- Raum für Fahrzeuge bei Pannen oder anderen Nothalten sowie für Pannenhilfsdienste
- Zeitweiliger Stellplatz für Pannen- oder Unfallfahrzeuge vor dem Abschleppen
- Kurzeitiges Vorbeiführen des Verkehrs auf dem Standstreifen an Unfallstellen oder bei Tagesbaustellen (Unterhalt)
- Zugang für Sanitäts- und Ereignisdienste (Raum zur Bildung der notwendigen Fahrgasse)
- Seitlicher Ausweichraum bei unerwarteten Hindernissen auf der Fahrbahn

- Behelfsverkehrsführung auf einer Richtungsfahrbahn zur Beibehaltung der Anzahl durchgehender Fahrstreifen bei länger andauernden Baustellen auf der Gegenfahrbahn mit entsprechenden Absperr- und Markierungsmassnahmen
- Benützung durch Unterhaltungsdienste bei Arbeiten auf und neben der Fahrbahn (Grünpflege, Reinigung, Instandhaltung), beim Stellen von Signalen, bei Inspektionen, für den Winterdienst als Ablagefläche bei Schneeräumung
- Polizeiliche Aufgaben (Enforcement, Information der Verkehrsteilnehmer bzgl. Stau und Unfällen)

Wie aus dieser Auflistung hervorgeht, kommt den Standstreifen eine wichtige Aufgabe in Bezug auf die Verkehrssicherheit und die Gewährleistung der Betriebssicherheit von Hochleistungsstrassen zu. Bei einem Wegfall des Standstreifens zu Gunsten eines zusätzlichen Fahrstreifens müssen die allfälligen Sicherheitsdefizite mit entsprechenden Massnahmen (z.B. Anordnung von Ausstellbuchten) kompensiert werden. Auch die Belange der Unterhaltungsdienste müssen in Bezug auf deren Arbeitsorganisation berücksichtigt werden. Aus diesen Gründen erfordert jedes Umwidmungsvorhaben sorgfältige Vorabklärungen und eine fallweise Beurteilung.

2.3 Anordnung und Ausführung von Standstreifen

Die VSS-Norm SN 640 041 „Projektierung, Grundlagen; Strassentyp: Hochleistungsstrassen“ [2] enthält unter anderem Empfehlungen zur Anordnung und Ausführung von Standstreifen auf Hochleistungsstrassen (HLS). Dabei wird unterschieden zwischen HLS innerhalb und ausserhalb besiedelter Gebiete. Auf HLS ausserhalb besiedelter Gebiete sollen Standstreifen durchgehend mit einer Normalbreite von 2,50 m angeordnet werden. Innerhalb besiedelter Gebiete gelangen aus verschiedenen Gründen reduzierte Ausbaugrössen zur Anwendung. Neben schmälere Fahrstreifen wird auch die Breite des Standstreifens reduziert. Die minimale Breite sollte aber 2,00 m nicht unterschreiten. Bei reduzierten Standstreifen mit Breiten von weniger als 2,00 m spricht man auch von sogenannten Mehrzweckstreifen (vgl. [6]). In topographisch schwierigem Gelände wird aus Kostengründen sogar gänzlich auf Standstreifen verzichtet.

In Tunneln wird der Standstreifen aus Kostengründen in der Regel durch Ausstellbuchten (auch als „Nothaltebucht“ bezeichnet) ersetzt. Dies kann auch auf weniger stark belasteten Hochleistungsstrassen auf der freien Strecke der Fall sein, wo auf einen Standstreifen verzichtet wird. Die Anordnung von Ausstellbuchten an HLS erfolgt beidseitig ca. alle 500 bis 1'000 m, wobei in Tunneln auch kürzere Abstände vorgesehen werden (ca. alle 250 bis 500 m). Notrufsäulen werden empfohlen. In der folgenden Abbildung sind die Abmessungen einer Nothaltebucht ersichtlich. Aus Sicherheitsgründen (Bewegungsspielraum bei Arbeiten am Fahrzeug) sollten Nothaltebuchten mindestens eine Breite von 3,00 m, im Idealfall eine Breite grösser 4,00 m aufweisen.

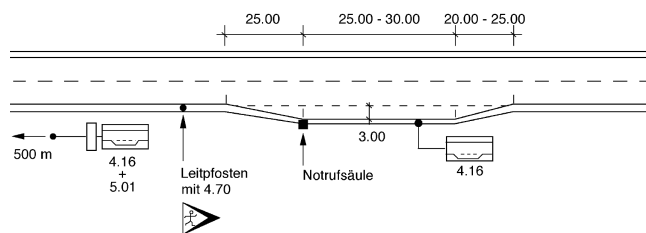


Abb. 2: Geometrische Abmessungen von Nothaltebuchten

Auf Brücken sollen Standstreifen im Hinblick auf grössere Unterhalts- und Erneuerungsarbeiten nicht reduziert sondern auf 3,00 m verbreitert werden, so dass die Fahrbahnbreite zwischen den erhöhten Abschlüssen (Leitplanken) mindestens 11,00 m, besser 11,50 m beträgt. Damit sind im Baustellenbereich vier Fahrstreifen mit reduzierter Breite möglich.

2.4 Formen von Standstreifenumwidmungen

Primäres Ziel einer Umwidmung von Standstreifen ist die kurzfristige Beseitigung lokaler Kapazitätsengpässe oder örtlicher Konfliktstellen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Je nach Anwendungsfall und zeitlicher Nutzung führen Standstreifenumwidmungen zu einer Steigerung der Kapazität und tragen damit bei hohen Verkehrsbelastungen zu einem flüssigeren Verkehrsablauf bei.

2.4.1 Form nach Anwendungsfall

Bei der Anordnung von Standstreifenumwidmungen können verschiedene Anwendungsfälle unterschieden werden, welche sich gemäss [40] prinzipiell in zwei Gruppen einteilen lassen. In die Gruppe A gehören Umwidmungen im Bereich von Anschlüssen, Verzweigungen und Steigungsabschnitten, zur Gruppe B zählen Umwidmungen zwischen zwei Anschlüssen oder über mehrere Anschlüsse hinweg. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die einzelnen Anwendungsfälle der beiden Gruppen sowie den jeweiligen Zielen, die mit der Anwendung verfolgt werden. Innerhalb der Gruppe A sind auch Kombinationen mehrerer Anwendungsfälle denkbar.

Gruppe	Anwendungsfall	Ziel
Gruppe A: Umwidmungen im Bereich von Anschlüssen, Verzweigungen, Steigungen	Verlängerung von Einfahrten	Verbesserung der Einfädelungsmöglichkeiten des ein-fahrenden Verkehrs in den übergeordneten Strom dank häufigeren genügend grossen Zeitlücken
	Verlängerung von Ausfahrten	Schaffung von Stauraum für den ausfahrenden Verkehr bei Kapazitätsengpässen im untergeordneten Netz zur Verhinderung von Rückstau auf die durchgehenden Fahrstreifen der HLS
	Stauraum in Einfahrten und Rampen	Schaffung von ausreichendem Stauraum für den ein-fahrenden Verkehr bei Rampenbewirtschaftung
	Verlängerung von Verflechtungsstrecken	Verbesserung der Verflechtungsmöglichkeiten des ein-fahrenden Verkehrs in den übergeordneten Strom dank häufigeren genügend grossen Zeitlücken
	Verlängerung von Entflechtungsstrecken (Vorsortierung)	Bypass für abzweigende Verkehrsströme in Verzweigungen (Stauventil), z.B. bei stromabwärts liegenden Stauwurzeln auf der Hauptfahrbahn
	Zusatzstreifen in Steigungen	Aufhebung eines Leistungsengpasses bedingt durch hohen Anteil langsamer Lastwagen
Gruppe B: Umwidmungen zwischen zwei oder mehreren Anschlüssen	Entschärfung einer Konfliktstrecke zwischen zwei Anschlüssen	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Reduktion von Verflechtungsvorgängen, v.a. wenn ein Grossteil des ein-fahrenden Verkehrs die HLS beim nächsten Anschluss wieder verlässt
	Entschärfung einer Konfliktstrecke über mehrere Anschlüsse hinweg	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Reduktion staubedingter Unfälle bei permanenten Leistungsdefiziten auf hoch belasteten Autobahnabschnitten

Tab. 1: Übersicht der Anwendungsfälle von Standstreifenumwidmungen

Daneben existieren auch Sonderformen der Standstreifenumwidmung im Zusammenhang mit dem Management des Schwerverkehrs, die in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht weiter betrachtet werden. Dazu zählen Dosierstellen für den Schwerverkehr auf der Autobahn (z.B. Tropfenzähler Göschenen und Airolo auf der Gotthardroute sowie die entsprechenden vorgelagerten Warteräume in Attinghausen, Stans, Knutwil und im Tessin) sowie Warteräume vor Zollanlagen (z.B. auf der A2 Grenzbrücke vor dem Grenzübergang Basel/Weil-Autobahn).

Eine weitere Sonderform stellt die zeitlich befristete Umwidmung im Fall von Baustellen auf der Gegenfahrbahn dar, wenn als Behelfsverkehrsführung der Standstreifen zur Aufrechterhaltung der ursprünglichen Anzahl durchgehender Fahrstreifen mit einbezogen wird.

2.4.2 Form nach zeitlicher Nutzung

Aus Sicht der zeitlichen Nutzung des Standstreifens kann grundsätzlich zwischen zwei Betriebsformen von Standstreifenumwidmungen unterschieden werden (vgl. Abb. 3). Die temporäre und die permanente Umwidmung von Standstreifen unterscheiden sich nicht nur in Bezug auf die technische Ausgestaltung sondern auch bzgl. Unterhalt, Sicherheit und Investitionskosten.

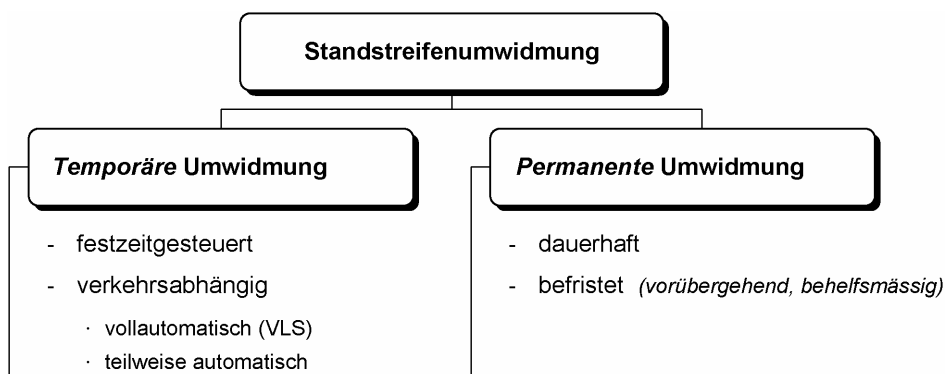


Abb. 3: Betriebsformen der Standstreifenumwidmung in Anlehnung an [41]

• Temporäre Umwidmung von Standstreifen

Bei der temporären Umwidmung wird der Standstreifen nur zu gewissen Tageszeiten für den fließenden Verkehr freigegeben. Die Freigabe kann zu festen Zeiten oder verkehrsabhängig erfolgen. Das Ziel einer temporären Umwidmung ist es, in Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen einen zusätzlichen Fahrstreifen zur Verfügung zu stellen. Freigeschaltet wird z.B. während der werktäglichen Spitzenzeiten, bei hohem Ferientraffic oder bei Sonderveranstaltungen wie Messen oder grösseren Sportanlässen. Der Vorteil der temporären Freigabe liegt darin, dass der Standstreifen während der übrigen Zeiten seine ursprüngliche Funktion beibehält.

Bei einer *festzeitgesteuerten* Freigabe wird der Standstreifen zu festen Tageszeiten freigegeben. Je nach Richtung kann dies während der Morgen- oder/und Abendspitze der Fall sein. Die Anzeige zur Benützung des Standstreifens kann entweder mit fest installierten Signalen und Zeitangabe (Standstreifen befahren zwischen 06:00 und 09:00) oder mit Wechselsignalen (Standstreifen befahren) erfolgen. Die technische Umsetzung einer festzeitgesteuerten Freigabe mit Wechselsignalen kann mit einfachen Schaltelementen bis hin zu aufwändigen Steuerungssystemen realisiert werden.

Eine *verkehrsabhängige* Freigabe des Standstreifens kann entweder voll- oder halbautomatisch erfolgen. Bei einer halbautomatischen Freigabe werden die entsprechenden Signale (Klapptafeln) bei Bedarf durch die Polizei vor Ort via Funk oder Mobiltelefon während der Vorbeifahrt gestellt. Gleichzeitig wird dabei auch die Verfügbarkeit des Standstreifens überprüft. Als Nachteil erweist sich der Umstand, dass sowohl für das Öffnen als auch für das Schliessen der Klapptafeln entsprechendes Personal vor Ort erforderlich ist. Eine vollautomatische Freigabe des Standstreifens für den fließenden Verkehr setzt als Minimalanforderung die Koppelung mit einer bzw. mehreren Messstellen zur Verkehrserfassung voraus. Im Normalfall dürfte eine vollautomatische verkehrsabhängige Freigabe des Standstreifens in ein Verkehrsbeeinflussungssystem eingebunden sein. Die Anzeige zur Benützung des Standstreifens geschieht mit Wechselsignalen (Standstreifen befahren/räumen/gesperrt), wobei unterstützend auch Geschwindigkeitsbeschränkungen, Lastwagenüberholverbote, Wechseltextanzeigen (WTA) und Fahrstreifen-Lichtsignal-Systeme (FLS) zum Einsatz gelangen können. Die Verfügbarkeit des Standstreifens muss mit entsprechenden Überwachungseinrichtungen geprüft werden.

- **Permanente Umwidmung von Standstreifen**

Bei der permanenten Umwidmung wird der Standstreifen dauerhaft für den fließenden Verkehr freigegeben. Durch eine Umorganisation des Fahrbahnquerschnitts mit entsprechenden Anpassungen bei der Markierung (und ev. bei der Tragfähigkeit) wird der Standstreifen zu einem regulären Fahrstreifen umfunktioniert. In der Regel sind keine zusätzlichen Signale erforderlich.

Im Falle einer befristeten Massnahme, bspw. zur Behelfsverkehrsführung in Baustellen auf Autobahnen, kann die neue Querschnittsaufteilung auch vorübergehend mittels temporärer Markierungen (orange) angezeigt werden, ohne dass die ursprüngliche Markierung entfernt werden muss (Kostensparnis).

2.4.3 Regelbetriebsformen für die verschiedenen Anwendungsfälle

Umwidmungen von Standstreifen im Bereich von Anschlüssen, Verzweigungen und Steigungen (Gruppe A) sollen gemäss ASTRA-Richtlinie [21] in permanenter Form ausgeführt werden. Die heute in der Schweiz bereits ausgeführten Umwidmungen (vgl. Kap. 2.5.1) fallen ausschliesslich in die Gruppe A und wurden mehrheitlich permanent ausgeführt. Eine Ausnahme bilden die Rampenbewirtschaftungen auf der A1/A20 im Bereich Limmattalerkreuz-Nordumfahrung Zürich, wo zur Schaffung zusätzlichen Stauraums in einzelnen Einfahrtsrampen der Standstreifen bei Inbetriebnahme der Rampenbewirtschaftung temporär mitgenutzt wird.

Umwidmungen von Standstreifen zwischen zwei Anschlüssen oder über mehrere Anschlüsse hinweg (Gruppe B) können gemäss [21] sowohl permanent als auch temporär ausgeführt werden. Das massgebende Kriterium für die Wahl der Betriebsform soll dabei die Verkehrssicherheit sein, wobei auch wirtschaftliche und betriebliche Aspekte mitberücksichtigt werden sollen. Bisher wurden in der Schweiz erst vereinzelt permanente aber noch keine temporären Umwidmungen der Gruppe B realisiert.

In der folgenden Tabelle sind die Regelbetriebsformen der verschiedenen Anwendungsfälle in Anlehnung an die ASTRA-Richtlinie [21] dargestellt.

		Permanente Umwidmung	Temporäre Umwidmung
Gruppe A	Verlängerung von Einfahrten	x	
	Verlängerung von Ausfahrten	x	
	Stauraum bei Einfahrten und Rampen	x	(x)
	Verlängerung von Verflechtungsstrecken	x	
	Verlängerung von Entflechtungsstrecken	x	
	Zusatzstreifen in Steigungen	x	(x)
Gruppe B	Umwidmung zwischen zwei Anschlüssen	x	x
	Umwidmung über den Anschluss geführt	x	(x)

x: Regelbetriebsform

(x): Mögliche Betriebsform beim Vorliegen spezieller örtlicher Verhältnisse

Tab. 2: Übersicht über die Regelbetriebsformen der verschiedenen Anwendungsfälle in Anlehnung an [21]

Eine temporäre Umwidmung über mehrere Anschlüsse hinweg wird in der ASTRA-Richtlinie [21] als Regelbetriebsform angegeben. Nach Meinung der Forschungsstelle verlangt gerade diese Betriebsform umfangreiche flankierende Massnahmen hinsichtlich Signalisierung und Markierung und sollte daher nur bei Vorliegen spezieller örtlicher Verhältnisse in Erwägung gezogen werden.

2.5 Erfahrungen aus der Schweiz

2.5.1 Realisierte und geplante Umwidmungen

Zurzeit liegen nur wenige Erkenntnisse zu permanenten oder temporären Standstreifenumwidmungen in der Schweiz vor. Zwar wurden in der Vergangenheit bereits mehrere Projekte realisiert, dabei handelte es sich aber vorwiegend um punktuelle Umwidmungen der Gruppe A im Bereich von Anschlüssen und Verzweigungen, bei welchen Ein- oder Ausfahrten um einige 100 m permanent verlängert wurden oder Zusatzstreifen in Steigungen permanent auf Kosten des Standstreifens eingerichtet wurden. Bei den bekannten Umwidmungen konnten die kleinräumigen Kapazitätsengpässe jedoch effizient entschärft werden.

Im Zusammenhang mit der Einfahrtsbewirtschaftung auf der Nordumfahrung von Zürich werden in einzelnen Einfahrtsrampen (Einfahrt Affoltern Richtung Bern, Einfahrt Weiningen Richtung St. Gallen) die Standstreifen in der Rampe temporär als Stauraum genutzt, wenn die Rampenbewirtschaftung in Betrieb ist. Daneben werden im gleichen Zusammenhang an weiteren Einfahrten (Einfahrt Seebach Richtung Bern, Einfahrt Dietikon Richtung Zürich) Standstreifen neben der Hauptfahrbahn permanent als Stauraum genutzt, wobei mit entsprechenden Massnahmen (Minibaken in kurzen Abständen auf Randlinie zwischen Normalstreifen und Standstreifen) dafür gesorgt wird, dass der Stauraum nicht verkehrswidrig vorzeitig verlassen werden kann.

Im Rahmen von KABEWISTRA [22] wurden Vorschläge zur raschen und lokalen Verbesserung des Verkehrsflusses auf HLS erarbeitet und eine Vielzahl möglicher Massnahmen hinsichtlich ihrer Wirkung und Kosten analysiert. Dabei wurden u.a. sechs besonders staugefährdete Abschnitte identifiziert und in der Behandlung als prioritär gekennzeichnet, bei welchen der Standstreifen auf einer Länge von 300

Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen

bis 600 m permanent umgenutzt werden soll. Auch hier handelt es sich ausschliesslich um Anwendungsfälle der Gruppe A.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in der Schweiz realisierten und geplanten Standstreifenumwidmungen. Nicht aufgeführt sind die Abschnitte, bei welchen die Standstreifen im Rahmen des Tropfenzählersystems am Gotthardstrassentunnel für das Management des Schwerverkehrs umgewidmet wurden.

Kt.	Ort / Abschnitt	Zweck / Anwendungsfall	Status
BE	A1/A6 Verzweigung Wankdorf von Thun Richtung Lausanne	Verbesserung der Verflechtungsmöglichkeiten durch Verlängerung des zweistreifigen Abschnitts der A6 um ca. 600 m	In Planung (ab 2009)
BE	A1/A6 Ausfahrt Bern Wankdorf aus Richtung Lausanne	Zusätzlicher Stauraum auf ca. 200 m für den ausfahrenden Verkehr bei Leistungsproblemen des untergeordneten Netzes bzw. Knotens	In Planung (ab 2008)
BL	A2 Tunnel Schweizerhalle – Verzweigung Hagnau	Verlängerung der Vorsortierung A2 und A18 sowie Ausfahrten Birsfelden/St. Jakob von drei auf vier Fahrstreifen auf ca. 1'000 m	In Betrieb (seit 2008)
BL	A2 Einfahrt von A18 Richtung Luzern	Verbesserung der Verflechtungsmöglichkeiten durch Verlängerung des Beschleunigungstreifens der Einfahrt A18 um ca. 400 m	In Betrieb (seit 2007)
BS	A2 Einfahrt Hochbergerstrasse – Grenze D	Zusätzlicher Stauraum für Lastwagen bei Überlastung der LW-Parkierungsanlage beim Grenzübergang Basel/Weil Autobahn	In Betrieb (seit 2003)
GE	A1 Ausfahrt Perly Richtung La Praille	Entschärfung Kapazitätsengpass durch Verlängerung der Vorsortierung um 460 m von drei auf vier Fahrstreifen	In Betrieb (seit 2008)
LU	A2/A14 Verzweigung Rotsee – A2 Emmen-Nord	Entschärfung Kapazitätsengpass durch Fahrstreifenaddition der Einfahrt A14 / Emmen-Süd (Steigungsabschnitt)	In Betrieb (seit 2008)
LU	A2 Emmen-Nord – A2/A14 Verzweigung Rotsee	Entschärfung Kapazitätsengpass durch Fahrstreifenaddition der Einfahrt Emmen-Nord	In Planung (ab 2009)
SG	A1 Sitterviadukt – Verzweigung Schoren	Entschärfung Kapazitätsengpass durch permanente Umwidmung des Standstreifens	In Ausführung (ab 2009)
SO	A1/A2 Verzweigung Härkingen von Bern Richtung Basel	Entschärfung Kapazitätsengpass durch Verlängerung der Vorsortierung um 400 bzw. 800 m (ein- bzw. zweistreifiger Bypass für ausfahrenden Verkehr Richtung Basel)	In Betrieb (seit 2007)
SO	A1/A2 Verzweigung Härkingen von Basel Richtung Bern	Verbesserung der Verflechtungsmöglichkeiten durch Verlängerung des Beschleunigungstreifens der Einfahrt A2 in A1 um ca. 400 m	In Betrieb (seit 2007)
SZ	A3 Anschluss Pfäffikon	Entschärfung Stausituation durch Verlängerung der Ausfahrt und Kapazitätssteigerung des Steigungsabschnitts durch Fahrstreifenaddition der Einfahrt	In Betrieb (seit 2004)
VD	A1 Morges-Est – A1/A1a Verzweigung Ecublens von Genf Richtung Lausanne / Bern	Entschärfung Kapazitätsengpass durch abschnittsweise temporäre Umwidmung des Standstreifens zwischen Einfahrt Morges-Est und Verzweigung Ecublens auf einer Länge von ca. 5 km	In Planung (ab 2010)
ZH	A1 Einfahrt Dietikon – A1/A4 Kreuz Limmattal	Zusätzlicher Stauraum in der Einfahrt bei Rampenbewirtschaftung sowie Entschärfung Stausituation durch Verlängerung der Vorsortierung in der Verzweigung (Bypass für ausfahrenden Verkehr Richtung Urdorf)	In Betrieb (seit 2003/4)
ZH	A1/A20 Einfahrten Weinigen Richtung St. Gallen und Affoltern Richtung Bern	Zusätzlicher Stauraum in den Einfahrtsrampen, welcher bei Rampenbewirtschaftung temporär genutzt wird	In Betrieb (seit 2003)
ZH	A1/A20 Einfahrt Seebach Richtung Bern	Zusätzlicher Stauraum in der Einfahrt bei Rampenbewirtschaftung	In Betrieb (seit 2003)
ZH	A3/A4 Einfahrt Urdorf Nord Richtung Zürich	Zusätzlicher Stauraum in der Einfahrt bei Rampenbewirtschaftung	In Betrieb (seit 2003)
ZH	A3/A4 Westumfahrung Zürich	Optimierung des Verkehrsablaufs im Bereich von Anschlüssen und Verzweigungen und Gewährleistung einer grösseren Flexibilität bei Sonderbetriebszuständen durch abschnittsweise temporäre Standstreifenumwidmungen	In Ausführung (ab 2009)
ZH	A1/A20 Nordumfahrung Zürich und Umfahrung Winterthur	Entschärfung von Kapazitätsengpässen durch abschnittsweise permanente Standstreifenumwidmungen im Rahmen des VBS Zürich-Nord zwischen ZH-Affoltern und Seebach sowie im Bereich Brüttiseller Kreuz und Verzweigung Zürich-Nord	In Planung (Vorprojekt)
ZH	A3 Einfahrt Thalwil Richtung Chur	Entschärfung Kapazitätsengpass durch Fahrstreifenaddition der Einfahrt (Steigungsabschnitt)	In Betrieb (seit 2004)

Tab. 3: Übersicht über realisierte und geplante Standstreifenumwidmungen in der Schweiz (Stand 2008)

Temporäre Umwidmungen des Standstreifens zwischen zwei Anschlüssen oder gar über mehre Anschlüsse hinweg wurden bisher noch nicht realisiert bzw. befinden sich momentan erst in der Ausführung bzw. Planung. So soll ab Mitte 2009 im Bereich der neuen A3/A4 Westumfahrung Zürich auf mehreren Abschnitten eine temporäre Umwidmung des Standstreifens möglich werden, um bei Sonderbetriebszuständen (z.B. Sperrung eines Fahrstreifens infolge Unfalls) eine grössere Flexibilität bei der Verkehrsführung zu gewährleisten, indem die durchgehende Anzahl Fahrstreifen über den ganzen Abschnitt aufrecht erhalten werden kann. Die Möglichkeit zur temporären Umwidmung ist dabei an ein umfassendes Verkehrsleitsystem mit FLS gekoppelt. Ebenso wird auf der A1 zwischen der Einfahrt Morges-Est und der Verzweigung Ecublens im Grossraum Lausanne momentan ein Projekt zur Umwidmung des Standstreifens mit FLS während der Spitzenstunden ausgearbeitet. Diese Vorhaben stellen in naher Zukunft die schweizweit ersten Anwendungsfälle einer abschnittswisen temporären Standstreifenumwidmung dar.

Eine Sonderform der temporären Standstreifenumwidmung stellen die sog. „Stauventile“ an Ausfahrten dar. Mit dem Stauventil soll verhindert werden, dass sich infolge von Leistungsdefiziten des Sekundärknotens ein Rückstau bis auf die durchgehenden Fahrstreifen der Autobahn bildet.

Das Stauventil ist als Sofortmassnahme zu verstehen, welche mit relativ geringem Aufwand umgesetzt werden kann. Dazu wird das in nebenstehender Abbildung dargestellte statische Signal im Seitenstreifen im Bereich des Vorwegweisers (500 m) aufgestellt, welches die Verkehrsteilnehmer darauf hinweist, bei Stau in der Ausfahrt den Standstreifen als zusätzlichen Stauraum mit zu nutzen. Je nach zu erwartender Rückstaulänge oder bei knappen Sichtverhältnissen ist ein weiteres Signal bereits im Bereich der Ankündigungstafel (1'000 m) erforderlich. Da bei der Markierung bzw. den Fahrstreifenbreiten jedoch keine Anpassungen erfolgen, wird die Geschwindigkeit für den ausfahrenden Verkehr in der Regel auf 60 km/h begrenzt.

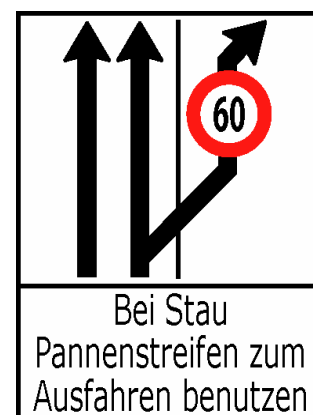


Abb. 4: Statische Signalisierung eines Stauventils

Ein solches Stauventil befindet sich auf der A3 in der Ausfahrt Lachen (SZ) in Fahrtrichtung Chur. Weitere Stauventile wurden auf der A4 in der Ausfahrt Küsnacht (SZ) in Fahrtrichtung Altdorf sowie auf der A1 in der Ausfahrt Aarau-Ost (AG) in Fahrtrichtung Bern realisiert. Auf der A4a im Kanton Zug ist ein Stauventil in der Ausfahrt Baar geplant.

Bei dieser Form der temporären Standstreifenumwidmung ist ein gewisses Sicherheitsrisiko nicht gänzlich auszuschliessen. Da zeitlich nicht exakt definiert ist, wann der Standstreifen zum Ausfahren geöffnet ist, können einerseits Fahrstreifenwechselunfälle die Folge sein. Andererseits kann eine stehende Kolonne auf einem lediglich 2,50 m breiten Standstreifen zu Irritationen der Verkehrsteilnehmer auf den durchgehenden Fahrstreifen der Autobahn führen, insbesondere wenn dort die zulässige Geschwindigkeit nicht ebenfalls reduziert wurde. Da solche Stauventile erst seit Kurzem in Betrieb sind, liegen jedoch noch keine gesicherten Erkenntnisse bzgl. Verkehrsablauf und Unfallgeschehen vor.

2.5.2 Erkenntnisse zum Unfallgeschehen

Obwohl das schweizerische Nationalstrassennetz mit einer Länge von rund 1'759 km (Stand 2006) nur einen Anteil von 2,5 % vom gesamtschweizerischen Strassennetz ausmacht, wird auf den Hochleistungsstrassen mit 22'413 Mio.Fz.km über ein Drittel der jährlichen Fahrleistung des Individualverkehrs erbracht [37]. Trotz dieser hohen Beanspruchung zählen die Hochleistungsstrassen nach wie vor zu den sichersten Strassen. Im Jahr 2004 entfielen von den insgesamt 67'680 polizeilich registrierten Unfällen im Strassenverkehr nur knapp 12% auf die Hochleistungsstrassen. Dabei erlitten 3'211 Personen Verletzungen (entspricht 11% aller im Strassenverkehr Verunfallten) und 51 wurden getötet (entspricht 10% aller im Strassenverkehr Getöteten) [37]. Diese im Vergleich zum untergeordneten Strassennetz positive Bilanz ist nicht zuletzt auf den hohen Ausbaustandard der Autobahnen zurückzuführen (passive Schutzeinrichtungen), wobei auch die Schutzfunktion von Standstreifen ihren Beitrag dazu leisten dürfte.

Bei den im Auftrag des ASTRA durchgeführten Studien zur Standstreifenbewirtschaftung ([40], [41]) wurden bei den Tiefbauämtern und den Polizeien einzelner Kantone u.a. Befragungen zum Unfallgeschehen auf HLS ohne Standstreifen durchgeführt. Dabei ist festzuhalten, dass es sich bei den betreffenden HLS nicht um umgewidmete Abschnitte sondern um solche handelte, bei welchen aus diversen Gründen (Kosten, beengte Platzverhältnisse, schwierige Topographie) auf einen Standstreifen verzichtet wurde. Nicht ausgewertet wurden Abschnitte auf Brücken sowie längere Tunnelabschnitte ohne Standstreifen, bei welchen in regelmässigen Abständen Ausstellbuchten vorhanden sind. Die wichtigsten Erkenntnisse zum Unfallgeschehen und zur Verkehrssicherheit waren folgende:

- Erhöhte Unfallraten, die auf das Fehlen des Standstreifens zurückgeführt werden können, wurden nicht festgestellt.
- Bezüglich der Unfallschwere wurden keine signifikanten Zusammenhänge erkannt, die auf das Fehlen eines Standstreifens zurückzuführen sind.
- Falls auf Abschnitten ohne Standstreifen Sicherheitsdefizite bestehen, wurden Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 100 oder 80 km/h und teilweise LW-Überholverbote signalisiert.
- Zur Überwachung sind keine speziellen Massnahmen vorgesehen. Ausnahmen bilden Überwachungskameras in längeren Tunneln

Diese Erkenntnisse lassen sich jedoch nicht vorbehaltlos auf künftige abschnittsweise Standstreifenumwidmungen übertragen, da die Verkehrsbelastungen auf den untersuchten Abschnitten mit einem DTV von unter 40'000 Mfz/Tag tiefer liegen als diejenigen hoch belasteter und daher besonders stauanfälliger Abschnitte des Autobahnnetzes, welche für eine abschnittsweise Standstreifenumwidmung in Betracht zu ziehen wären.

Zu den wenigen Abschnitten, bei welchen der Standstreifen bereits seit längerer Zeit umgewidmet wurde (vgl. Tab. 3), liegen hingegen erst wenig gesicherte Erkenntnisse zum Unfallgeschehen vor. Gemäss [41] konnten aber auch bei diesen Abschnitten mit Verlängerungen von Ein- und Ausfahrten keine Erhöhungen der Unfall- und Verunfalltenraten gegenüber den jeweiligen Vor- und Nachlaufstrecken erkannt werden. Dies bestätigte auch eine erneute Anfrage bei der Kantonspolizei Zürich, welche bis zum heutigen Zeitpunkt weiterhin keine Auffälligkeiten im Unfallgeschehen bei den im Kanton Zürich umgewidmeten Standstreifen feststellen konnte.

2.5.3 Erkenntnisse zum Verkehrsablauf

Im Schlussbericht von KABEWISTRA [22] wurde festgehalten, dass die Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen die effektivste, kurzfristig umsetzbare Massnahme zur Reduktion von Staus darstellt. Im Vordergrund stand dabei die Entschärfung punktueller Kapazitätsengpässe, also Betriebsformen der Gruppe A (vgl. 2.4.1). Diese Aussage wurde durch die gemachten Erfahrungen der bis heute in der Schweiz durchgeführten Umwidmungen im Bereich von Anschlüssen und Verzweigungen bestätigt: Die vorhandenen Kapazitätsengpässe und damit verbundenen Stauerscheinungen konnten entweder gänzlich eliminiert oder zumindest stark reduziert werden.

2.5.4 Erkenntnisse zu Betrieb und Unterhalt

Im Vergleich zu Autobahnen mit einem normal ausgeführten Standstreifen gelten für Abschnitte mit permanent oder temporär umgewidmetem Standstreifen andere Rahmenbedingungen für Betrieb und Unterhalt. Die im Rahmen der ASTRA Studie ([40], [41]) durchgeführten Befragungen zu Autobahnabschnitten ohne Standstreifen führten zu folgenden Erkenntnissen bzgl. Betrieb und Unterhalt:

- Betrieb und Unterhalt müssen an die (neue) Situation angepasst werden. Selbst kleinste Arbeiten benötigen umfangreiche Sicherungsmassnahmen bzw. Absperrungen, wodurch ein höherer Personalbedarf und mehr Signalisationsmittel nötig werden. Dieser Mehraufwand kann hingegen wieder reduziert werden, wenn mehrere Arbeiten zusammengefasst werden.
- Die Betriebs- und Unterhaltskosten konnten nicht quantifiziert werden. Generell kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich auf Abschnitten ohne Standstreifen sowohl die Betriebs- als auch die Unterhaltskosten erhöhen.
- Bei Unterhaltsarbeiten stellen die Nothaltebuchten wichtige Stützpunkte dar für das Aufstellen von Warnsignalisierungen und das vorübergehende Abstellen von Unterhaltsfahrzeugen. Bei der Planung von Nothaltebuchten im Zuge von Umwidmungsvorhaben sind die Bedürfnisse der Unterhaltsdienste daher unbedingt zu berücksichtigen.
- Bei Unfällen müssen die Signale auf der Fahrbahn gestellt werden, falls keine Nothaltebuchten vorhanden sind. Dies stellt ein grosses Sicherheitsrisiko und psychische Belastung für die Einsatzkräfte dar. Gleichzeitig wird die Rettungsgasse schmaler und entsprechend vergrössert sich der Zeitbedarf zum Erreichen der Unfallstelle.

2.6 Erfahrungen aus Deutschland

2.6.1 Vorbemerkungen

In Deutschland wurden Mitte der Neunziger Jahre zahlreiche Forschungsprojekte zur Untersuchung und Begleitung von Massnahmen zur Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen durch die Bundesanstalt für Strassenwesen (bast) koordiniert und betreut. Ziel dieser Arbeiten war einerseits die Klärung der planerischen, baulichen, betrieblichen und rechtlichen Voraussetzungen für die Freigabe des Standstreifens, andererseits sollten durch eine wissenschaftliche Begleitung erster Pilotversuche Erkenntnisse über die Auswirkungen auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit gewonnen werden.

Mittlerweile existieren in Deutschland zahlreiche Beispiele von Autobahnabschnitten, bei denen der Standstreifen temporär oder permanent umgewidmet wurde. Eine ausführliche Auflistung der wichtigsten Umwidmungsabschnitte findet sich in den Berichten, die im Rahmen der ASTRA Studie verfasst worden sind ([40], [41]). An dieser Stelle wird daher nur auf einige ausgewählte Beispiele näher eingegangen, die aus Sicht der strassenseitigen Ausrüstung von Interesse sind. Bei den Beispielen handelt es sich ausschliesslich um Anwendungsfälle der Gruppe B, also um Umwidmungen zwischen zwei Anschlüssen oder über mehrere Anschlüsse hinweg. Dabei ist anzumerken, dass in Deutschland die Distanzen zwischen zwei Anschlüssen in der Regel grösser sind als in der Schweiz.

Auf die wesentlichsten Erkenntnisse neuerer Forschungsarbeiten zum Unfallgeschehen, zum Verkehrsablauf sowie zu Betrieb und Unterhalt wird in den anschliessenden Abschnitten eingegangen.

2.6.2 Beispiele von abschnittswisen Umwidmungen

- **Bundesautobahn (BAB) A1 bei Hamburg**

Bereits 1998 wurde auf der BAB A1 in nördlicher Fahrtrichtung zwischen der Anschlussstelle (AS) Hamburg-Stillhorn und dem Autobahnkreuz (AK) Hamburg-Süd der Standstreifen zu Gunsten eines vierten Fahrstreifens auf einer Länge von 1,7 km permanent umgewidmet. Die Fahrstreifenbreiten wurden von 3 x 3,75 m auf 4 x 3,50 m verschmälert, wobei der Wegfall des Standstreifens mit einer Nothaltebucht kompensiert (vgl. Abb. 5) und die zulässige Geschwindigkeit auf 100 km/h begrenzt wurde. Durch die Umwidmung liess sich die Kapazität im entsprechenden Abschnitt auf Grund der dominierenden Fahrbeziehungen im anschliessenden Verzweigungsbereich nur um ca. 10% steigern.



Abb. 5: Permanente Umwidmung des Standstreifens auf der A1 in Fahrtrichtung Norden zwischen AS HH-Stillhorn und AK HH-Süd

Kaum Auswirkungen hatte die Umwidmung daher auf das Q-V-Diagramm und die Geschwindigkeitsverteilung auf Grund der besonderen Lage des Abschnitts vor dem AK Hamburg-Süd, da der umgewidmete Standstreifen eher den Charakter eines zusätzlichen Verflechtungsstreifens hat (vgl. Abb. 6) [31].

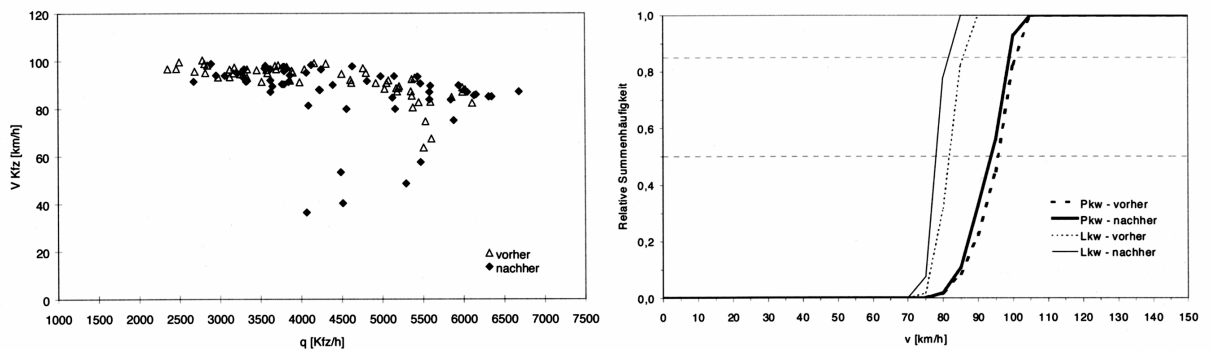


Abb. 6: Q-V-Diagramm und Geschwindigkeitsverteilung auf der A1 vor und nach der Umwidmung [31]

5 Monate nach Inbetriebnahme der Massnahme wurde ein Vorher/Nachher-Vergleich bzgl. Unfallgeschehen durchgeführt [31]. Dabei zeigte sich ein leichter, jedoch nicht signifikanter Anstieg in der Unfallhäufigkeit. Bei der Unfallschwere wurden hingegen keine negativen Tendenzen festgestellt. Bei den Unfalltypen fand aber eine Verlagerung von den staubedingten Auffahrunfällen zu den Fahrstreifenwechselunfällen statt. Dafür verantwortlich war hauptsächlich die Verbesserung des Verkehrsablaufs in Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen (DTV von 130'000 Mfz/Tag, LW-Anteil 17%). Im Berufspendlerverkehr stellt die Hamburger Innenstadt für den Grossteil der Verkehrsteilnehmer das Fahrtziel dar, welches im AK HH-Süd nur über die beiden linken Fahrstreifen erreichbar ist. Durch die Bereitstellung eines vierten Fahrstreifens auf der rechten Fahrbahnseite erhöhte sich dementsprechend die Anzahl der Fahrstreifenwechsel erheblich. Insgesamt wurde die Umbaumasnahme bzgl. der Verkehrssicherheit jedoch als neutral bewertet.

- **Bundesautobahn (BAB) A4 bei Köln**

Östlich von Köln mündet die BAB A4 in den Kölner Autobahnring ein. Unmittelbar vor dem AK Köln-Ost liegen die Anschlussstellen Refrath und Köln-Merheim. Auf diesem Abschnitt betrug der DTV 1995 rund 90'000 Mfz. Auf Grund der hohen Einfahrtsbelastung in der AS Refrath von über 900 Mfz während der Morgenspitze kam es in diesem Bereich regelmässig zu Verkehrszusammenbrüchen [30]. Aus diesem Grund wurde 1997 auf diesem Abschnitt erstmalig in Deutschland eine festzeitgesteuerte temporäre Umwidmung des Standstreifens realisiert, wobei die Einfahrt Refrath als dritter Fahrstreifen additiv in den Standstreifen übergeführt wird.



Abb. 7: Temporäre (festzeitgesteuerte) Umwidmung des Standstreifens auf der A4 in Fahrtrichtung Köln zwischen AS Refrath und AS Köln-Merheim

Zu diesem Zweck wurde vorgängig im Zuge einer notwendigen Sanierung die Tragfähigkeit des Standstreifens erhöht. Anschliessend wurde der Fahrbahnquerschnitt von 2 x 3,75 m plus 2,50 m Standstreifen auf 2 x 3,50 m plus 3,50 m Standstreifen ummarkiert (vgl. Abb. 8) und innerhalb der Strecke eine Nothaltebucht mit einer Länge von 280 m angelegt. Gleichzeitig wurde eine zulässige Geschwindigkeit von 100 km/h statisch permanent signalisiert, welche damit auch ausserhalb der Freigabezeit des Standstreifens gilt.

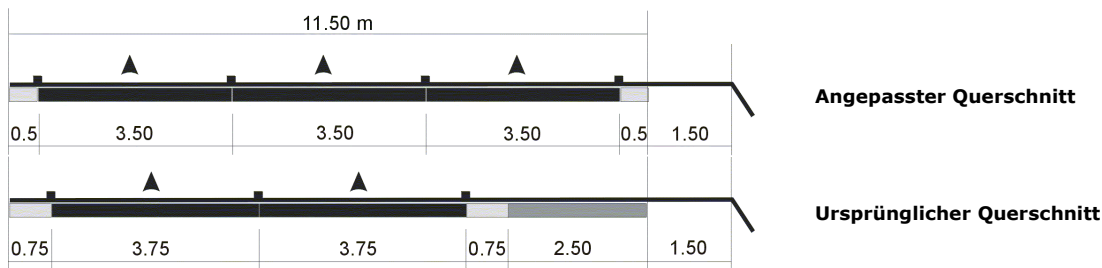


Abb. 8: Querschnittsaufteilung der A4 vor und nach der Umwidmung

Die temporäre Freigabe des Standstreifens auf diesem 1,6 km langen Abschnitt erfolgt jeweils während der morgendlichen Hauptverkehrszeit zwischen 6 und 9 Uhr. Die Anzeige zur Benutzung des Standstreifens erfolgt mit seitlich angeordneten Prismenwendern (vgl. Abb. 7), welche von der VLZ Köln ferngesteuert werden können. Vor jeder Freigabe wird die Verfügbarkeit des Standstreifens mittels 17 Videokameras im Abstand von jeweils 120 m durch einen Operateur überprüft. Zusätzlich werden Radardetektoren zur fahrfstreifenweisen Ermittlung der Geschwindigkeiten und Verkehrsstärken eingesetzt und Schalteempfehlungen generiert.

Die Leistungsfähigkeit konnte im betreffenden Abschnitt durch die Umwidmung von ca. 4'300 Mfz/h auf ca. 5'200 Mfz/h erhöht werden, was einer Kapazitätssteigerung von 20% entspricht. Dabei stiegen die Geschwindigkeiten der Personenwagen im Mittel um 20 km/h, die der Lastwagen um 14 km/h (LW-Anteil ca. 10%). Insgesamt konnte ein homogenerer Verkehrsablauf festgestellt werden, was sich im steileren Verlauf der Geschwindigkeitsverteilung widerspiegelt (vgl. Abb. 9). Ebenso eindrücklich war die Reduktion Stauhäufigkeit an stromaufwärts liegenden Anschlüssen um bis zu 70%.

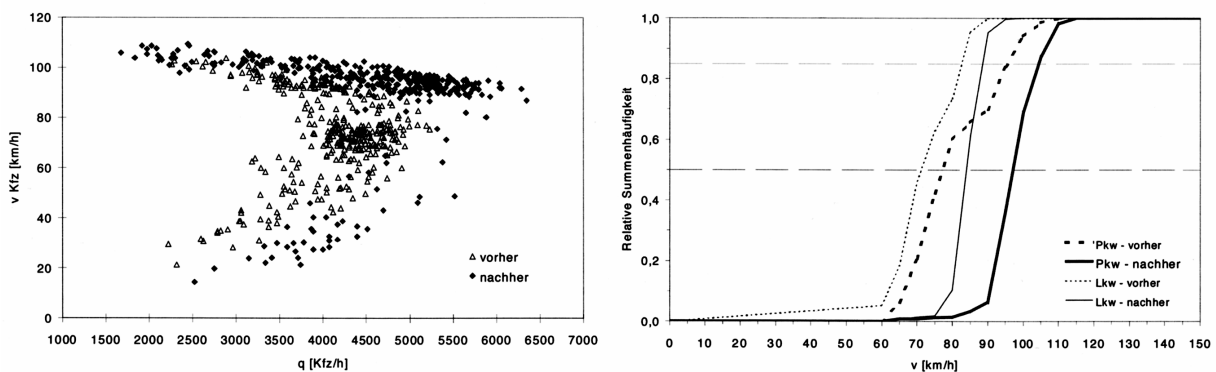


Abb. 9: Q-V-Diagramm und Geschwindigkeitsverteilung auf der A4 vor und nach der Umwidmung [31]

Die Auswirkungen der Umwidmungsmassnahme auf das Unfallgeschehen wurden in einem Vorher/Nachher-Vergleich für einen 17-monatigen Untersuchungszeitraum analysiert [31]. Es zeigte sich, dass sich die Unfallzahlen trotz gesteigerter Fahrleistung während der Freigabezeit positiv entwickelt haben. Diese Tendenz konnte bei der Betrachtung des gesamten Tages jedoch nicht bestätigt werden. Auch hinsichtlich der Unfallschwere zeigte die Umwidmung des Standstreifens positive Auswirkungen. Im entsprechenden Nachher-Zeitraum ereignete sich während der Freigabezeit kein Unfall mit Personenschaden. Bei den Unfalltypen wurde (wie schon auf der A1) eine Verlagerung von staubedingten Auffahrunfällen zu Fahrfstreifenwechselunfällen festgestellt. Dies

betrifft vorwiegend Unfälle, bei welchen auf den Standstreifen wechselnde Lastwagen mit dort fahrenden Personenwagen kollidierten.

In einer neueren Fortschreibung der Unfallauswertung bis ins Jahr 2001 (vgl. [32]) zeigte sich wieder eine leichte Zunahme der Unfallhäufigkeit, da der anfängliche Kapazitätswachstum durch Mehrverkehr mittlerweile aufgezehrt wurde und die Stauerscheinungen sowie die staubedingten Auffahrunfälle wieder zunahmten. Dabei konnten aber Auffahrunfälle auf stehengebliebene Fahrzeuge auf dem Standstreifen während der Freigabezeit ebenso wenig beobachtet werden, wie Unfälle, die mit einer Fehlnutzung des Standstreifens ausserhalb der Freigabezeit in Zusammenhang gebracht werden konnten. Die Häufigkeit der Fehlnutzung des Standstreifens ist seit Beginn der Umwidmung kontinuierlich zurückgegangen und lag im Jahr 2002 durchschnittlich bei zwei bis drei Fahrzeugen innerhalb einer an die Freigabezeit angrenzenden Stunde.

- **Bundesautobahn (BAB) A6 zwischen AK Walldorf bis AK Weinsberg**

Auf diesem 54 km langen und hoch belasteten Abschnitt der A6 (DTV von 100'000 Mfz/Tag, LW-Anteil ca. 20%) zwischen den Autobahnkreuzen Walldorf und Weinsheim wurde 1996 bzw. 1997 der Standstreifen auf drei längeren Abschnitten zu Gunsten eines dritten Fahrstreifens permanent umgewidmet. Dieser Bereich war vor Durchführung der Massnahmen in beiden Richtungen überwiegend zweistreifig ausgebaut. In Fahrtrichtung Weinsberg schloss sich an das AK Walldorf ein 1,4 km langer dreistreifiger Bereich an, im weiteren Verlauf folgten zwei Aufweitungen auf drei Fahrstreifen von jeweils 6 km Länge. Die Ummarkierung war als Übergangslösung gedacht, bis zum durchgängig dreistreifigen Ausbau dieser Strecke in den Jahren 2004/5 bzw. 2007.

Der Abschnitt Walldorf wies eine Länge von 5,5 km auf und lag in Fahrtrichtung Weinsberg genau zwischen zwei dreistreifigen Bereichen. 1996 wurde der Fahrbahnquerschnitt von 2 x 3,75 m plus Standstreifen gemäss Abb. 10 ummarkiert. Durch eine zusätzliche Befestigung des angrenzenden Banketts konnte ein teilweise bis zu 2,85 m breiter Nothaltestreifen geschaffen werden. Bereits vor der Umwidmung bestand ein LW-Überholverbot zwischen 6-19 Uhr. Zusätzlich wurde die Geschwindigkeit auf 120 km/h begrenzt. Mit dieser Massnahme konnte der vorhandene Kapazitätsengpass vollständig beseitigt werden. 2004/5 wurde dieser Abschnitt endgültig auf drei Fahrstreifen ausgebaut.

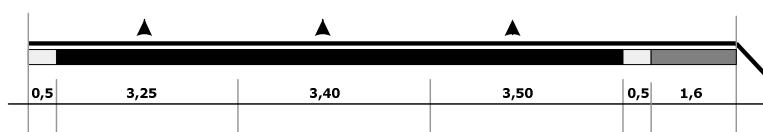


Abb. 10: Querschnittsaufteilung der A6 nach der Standstreifenumwidmung

Ähnlich verhielt es sich mit dem zweiten umgewidmeten Abschnitt Neckarsulm auf der A6. Auch dieser ca. 21 km lange Abschnitt lag zwischen zwei dreistreifigen Abschnitten. Auf den ersten rund 12 km wurde der Querschnitt gemäss Abb. 10 ummarkiert, auf den folgenden 9 km musste auf Grund baulicher Gegebenheiten auf ein Nothaltestreifen verzichtet werden. Dafür wurden insgesamt sechs Nothaltebuchten erstellt. Zwischen 6-19 Uhr wurde ein LW-Überholverbot erlassen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wurde auf 120 km/h im Bereich mit Nothaltestreifen bzw. auf 100 km/h im Bereich mit den Nothaltebuchten begrenzt.

Der dritte Abschnitt Weinsberg liegt in entgegen gesetzter Fahrtrichtung im Nachlauf des AK Weinsberg. Auf diesem ca. 8 km langen Abschnitt konnte durch Umwidmung des Standstreifens

im Bereich der Einfahrt ein vierstreifiger Abschnitt geschaffen werden, womit die Zusammenführung der A81 mit der A6 zu Beginn ohne Fahrstreifenabbau erfolgen konnte und die Fahrstreifen-subtraktion von vier auf drei Fahrstreifen weiter stromabwärts verlegt wurde. Ab diesem Bereich wurde der Querschnitt gemäss Abb. 10 ummarkiert. Je nach verfügbarer Fläche konnten vier Nothaltestreifen mit Längen zwischen 245 und 580 m sowie drei Nothaltebuchten mit Längen zwischen 60 und 125 m eingerichtet werden. Bereits vor der Umwidmung bestand ein LW-Überholverbot zwischen 6-19 Uhr sowie eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h.

Die Leistungsfähigkeit auf den drei umgewidmeten Abschnitten konnte nur unwesentlich gesteigert werden. Grund dafür dürften die hohen Lastwagenanteile von über 20% in Zusammenhang mit der hügeligen Linienführung sein. Jedoch ist z.B. aus dem Q-V-Diagramm für den Abschnitt Weinsberg ersichtlich (vgl. Abb. 11), dass nach der Umwidmung ein deutlicher Rückgang bei den instabilen Verkehrszuständen zu beobachten war. Diese Feststellung traf auch für die beiden übrigen Abschnitte zu.

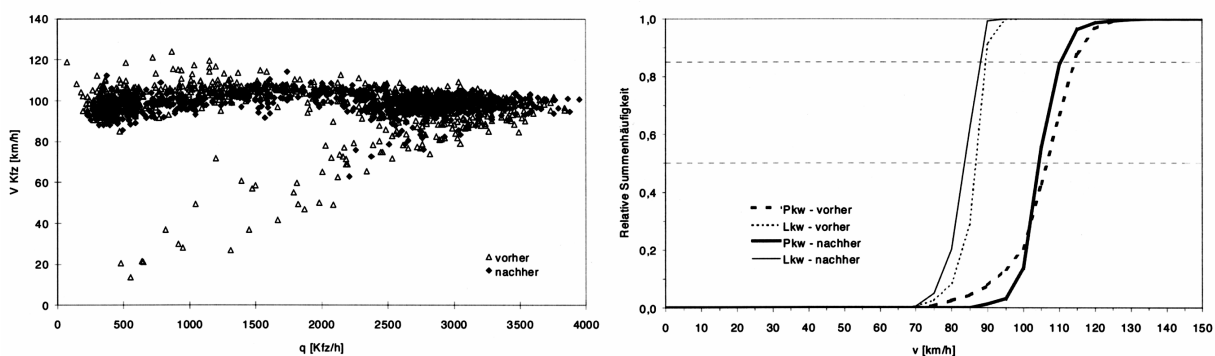


Abb. 11: Q-V-Diagramm und Geschwindigkeitsverteilung auf der A6 (Abschnitt Weinsberg) vor und nach der Umwidmung [31]

Bei den Geschwindigkeitsverteilungen zeigte sich auf den umgewidmeten Abschnitten der A6 jedoch ein uneinheitliches Bild. Während auf dem Abschnitt Neckarsulm die Geschwindigkeiten der PW im Mittel um 6 km/h und diejenigen der LW im Mittel um knapp 2 km/h anstiegen, erfolgte auf dem Abschnitt Weinsberg nach der Umwidmung ein leichter Rückgang bei den Geschwindigkeiten (vgl. Abb. 11). Verantwortlich dafür dürften die im Vergleich zu den beiden anderen Abschnitten höhere Gesamtbelastung sowie die Lage des Abschnitts unmittelbar im Anschluss an eine Verzweigung sein. Insgesamt konnte aber auf allen Abschnitten eine Harmonisierung des Verkehrsablaufs festgestellt werden, was sich durch den steileren Verlauf der Verteilungsfunktionen äusserte. Bemerkenswert war die Reduktion der Stauhäufigkeit an stromaufwärts vom Abschnitt Neckarsulm liegenden Anschlüssen um bis zu 78%.

Die Auswirkungen der Umwidmungsmassnahmen auf das Unfallgeschehen wurden für den Abschnitt Walldorf in einem Vorher/Nachher-Vergleich für einen 18-monatigen Untersuchungszeitraum analysiert [31]. Dabei konnte ein Rückgang der Unfallzahlen sowie eine Reduzierung der Unfallschwere beobachtet werden. Dieser Trend setzte sich weiter fort, wie einer neueren Fortschreibung der Unfallauswertung bis ins Jahr 2001 zu entnehmen ist [32]. Hingegen liessen sich bei den Unfalltypen keine wesentlichen Veränderungen erkennen, die Zahl der staubedingten Auffahrunfälle war bereits vor der Umwidmung auf tiefem Niveau. Der Wegfall der Fahrstreifenreduktion am Ende des ungenutzten Abschnitts war Hauptgrund für die Verbesserung der Verkehrssicherheit, da mit der Umwidmung ein vorheriger Unfallschwerpunkt beseitigt werden konnte.

Auch für den Abschnitt Neckarsulm wurden die Auswirkungen auf das Unfallgeschehen in einem Vorher/Nachher-Vergleich für einen 18-monatigen Untersuchungszeitraum untersucht [31]. Hier konnte ebenfalls ein signifikanter Rückgang der Unfallzahlen sowie eine Reduzierung der Unfallschwere festgestellt werden. Bei den Unfalltypen war eine deutliche Abnahme der staubedingten Auffahrunfälle zu verzeichnen, ohne dass eine Zunahme bei den Fahrstreifenwechselunfällen beobachtet werden konnte. Dieser positive Trend setzte sich weiter fort, wie einer der Fortschreibung der Unfallauswertung bis ins Jahr 2001 zu entnehmen ist [32].

Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Abschnitten musste für den Abschnitt Weinsberg ein eindeutig negativer Trend festgestellt werden. Zwar war der Untersuchungszeitraum mit nur 5 Monaten äusserst kurz, dennoch nahmen sowohl die Unfallschwere als auch die Unfallhäufigkeit nach der Umwidmung deutlich zu. Da sich auffällig viele Unfälle mit Beteiligung von Lastwagen ereigneten, wurde im Jahr 2000 (zuerst probeweise) das Lastwagenüberholverbot aufgehoben, um zu verhindern, dass die Lastwagen auf der Hauptfahrbahn schon im unmittelbaren Anschluss an die Fahrstreifenaddition in der Einfahrt auf den dann neuen rechten Fahrstreifen wechseln müssen. Mit dieser Regelung konnte in diesem Bereich bereits nach nur 6 Monaten die Zahl der LW-Unfälle um über die Hälfte reduziert werden. In einer aktuellen Fortschreibung der Unfallauswertung bis ins Jahr 2001 zeigte sich, dass der negative Trend u.a. dank dieser Massnahme gestoppt und sogar umgekehrt werden konnte. Im letzten Untersuchungsjahr lagen sowohl Unfallhäufigkeit als auch Unfallschwere in etwa wieder auf dem Niveau vor der Umwidmung.

- **Bundesautobahn (BAB) A7 zwischen AD Hamburg-Nordwest und AD Bordesholm**

Auf der A7 in Schleswig-Holstein wurden im Bereich zwischen der Landesgrenze Hamburg-Schleswig-Holstein und dem AD Bordesholm in Fahrtrichtung Flensburg auf zwei Abschnitten temporäre Standstreifenfreigaben realisiert (zuerst festzeitgesteuert von 6-20 Uhr, später verkehrabhängig nach vorheriger visueller Kontrolle des Standstreifens mit Hilfe von Videokameras). Der erste Abschnitt Quickborn wurde 2002 auf einer Länge von 10 km umgewidmet, beginnend auf der freien Strecke und endend als Fahrstreifenabstraktion bei der AS Quickborn. Durch Ummarkierungen wurden Fahrstreifenbreiten von 2 x 3,50 m und eine Standstreifenbreite von ebenfalls 3,50 m geschaffen. Ziel dieser Massnahme war die Reduzierung der Stauerscheinungen an Wochenenden mit hohem Ferientraffic. 2004 wurde die temporäre Standstreifenfreigabe über die AS Quickborn um weitere 12 km bis zur AS Kaltenkirchen verlängert (Abschnitt Kaltenkirchen).

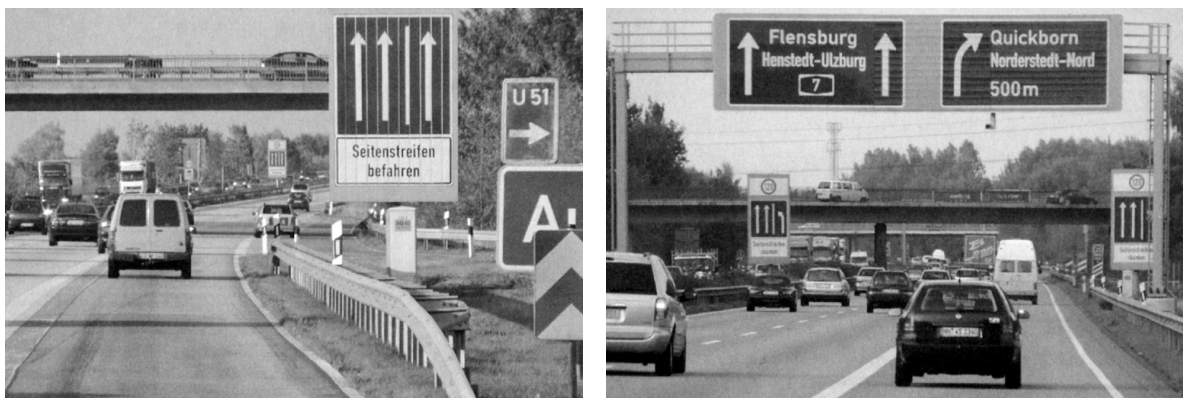


Abb. 12: Temporäre Freigabe und Wechselwegweisung zur Unterstützung der Freigabe auf der A7 [32]

Die Freigabe des Standstreifens erfolgt mit Prismenwendern im Seitenraum und Mittelstreifen, welche neben der Anzeige der Fahrstreifen auch die Anzeige der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

ermöglichen. Zusätzlich wurde in den Anschlussbereichen Wechselwegweisungen zur Unterstützung der Freigabe ergänzt (vgl. Abb. 12). Beide Teilabschnitte können getrennt von einander geschaltet werden. Bei einer Freigabe wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 120 km/h reduziert. An den Standorten der Notrufsäulen wurden zusätzlich Nothaltebuchten errichtet.

Parallel zum Abschnitt Quickborn wurde 2002 auch der zweite Abschnitt Neumünster auf der A7 auf einer Länge von 15 km mit einer temporären Standstreifenfreigabe ausgerüstet. Dieser Abschnitt beginnt als Fahrstreifenaddition in der AS Neumünster-Süd und endet als Fahrstreifen-subtraktion am AD Bordesholm. Auf Grund kurzer Anschlussabstände zeichnet sich dieser Abschnitt durch hohe Verflechtungsvorgänge aus. Mittels Ummarkierungen wurden Fahrstreifenbreiten von 2 x 3,50 m plus Standstreifen von 3,50 m geschaffen und die zulässige Höchstgeschwindigkeit generell auf 120 km/h limitiert. An den Standorten der Notrufsäulen wurden ebenfalls Nothaltebuchten errichtet.

Auf beiden Abschnitten liegen die Verkehrsbelastungen zwischen 30'000 (Abschnitt Neumünster) und 35'000 (Abschnitt Quickborn) Fahrzeugen pro Richtung und Tag, bei LW-Anteilen zwischen 10 und 15% Prozent. Untersuchungen über die Auswirkungen bzgl. Leistungsfähigkeit liegen jedoch nicht vor.

Die Auswirkungen der Umwidnungsmassnahmen auf das Unfallgeschehen wurden für beide Abschnitte in einem Vorher/Nachher-Vergleich für einen 5-jährigen Untersuchungszeitraum (2001 und 2002 Vorher, 2003 bis 2005 Nachher) analysiert [31]. Für den Teilabschnitt Quickborn konnte ein leichter Anstieg der Unfallraten mit Personenschäden festgestellt werden, während die Unfallraten mit Sachschäden im Vergleich zum Vorher-Zeitraum zurück gingen. Bei den Unfalltypen zeigten sich ein deutlicher Rückgang der Auffahrunfälle ohne Stau und ein leichter Anstieg der Auffahrunfälle mit Stau. Zudem wurde ein Anstieg bei den Fahrstreifenwechselunfällen festgestellt. Hingegen zeigte der erst 2004 in Betrieb genommene Teilabschnitt Kaltenkirchen keine Auffälligkeiten im Unfallgeschehen, sowohl bei den Unfallraten als auch bei den Unfalltypen. Hier wirkte sich die Massnahme neutral auf die Verkehrssicherheit aus. Anzumerken ist, dass beide Teilabschnitte bereits vor der Umwidmung eine überdurchschnittlich hohe Verkehrssicherheit aufwiesen, und die berechneten Unfallraten im Nachher-Zeitraum weit unter den Durchschnittswerten liegen.

Für den Abschnitt Neumünster zeigt sich ein ähnliches Bild wie für den Teilabschnitt Quickborn. Auch hier konnte ein leichter Rückgang der Unfallraten mit Sachschaden beobachtet werden, während die Unfallraten mit Personenschäden leicht anstiegen. Auffällig ist auch, dass die staubedingten Auffahrunfälle in den letzten beiden Jahren des Untersuchungszeitraums stark zugenommen haben. Ursächlich dafür dürften die zahlreichen Anschlussstellen auf diesem Abschnitt sein, wo eine Häufung von Unfällen auf den Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen auftrat, in Kombination mit Unfällen nach Fahrstreifenwechseln nach links. Insgesamt liegen die Unfallraten über dem Durchschnitt, eine Verbesserung der Verkehrssicherheit konnte mit der Umwidmung nicht erzielt werden.

- **Bundesautobahn (BAB) A94 im Grossraum München**

Die temporäre Standstreifenfreigabe befindet sich zwischen den benachbarten Anschlussstellen Feldkirchen-Ost und Feldkirchen-West mit einer Länge von ca. 2,5 km und ist seit Herbst 1999 in Betrieb. Der ursprüngliche Querschnitt wies Fahrstreifenbreiten von 2 x 3,75 m und eine Standstreifenbreite von 2,70 m auf. Durch Ummarkierung wurden Breiten von 2 x 3,50 m und 3,20 m (Standstreifen) geschaffen. Zusätzlich wurden Nothaltebuchten angelegt. Die Freigabe erfolgt in

der Regel werktags zwischen 7 und 9 Uhr oder bei Bedarf bei erhöhtem Verkehrsaufkommen. Die Verfügbarkeit des Standstreifens wird bei guten Sichtverhältnissen mittels 3 Videokameras überprüft. Nachts oder bei Schneefall und Nebel ist eine Kontrollfahrt durch die Polizei erforderlich. Die Anzeigen zur Standstreifenfreigabe sind in eine Streckenbeeinflussungsanlage integriert, welche bei einer Freigabe die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 100 oder 80 km/h begrenzt und ein LW-Überholverbot signalisiert. Bereits in der Einfahrt Feldkirchen Ost, welche bei einer Freigabe additiv in den Standstreifen übergeführt wird, wird mit einem Prismenwender zur Benutzung des Standstreifens hingewiesen (vgl. Abb. 13, links). Anschliessend erfolgt am Ende des Beschleunigungsstreifens an einem Kragarm die Anzeige mit einem FLS zur weiteren Benutzung des Standstreifens, unterstützt von einem Prismenwender (vgl. Abb. 13, Mitte). Im weiteren Verlauf wird die Anzeige mit FLS an den insgesamt vier bereits im Rahmen der SBA bestehenden Querschnitten in Abständen von ca. 500 m wiederholt (vgl. Abb. 13, rechts). Am Ende des Abschnitts mündet der Standstreifen in den Verzögerungsstreifen der Ausfahrt Feldkirchen-West.

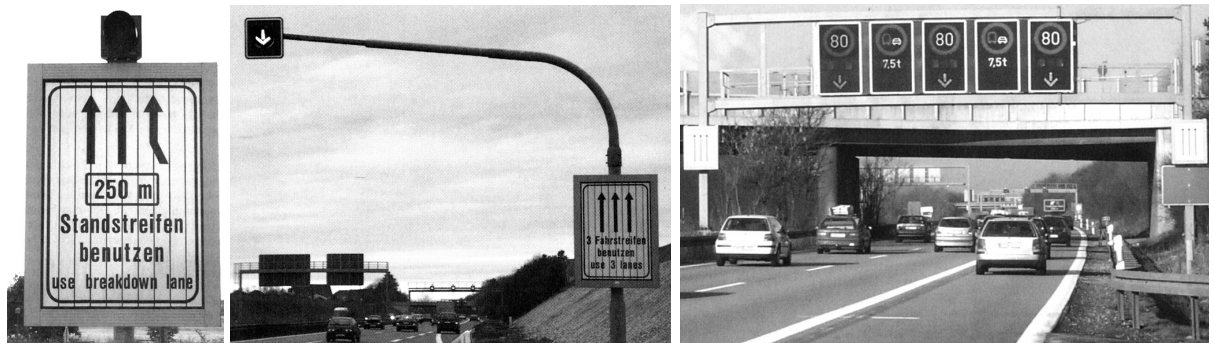


Abb. 13: Anzeigen zur temporären Benutzung des Standstreifens auf der A94 als Prismenwender in der Einfahrt (links), mit FLS und Prismenwender zu Beginn des Standstreifens (Mitte) und mit FLS im Querschnitt der Streckenbeeinflussungsanlage (rechts) [31]

Mit der Umwidmung konnte die Stauhäufigkeit eindrücklich reduziert und die bis dahin regelmäßigen Rückstauerscheinungen bis zum AK München-Ost beinahe vollständig eliminiert werden [31]. Detaillierte Angaben zum Verkehrsablauf und zur Leistungsfähigkeit liegen jedoch nicht vor. Bezüglich Verkehrssicherheit wurden innerhalb der ersten zwei Jahre nach Inbetriebnahme keine Auffälligkeiten im Unfallgeschehen festgestellt [31].

- **Bundesautobahn (BAB) A99, Münchner Ring**

Seit März 2001 wird auf dem Münchner Ring (BAB A99) zwischen AK München-Ost und AK München Nord in Fahrtrichtung Salzburg der Standstreifen während der Hauptverkehrszeiten auf einer Länge von ca. 10,5 km als vierter Fahrstreifen temporär freigegeben. Dieser Abschnitt ist in drei Teilabschnitte unterteilt (jeweils von Einfahrt zu Ausfahrt bzw. Verzweigung), welche auch einzeln geschaltet werden können. Der ursprüngliche Querschnitt wies Fahrstreifenbreiten von 3 x 3,75 m und eine Standstreifenbreite von 2,70 m auf. Durch Ummarkierung wurden inkl. Standstreifen vier Fahrstreifen mit einer Breite von je 3,50 m geschaffen. Für Nothalte wurden Haltebuchten in Abständen von 500 m angebaut. Wie auf der A94 ist die Freigabe des Standstreifens auf der A99 ebenfalls in eine SBA integriert, mit dem Unterschied, dass bei der Freigabe in den Portalquerschnitten in Abständen von 500 bis 800 m lediglich über dem Standstreifen ein grüner Pfeil (FLS) angezeigt wird (vgl. Abb. 14, links). Zudem erfolgt in den Einfahrten kein Hinweis, der zur allfälligen Benutzung des Standstreifens auffordert. Die Aufforderung zur Benutzung des Standstreifens wird erst am Ende des Beschleunigungsstreifens mittels FLS (grüner Pfeil) und seitlichem Prismenwender angezeigt (vgl. Abb. 14, rechts). Der gesamte Abschnitt ist durch 12 zoom-, schwenk- und

neigbare Videokameras in Abständen von ca. 800 m einsehbar, welche vor jeder Freigabe eine lückenlose Überprüfung der Verfügbarkeit ermöglichen. Aus Sicherheitsgründen wird der Standstreifen nur in Kombination mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h und einem LW-Überholverbot freigegeben.



Abb. 14: Anzeigen zur temporären Benutzung des Standstreifens auf der A99 im Querschnitt der Streckenbeeinflussungsanlage (links) und mit FLS und Prismenwender im Bereich einer Anschlussstelle (rechts) [17]

Da es sich bei der A99 um eine dreistreifige BAB handelt, die bei der Standstreifenfreigabe um einen vierten Fahrstreifen erweitert wird, konnte die Anzeige zur Standstreifenfreigabe nicht ausschliesslich durch seitliche Prismenwender erfolgen, da diese beim Fahrzeuglenker zu wenig Aufmerksamkeit erzeugen und oftmals durch Lastwagen verdeckt werden. Weiter zeigte sich nach Inbetriebnahme der Standstreifenfreigabe, dass beim Regelbetrieb des Standstreifens einzelne Verkehrsteilnehmer den Standstreifen auch benutzten, wenn dieser nicht freigegeben war. Daher wurde beschlossen, die Standstreifen-sperre auch optisch zu unterstreichen, indem bei gesperrtem Standstreifen rote Kreuze angezeigt werden (vgl. Abb. 15, rechts).

Auf dem gesamten Abschnitt beträgt der DTV ca. 116'000 Mfz/Tag bei LW-Anteilen zwischen 10 bis 15%, an Spitzentagen liegt die Verkehrsbelastung bei über 160'000 Mfz. Mit der temporären Freigabe konnte die Kapazität auf diesem Abschnitt während der Spitzenstunden von 5'500 Mfz/h auf 7'000 Mfz/h gesteigert werden, was einem Leistungszuwachs von ca. 27% entspricht.

In Bezug auf die Verkehrssicherheit kann die Standstreifenfreigabe auf der A99 als neutral bewertet werden [31].

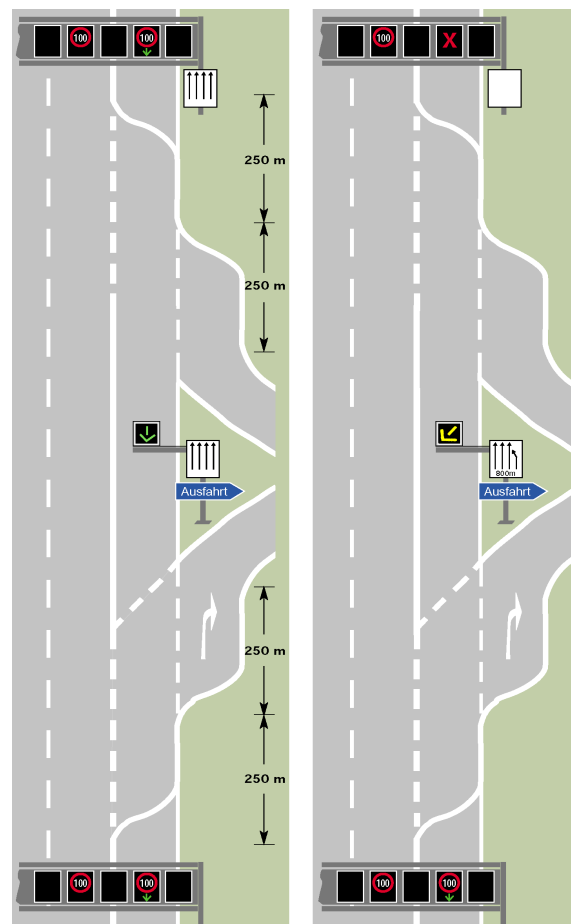


Abb. 15: Schematische Darstellung einer durchgehenden Freigabe (links) und dem Ende einer Freigabe (rechts) im Anschlussbereich [17]

2.6.3 Erkenntnisse zur Verkehrssicherheit

Im vorherigen Abschnitt wurden ausgewählte Beispiele von temporären und permanenten Standstreifenumwidmungen aus Deutschland dargestellt. In diversen wissenschaftlichen Untersuchungen wurden die Auswirkungen von abschnittswisen Umwidmungsmassnahmen auf die Verkehrssicherheit analysiert. Auf die fallweisen Erkenntnisse zum Unfallgeschehen wurde bereits bei den Beispielen hingewiesen. Daneben wurden in den im Auftrag des ASTRA durchgeführten Studien zur Standstreifenbewirtschaftung ([40], [41]) weitere Erkenntnisse zur Verkehrssicherheit gewonnen. Aus diesen Untersuchungen lassen sich nachstehende Folgerungen über die Auswirkungen einer abschnittswisen Standstreifenumwidmung auf die Verkehrssicherheit festhalten:

- Anhand der untersuchten Fallbeispiele konnte in den meisten Fällen eine neutrale bis positive Wirkung der Umwidmungsmassnahme auf die Verkehrssicherheit festgestellt werden. Sowohl Unfallraten als auch Unfallschwere blieben auf den umgewidmeten Abschnitten im Vergleich zur ursprünglichen Situation mit Standstreifen entweder unverändert oder nahmen sogar ab. Die wenigen negativen Entwicklungen können auf lokale Gegebenheiten und besondere Rahmenbedingungen zurückgeführt werden. Dies betrifft z.B. die A4 bei Köln, wo der anfängliche Sicherheitsgewinn durch eine Zunahme der Verkehrsbelastungen und damit der staubedingten Unfälle wieder aufgezehrt wurde, oder auf der A6 im Abschnitt Weinsberg, wo eine Häufung der Unfälle mit Lastwagen beobachtet wurde, welche auf Grund des LW-Überholverbots auf den „neuen“ rechten Fahrstreifen wechselten und dort mit einfahrenden Fahrzeugen kollidierten.
- Bei den Unfalltypen findet tendenziell eine Verlagerung von den staubedingten Auffahrunfällen zu den Unfällen im Längsverkehr, den Fahrstreifenwechselunfällen statt. Dabei ist das Ausmass direkt abhängig von den dominierenden Fahrbeziehungen zwischen einer Einfahrt und einer darauffolgenden Ausfahrt oder Verzweigung. Dies zeigte sich besonders deutlich am Beispiel der A1 bei Hamburg. Auch LW-Überholverbote, die im Rahmen einer Standstreifenumwidmung erlassen werden, können unter gewissen Umständen zu einer Zunahme bei den Fahrstreifenwechselunfällen führen, wie das Beispiel der A6 bei Weinsberg gezeigt hat.
- Auffahrunfälle auf stehen gebliebene Pannenfahrzeuge auf dem rechten Fahrstreifen bei fehlendem Standstreifen sind sehr seltene Ereignisse und erhöhen die Unfall- bzw. Verunfalltenraten kaum. Dieses Risiko kann durch die Anlage von Nothaltebuchten oder Nothaltestreifen noch verringert werden.
- Eine temporäre Umnutzung des Standstreifens weist gegenüber einer permanenten Umwidmung den Vorteil auf, dass der Standstreifen ausserhalb der Freigabezeit seine ursprünglichen Sicherheitsfunktionen beibehält. Somit kann die Wahrscheinlichkeit von Pannenfahrzeugen auf der Fahrbahn und das Risiko von Auffahrunfällen weiter reduziert werden. Zudem nimmt die Zahl der Fahrstreifenwechsel ausserhalb der Freigabezeit ebenfalls ab.
- Eine temporäre Umwidmung birgt jedoch die Gefahr, dass der Standstreifen auch ausserhalb der Freigabezeit befahren wird. Dies stellt z.B. für die Unterhaltsdienste ein erhöhtes Sicherheitsrisiko dar. Am Beispiel der A99 bei München konnte die Häufigkeit der Fehlbenutzungen mit signalisierungstechnischen Massnahmen jedoch massgeblich reduziert werden.
- Bei einer verkehrsabhängigen Freigabe des Standstreifens kann die Vielzahl der zusätzlichen Signalisationsmittel zu einer Überforderung der Verkehrsteilnehmer führen und so die Sicherheit gefährden.

2.6.4 Erkenntnisse zum Verkehrsablauf

Die Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen, sei es permanent oder temporär, wird nur in Betracht gezogen, wenn auf dem betreffenden Abschnitt hohe Verkehrsbelastungen regelmässig zu Verkehrszusammenbrüchen führen. Bei den in Kapitel 2.6.2 geschilderten Fallbeispielen konnten mit der Umwidmung deutliche Verbesserungen des Verkehrsablaufs erzielt werden. Einerseits war anhand von Auswertungen des Fundamentaldiagramms eine Abnahme der instabilen Verkehrszustände feststellbar, welche sich auch in einer Abnahme der Stauhäufigkeit widerspiegelte. Andererseits zeigten Auswertungen von Geschwindigkeitsverteilungen einen steileren Verlauf der Summenkurven und damit eine Homogenisierung des Geschwindigkeitsverhaltens.

Aus weiteren Untersuchungen (z.B. [31], [33]) geht hervor, dass erst bei hohen Verkehrsstärken ein temporär freigegebener Standstreifen von den Verkehrsteilnehmern als vollwertiger zusätzlicher Fahrstreifen angenommen und genutzt wird. Dies mag ein Grund dafür sein, weshalb die beobachteten Zunahmen der Kapazität nur zwischen 10 bis 27% liegen. Theoretisch müsste die Leistungsfähigkeit beim Wechsel von zwei auf drei Fahrstreifen um ca. 40 bis 50% steigen. Dieser Wert kann aber nur bei ausreichenden Fahrstreifenbreiten und einem vollwertig ausgebildeten Standstreifen erreicht werden. In Abb. 16 ist dieser Zusammenhang illustriert. Aus der Abbildung ist auch ersichtlich, dass bei der Umwidmung von zwei Fahrstreifen mit Standstreifen auf drei Fahrstreifen ab Belastungen zwischen 2'700 bis 3'000 Mfz/h Stockungen im Verkehrsablauf noch verhindert werden können. Bei niedrigeren Verkehrsstärken würde ein permanent umgewidmeter Abschnitt auf Grund des Tempolimits zu einer Reisezeiterhöhung führen, obwohl diese Belastungen problemlos über zwei Fahrstreifen abgewickelt werden könnten. Diesem Umstand trägt eine temporäre Freigabe hingegen Rechnung. Bei hohen Belastungen lässt sich eine Leistungssteigerung erzielen, ausserhalb der Freigabezeit entstehen keine Reisezeitverluste. Zudem kann der Standstreifen dann seine ursprünglichen Funktionen beibehalten.

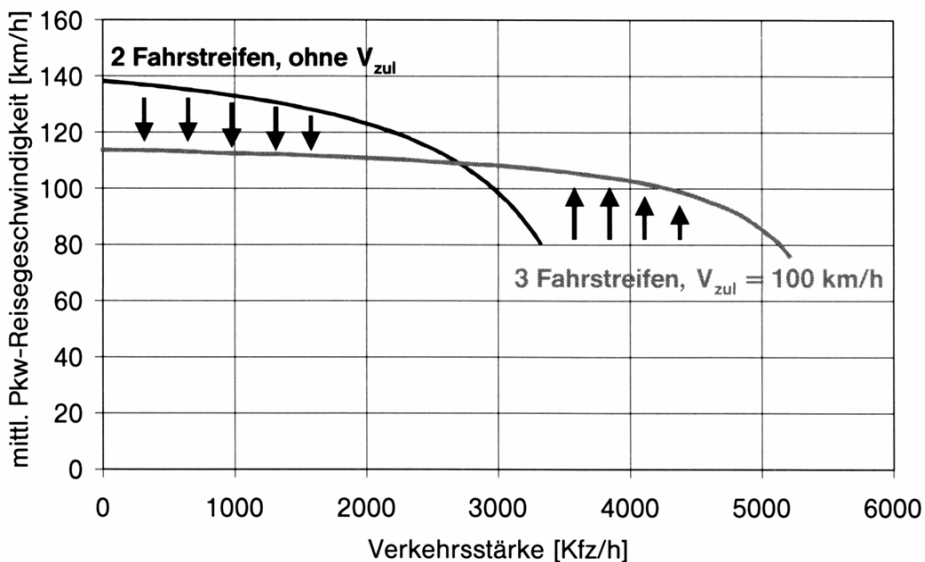


Abb. 16: Theoretische Änderung des Verkehrsablaufs durch die Freigabe des Standstreifens bei einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h (ausserhalb Ballungsraum, $i < 2\%$, LW-Anteil 10-20%) ([33] in Anlehnung an HBS 2001)

Falls der umgewidmete Standstreifen durch ein Pannenfahrzeug blockiert wird, sinkt die Leistungsfähigkeit jedoch unter den Wert vor der Umwidmung. Bei einem dreistreifigen umgewidmeten Querschnitt mit Pannenfahrzeug liegt die Kapazität aufgrund der erforderlichen Fahrstreifenwechsel und Verflechtungsvorgänge anschliessend um ca. 15% tiefer als bei einem durchgehenden zweistreifigen Querschnitt. Allerdings sind diese Ereignisse äusserst selten und können in Anbetracht der positiven Aspekte einer Standstreifenumwidmung wie die Reduktion der Stauhäufigkeit vernachlässigt werden ([41], [40]).

2.6.5 Auswirkungen auf Betrieb und Unterhalt

In Kapitel 2.2 wurde bereits auf die vielfältigen Funktionen des Standstreifens hingewiesen. Neben seinen sicherheitsrelevanten Aufgaben dient er den Betriebs- und Unterhaltsdiensten als wichtiger Stützpunkt für die zu erfüllenden Aufgaben. Dazu zählen der bauliche Unterhalt, die Grünpflege, die Instandhaltung der Strassenausrüstung, die Reinigung und der Winterdienst. Beim Wegfall des Standstreifens zu Gunsten eines zusätzlichen Fahrstreifens müssen diese Arbeiten bei permanenter Umwidmung auf der Fahrbahn erbracht werden. Dabei erhöht sich der Sicherheitsaufwand erheblich, in der Regel ist dazu ein weiteres Arbeitsfahrzeug mit entsprechendem Personal erforderlich [16]. Neben diesen personalbedingten Mehrkosten auf Grund aufwändigerer Sicherungsmassnahmen entstehen ausserdem Mehraufwendungen durch den Unterhalt der umwidmungsbedingten Zusatzausstattung.

Bei einer temporären Umwidmung des Standstreifens steht dieser ausserhalb der Freigabezeit in seiner ursprünglichen Funktion zur Verfügung und die zusätzlichen Sicherungsmassnahmen bei Unterhaltsarbeiten können entfallen. Dies setzt aber voraus, dass die Zeitfenster zwischen den Freigaben genügend gross sind, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Dies ist gemäss deutschen Erkenntnissen ab einer Dauer von 6 Stunden der Fall.

Gemäss einer deutschen Untersuchung [16] beträgt der finanzielle Mehraufwand für die Absicherung von Arbeitsstellen auf Autobahnabschnitten ohne Standstreifen ca. zwischen 1,5 und 8% gegenüber Querschnitten mit Standstreifen. Weitere Mehraufwendungen entstehen auch im Zusammenhang mit dem Unterhalt eines zusätzlichen Fahrstreifens und zusätzlichen Ausrüstungen. Bei einer Querschnittsänderung von zwei Fahrstreifen mit Standstreifen auf drei Fahrstreifen ohne Standstreifen erhöhen sich gemäss [16] die Instandhaltungskosten pro km und Jahr um ca. CHF 4'500.

2.7 Fazit der Grundlagenanalyse

Aus dem Studium der umfangreich vorhandenen Unterlagen und Untersuchungen geht hervor, dass sich mit der Umwidmung von Standstreifen unter Berücksichtigung sämtlicher Randbedingungen die angestrebten Zielsetzungen erreichen lassen. Die Verkehrssicherheit kann durch die Aufhebung von Konfliktstellen verbessert werden, der Verkehrsablauf wird homogener und die Stauhäufigkeit nimmt ab.

Zur Erreichung dieser Ziele müssen Massnahmen ergriffen werden, die teilweise mit sehr hohen Kosten verbunden sind. Dazu zählen je nach Anwendungsfall die bauliche Verstärkung des Standstreifens, die erforderliche Anpassung des Quergefalles, die Ummarkierung des Querschnitts, ergänzende Signalisationsmittel oder die erforderliche Anlage von Nothaltebuchten. Neben diesen Investitionskosten ist auch mit erhöhten Betriebs- und Unterhaltskosten zu rechnen.

3 Anwendungskriterien

3.1 Voraussetzungen

Auf die prinzipiellen Voraussetzungen, unter welchen eine Umwidmung von Standstreifen in Betracht gezogen werden kann, wurde bereits mehrmals hingewiesen. Im Vordergrund stehen die kurzfristige Beseitigung lokaler Kapazitätsengpässe und die Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Autobahnabschnitten oder im Bereich von Anschlüssen und Verzweigungen, die mit anderen Massnahmen nicht in derselben Zeit behoben werden können. Die ASTRA-Richtlinie 1502 „Umnutzung von Standstreifen zu Fahrstreifen“ [21] nennt als erste Voraussetzung einige Beispiele von Verkehrskonflikten in Bezug auf den Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit, die eine Standstreifenumwidmung rechtfertigen:

- Erhöhte Anzahl von Fahrstreifenwechselunfällen im Bereich von Anschlüssen
- Regelmässige Stausituationen und Stockungen, begleitet von Reisezeitverlusten und staubedingten Auffahrunfällen
- Abschnitte mit grossen Steigungen und Lastwagenanteilen, bei welchen bisher auf Zusatzstreifen verzichtet wurde
- Kapazitätsengpässe auf der Hauptfahrbahn im Bereich von Einfahrten, welche dadurch blockiert werden
- Kapazitätsengpässe an Sekundärknoten in Ausfahrten, wo in der Folge ein Rückstau bis auf die Hauptfahrbahn entstehen kann
- Hochbelastete Abschnitte in Verzweigungen mit einer hohen Anzahl von Verflechtungsvorgängen
- Stauraumbedarf im Übergangsbereich zwischen HVS und HLS, z.B. im Zusammenhang mit Massnahmen zur Einfahrts- aber auch Ausfahrtsdosierung.

Eine abschnittsweise Standstreifenumwidmung sollte grundsätzlich nur dort in Erwägung gezogen werden, wo ein späterer Ausbau vorgesehen ist. Andernfalls besteht die Gefahr, dass der anfänglich erzielte Kapazitätsgewinn mittelfristig durch Mehrverkehr wieder aufgezehrt und die Verkehrssicherheit nachteilig beeinträchtigt wird.

Die zweite wesentliche Voraussetzung ist das Vorhandensein einer ausreichenden Fahrbahnbreite über den gesamten Umwidmungsabschnitt. Das Lichtraumprofil darf nicht durch seitliche Hindernisse reduziert werden. In der ASTRA-Richtlinie [21] wird als Voraussetzung für eine Umwidmung eine Mindestbreite des Fahrbahnquerschnitts von 10,00 m angegeben. Dieser Fahrbahnquerschnitt entspricht dem reduzierten ASTRA-Standardprofil einer zweistreifigen Autobahn mit Standstreifen [23]. In Sonderfällen sollen gemäss ASTRA-Richtlinie Standstreifenumwidmungen bis zu einer Fahrbahnbreite von 9,25 m möglich sein, wobei jedoch vertiefte Abklärungen und weitere flankierende Massnahmen erforderlich werden. Auf weitere Einzelheiten in Zusammenhang mit der erforderlichen Fahrbahnbreite und der Neuaufteilung des Querschnitts wird in Kapitel 4.1 näher eingegangen.

3.2 Zeitliche Nutzung

Bei der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen wird zwischen permanenter und temporärer Umwidmung unterschieden (vgl. Kapitel 2.4). Im Normalfall erfolgt die Umwidmung bei den Anwendungsfällen der Gruppe A (Anschlüsse, Verzweigungen und Steigungen) sowie der Gruppe B (zwischen zwei Anschlüssen oder über mehrere Anschlüsse hinweg) permanent. Temporäre abschnittsweise Umwidmungen der Gruppe B sind gemäss [21] beim Vorliegen folgender Sachverhalte zu prüfen:

- Ausgeprägte Überlastung des Abschnitts nur während der Spitzenstunden
- Ausgeprägte Überlastung bei Anlässen (z.B. im Bereich von Messegeländen, Stadien)
- Häufige Durchführung von aufwändigen Unterhalts- und Betriebsarbeiten
- Wenn Nothaltemöglichkeiten erforderlich sind, sich diese aber nicht mit vertretbarem Aufwand realisieren lassen
- Umwidmungsabschnitt länger als ca. 2'000 m (Gewährleistung ausreichender Signalabstände)

3.3 Verkehrsaufkommen und Zusammensetzung

3.3.1 Verkehrsbelastungen

Das deutsche Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) veröffentlichte im August 2002 ein allgemeines Rundschreiben Strassenbau Nr. 20/2002 über die Umnutzung des Standstreifens für den fließenden Verkehr [26]. Dieses Rundschreiben hat Richtliniencharakter und basiert auf den Erkenntnissen der umfangreichen Forschungsarbeiten zu diesem Themenkomplex (vgl. 2.6.1). Darin wird als generelle Voraussetzung für eine abschnittsweise Standstreifenumwidmung (temporär und permanent) für einen vierstreifigen Querschnitt eine durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge von 65'000 Mfz/Tag genannt. Zudem sollte auf dem betreffenden Abschnitt in mindestens 30 Stunden pro Jahr die Verkehrsqualitätsstufe D überschritten sein.

Auch für schweizerische Verhältnisse erscheint es sinnvoll, als Schwellenwert die Überschreitung der Verkehrsqualitätsstufe D heranzuziehen. Die VSS-Norm SN 640 018a „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen“ [1] empfiehlt die Grenze zwischen den Verkehrsqualitätsstufen D und E zu Dimensionierungszwecken für neue und auszubauende Autobahnen in Agglomerationen. Dies entspricht einem Auslastungsgrad von 90% (vgl. Tab. 4). Die Dimensionierungsempfehlung beruht auf der Erkenntnis, dass das Leistungsangebot dann optimal ausgenutzt wird, wenn die Verkehrsstärke Q auf 90% der Leistungsfähigkeit (Stufe E) begrenzt wird und diesen Wert nicht übersteigt.

Qualitätsstufe	Verkehrsqualität	Verkehrfluss	Charakteristische Merkmale	Auslastungsgrad
A	sehr gut	frei	völlige Bewegungsfreiheit, sehr geringer Auslastungsgrad	$X \leq 0,4$
B	gut	nahezu frei	geringfügige Beeinträchtigung der Bewegungsfreiheit, geringer Auslastungsgrad	$X \leq 0,6$
C	zufriedenstellend	teilgebunden bis synchron	eingeschränkte Bewegungsfreiheit, mittlerer Auslastungsgrad	$X \leq 0,8$
D	ausreichend	gebunden bis stockend, aber weitgehend stabil	stark eingeschränkte Bewegungsfreiheit, Konfliktsituationen und gegenseitige Behinderungen, hoher Auslastungsgrad	$X \leq 0,9$
E	mangelhaft	stockend bis gestaut	extrem eingeschränkte Bewegungsfreiheit, ständiger Wechsel zwischen stabilem und instabilem Verkehrsablauf, bereits z. B. geringfügige Verhaltensänderungen können zum Verkehrszusammenbruch (Staubildung und Stillstand) führen, sehr hoher Auslastungsgrad	$X \leq 1,0$
F	völlig ungenügend	gestaut	Verkehrszusammenbruch unvermeidlich, Überlastung (Zufluss ist grösser als Leistungsfähigkeit)	$X > 1,0$

Tab. 4: Verkehrsqualitätsstufen für freie Strecken auf Autobahnen nach SN 640 018a [1]

Überträgt man die Bedingung der Verkehrsqualitätsstufe D auf die schweizerischen Richtwerte der Leistungsfähigkeit (Stufe E) für zwei- und dreistreifige Autobahnen (vgl. [1]), so resultieren daraus die in Tab. 5 dargestellten Schwellenwerte der stündlichen Verkehrsbelastungen, die auf einem Autobahnabschnitt während mindestens 30 Stunden im Jahr überschritten werden sollten, um aus verkehrstechnischer Sicht eine abschnittsweise Umwidmung von Standstreifen zu rechtfertigen. Der massgebende Verkehr der 30. Stunde ($S_{MSV\ 30}$) deckt sich mit dem in der Praxis üblicherweise verwendeten Wert für die Dimensionierung von Verkehrsanlagen und die Beurteilung der Verkehrsqualität von Strassen mit ausgeprägtem Pendlerverkehr (Verkehrsklassen 1 und 2).

		Zulässige Höchstgeschwindigkeit								
		120 km/h			100 km/h			80 km/h		
HLS-Typ	Steigung LW-Anteil	< 2%	2...4%	> 4%	< 2%	2...4%	> 4%	< 2%	2...4%	> 4%
Zweistreifig	≤ 5%	3600	3420	3195	3600	3420	3240	3600	3420	3285
	>5...15%	3420	3150	2835	3420	3240	3015	3420	3330	3105
	>15...25%	3240	2880	2520	3240	3060	2700	3240	3150	2880
Dreistreifig	≤ 5%	5220	4905	4545	5220	5040	4725	5220	5085	4950
	>5...15%	4905	4545	4050	4995	4725	4455	5040	4950	4680
	>15...25%	4590	4140	3600	4860	4500	3870	4950	4770	4095

Tab. 5: Schwellenwerte der stündlichen Verkehrsbelastungen [Mfz/h] auf Verkehrsqualitätsstufe D für zwei- und dreistreifige Autobahnen in Abhängigkeit von zulässiger Höchstgeschwindigkeit, Schwerverkehrsanteil und Längsneigung (in Anlehnung an [1])

Für die ASTRA Zählstelle Nr. 60 Gunzgen auf der A1 zwischen der Verzweigung Härkingen und dem Anschluss Rothrist (vor der Verzweigung Wiggertal) wurden die Dauerkurven für das Jahr 2005 erstellt und hinsichtlich des vorgeschlagenen Schwellenwerts überprüft (vgl. Abb. 17). Während der Hauptverkehrszeiten kommt es auf diesem zweistreifigen Abschnitt regelmässig zu Stockungen im Verkehrsablauf und teilweise zu Staus. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 120 km/h, die Längsneigung liegt unter 2%. Der Lastwagenanteil wurde für die höchstbelasteten Stunden mit 5 bis 15% angenommen.

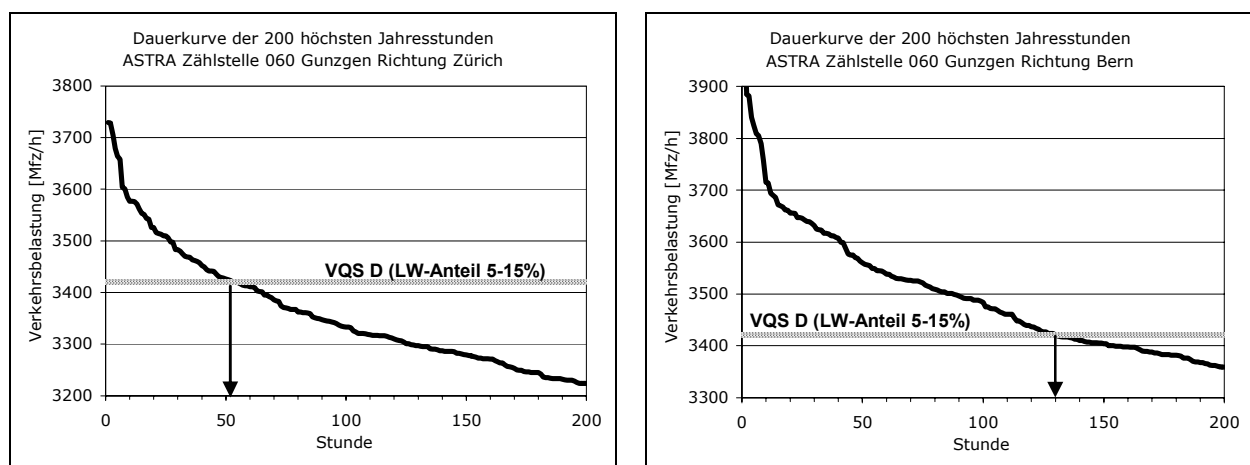


Abb. 17: Dauerkurven der 200 höchstbelasteten Jahresstunden auf der A1 je Fahrtrichtung im Jahr 2005 (ASTRA Zählstelle 060 – Gunzgen)

Aus der Abbildung geht hervor, dass in Fahrtrichtung Zürich der Schwellenwert VQS D während 53 Stunden im Jahr überschritten wird, in Fahrtrichtung Bern sogar während 130 Stunden. Über ein ganzes Jahr betrachtet ist jedoch der Anteil der Stunden, in welchen mit einer mangelhaften Verkehrsqualität gerechnet werden muss (VQS E und F), relativ klein. Dieser liegt lediglich zwischen 0,6 und 1,5%. Die Zahl der durch Verkehrsbehinderungen und Staus direkt betroffenen Verkehrsteilnehmer und die daraus resultierenden Reisezeitverluste auf diesem Abschnitt während der Spitzenzeiten sind jedoch beträchtlich.

Als weitere Grundvoraussetzung für die Umwidmung des Standstreifens wird in [26] für einen vierstreifigen Querschnitt (2x2) eine durchschnittliche tägliche Verkehrsbelastung von mindestens 65'000 Mfz/Tag genannt. Angaben zu sechsstreifigen Querschnitten (2x3) fehlen hingegen. Die Forschungsstelle schlägt für schweizerische Verhältnisse als Richtwert für einen 2x2-streifigen Querschnitt einen DTV von mindestens 60'000 Mfz/Tag, für einen 2x3-streifigen Querschnitt einen DTV von mindestens 85'000 Mfz/Tag vor. Die folgende Tabelle basiert auf Angaben der automatischen Strassenverkehrszählung 2006 und listet diejenigen Abschnitte des schweizerischen Autobahnnetzes auf, welche einen DTV von über 60'000 Mfz/Tag erreichen resp. überschreiten und somit aus Sicht des Kriteriums „Verkehrsbelastung“ für eine abschnittsweise Umwidmung des Standstreifens in Frage kämen. Davon ausgenommen sind diejenigen Abschnitte auf Brücken oder in Tunneln.

ASTRA Zählst.	Bezeichnung	Abschnitt	Querschnitt	DTV 2006 [Mfz/Tag]
097	A1, Baden Baregg tunnel	Baden – Neuenhof	1x3/1x4	109'744
081	A2, MuttENZ, Hard	Verzweigung Hagnau – Pratteln	2x3	104'742
056	A1, Schönbühl, Grauholz	Verzw. Schönbühl – VerzW. Wankdorf	2x3	99'237
226	A1, Crissier	Verzw. Villars Ste-Croix – LS-Crissier	2x4	96'856
114	A1, Brüttisellen	Verzweigung Brüttisellen – Effretikon	2x3	96'100
118	A1, Bern, Felsenauviadukt	Verzweigung Wankdorf – Bern-Neufeld	2x3	95'721
020	A1c, Umf. Zürich N, Affoltern	Verzw. Limmattal – VerzW. ZH-Nord	2x2	94'377
241	A51, Opfikon	Verzweigung Zürich-Nord – Opfikon	2x2	87'881
115	A2, Luzern, Reussporttunnel	Emmen-Süd – Luzern-Zentrum	2x3	86'924
093	A1, Umf. Winterthur	W'thur-Wülflingen – VerzW. W'thur-Nord	2x3	86'545
064	A9, Umf. Lausanne	LS-Blécherette – LS-Vennes	2x3	83'278
043	A1, Préverenges	Verzweigung Ecublens – Morges-Est	2x2	82'346
060	A1, Gunzgen	Verzweigung Härkingen – Rothrist	2x2	77'595
032	A1, Deitingen	Wangen – Verzweigung Lutterbach	2x2	77'034
023	A1, Mattstetten	Kirchberg – Verzweigung Schönbühl	2x2	72'827
208	A1, Birrhard, Verzweigung A1	Verzweigung Birrfeld – Mägenwil	2x2	71'014
042	A6, Umfahrung Bern Ost	Verzweigung Wankdorf – Bern-Ostring	2x2	70'442
249	A1, Coppet W	Coppet – Verzweigung Le Vengeron	2x2	69'199
084	A1, St.Gallen, Rosenb'tun.	SG-Kreuzbleiche – SG-St.Fiden	2x2	67'013
213	A1, Wiesendangen, VerzW. A1	Verzw. W'thur-Ost – Oberwinterthur	2x2	66'971
070	A2, Basel Schwarzwaldbrücke	Basel-Wettstein – Basel-Breite	2x2	66'331
205	A2, Emmenbrücke, Grübli.	Emmen-Nord – Verzweigung Rotsee	2x2	65'469
024	A1, Rolle	Rolle – Gland	2x2	64'831
229	A1, Oftringen	Verzweigung Wiggertal – Oftringen	1x2/1x3	62'767
076	A2, Grancia	Melide-Bisone – Lugano-Süd	2x2	62'050
182	A1, Kirchberg N	Kirchberg – Kriegstetten	2x2	61'956
026	A2, Ennethorw	Luzern-Horw – Hergiswil	2x2	61'343
072	A1, Hunzenschwil	Aarau-Ost – Aarau-West	2x2	60'759
242	A53, Hegnau W	Wangen – Hegnau	2x2	60'123

Tab. 6: Übersicht der Abschnitte des schweizerischen Autobahnnetzes mit einem DTV von mehr als 60'000 Mfz/Tag im Jahr 2006

Die Festlegung eines Schwellenwertes auf VQS D in Verbindung mit dem massgebenden Verkehr in der 30. Stunde sowie ein minimaler DTV von 60'000 Mfz/Tag für einen 2x2-streifigen Querschnitt bzw. 85'000 Mfz/Tag für einen 2x3-streifigen Querschnitt stellen aus Sicht der Verkehrsbelastungen ein brauchbares Beurteilungskriterium für eine abschnittsweise Umwidmung dar.

3.3.2 Abschnittsweise temporäre Umwidmung

Ob die Umwidmung des Standstreifens in einen zusätzlichen Fahrstreifen temporär oder permanent zu erfolgen hat, kann einzig aus Sicht der durchschnittlichen täglichen Verkehrsbelastungen nicht beurteilt werden. Eine temporäre Umwidmung ist im Normalfall auf Abschnitten mit regelmässig wiederkehrenden, aber zeitlich begrenzten Verkehrsüberlastungen z.B. während der täglichen Stosszeiten oder bei Sonderanlässen zu prüfen.

Für die temporäre Freigabe des Standstreifens bzw. Sperrung des Standstreifens werden als Ein- und Ausschaltkriterien in Anlehnung an MARZ99 [25] eine querschnittsbezogene Koppelung von Verkehrsmengen und mittleren Geschwindigkeiten bzw. Fahrzeugdichten empfohlen. Für die BAB A99 (Münchener Ring, vgl. 2.6.2), bei welcher der Standstreifen während der Hauptverkehrszeiten als vierter Fahrstreifen im Rahmen einer Streckenbeeinflussungsanlage temporär frei gegeben wird, gelangen nachfolgende querschnittsbezogene Schwellenwerte für die Freigabe des Standstreifens bzw. die Aufhebung der Freigabe zur Anwendung.

	Freigabe des Standstreifens als vierter Fahrstreifen	Aufhebung der Freigabe
Verkehrsbelastung	> 5'700 Mfz/h	< 4'500 Mfz/h
oder mittlere Geschwindigkeit und Verkehrsdichte	< 95 km/h > 70 Mfz/km	> 110 km/h < 65 Mfz/km

Tab. 7: Verkehrstechnische Einsatzkriterien für die Freigabe des Standstreifens als vierter Fahrstreifen bzw. Aufhebung der Freigabe auf der BAB A99 (Münchener Ring)

Der Schwellenwert von 5'700 Mfz/h entspricht gemäss HBS 2001 [28] dem Richtwert der Leistungsfähigkeit einer dreistreifigen Richtungsfahrbahn ohne Tempolimit innerhalb von Ballungsräumen bei einem Schwerverkehrsanteil von 0% und einer Längsneigung $i \leq 2\%$. Die Verwendung des Richtwerts der Leistungsfähigkeit als Freigabekriterium bestätigt, dass gerade in Ballungsräumen mit einem hohen Anteil an ortskundigem Pendlerverkehr oftmals höhere Leistungsfähigkeiten erreicht werden, als in den Richtlinien angegeben werden. Dies wurde auch im Rahmen der Forschungsarbeit VSS 2000/337 „Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Autobahnen“ [42] festgestellt, in welcher die Grundlagen für die VSS-Norm SN 640 018a „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen“ [1] erarbeitet wurden.

Daher wird für schweizerische Verhältnisse empfohlen, die Einsatzkriterien für eine temporäre Freigabe auf die Richtwerte in [1] abzustützen. Durch eine Koppelung der Schwellenwerte von Verkehrsbelastung oder mittlerer Geschwindigkeit und Verkehrsdichte wird sichergestellt, dass eine temporäre Freigabe bereits bei sich abzeichnenden Stockungen im Verkehrsablauf erfolgt, auch wenn die Bedingung der Verkehrsbelastung noch nicht erfüllt ist. Die folgende Tabelle enthält für schweizerische Verhältnisse einen Vorschlag der verkehrstechnischen Einsatzkriterien für die temporäre Freigabe bzw. Aufhebung der Freigabe für zwei- und dreistreifige Autobahnen für $i \leq 2\%$ und Schwerverkehrsanteile > 5-15%, bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit vor der Freigabe von 120 km/h.

	Zweistreifige Autobahn		Dreistreifige Autobahn	
	Freigabe des Standstreifen als 3. Fahrstreifen	Aufhebung der Freigabe	Freigabe des Standstreifen als 4. Fahrstreifen	Aufhebung der Freigabe
Verkehrsbelastung	> 3'800 Mfz/h	< 3'040 Mfz/h	> 5'450 Mfz/h	< 4'360 Mfz/h
oder mittlere Geschwindigkeit und Verkehrsdichte	< 85 km/h > 45 Mfz/km	> 100 km/h < 40 Mfz/km	< 85 km/h > 65 Mfz/km	> 100 km/h < 60 Mfz/km

Tab. 8: Vorschlag für verkehrstechnische Einsatzkriterien für die Freigabe des Standstreifens bzw. Aufhebung der Freigabe auf zwei- und dreistreifigen Autobahnen in der Schweiz ($i \leq 2\%$, $SVA > 5-15\%$)

Mit den in Tab. 8 vorgeschlagenen Schwellenwerten wird der Standstreifen entweder bei Erreichen der theoretischen Leistungsfähigkeit gemäss [1] oder bei Unterschreitung einer mittleren Geschwindigkeit bei gleichzeitigem Überschreiten einer vorgegebenen Verkehrsdichte frei gegeben. Während die Bedingung der Verkehrsbelastung der Grenze zwischen den Verkehrsqualitätsstufen E und F entspricht (vgl. Tab. 4), ist der Schwellenwert der Verkehrsdichte im Bereich der Verkehrsqualitätsstufe D angesiedelt. Die Schwellenwerte der mittleren Geschwindigkeit wurden anhand der Q-V-Diagramme in [1] hergeleitet. Anzumerken ist, dass diese für eine Geschwindigkeitslimite von 120 km/h gelten. Die Aufhebung der Freigabe des Standstreifens wird – bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt – beim Übergang von Stufe D auf C (Auslastungsgrad $X \leq 0,8$) empfohlen.

Im Hinblick auf die spätere Normierung sind die Schwellenwerte der mittleren Geschwindigkeiten für Abschnitte mit im Normalbetrieb (ohne Freigabe) tiefer signalisierten Tempolimiten entsprechend anzupassen. Zudem müssen die vorgeschlagenen Schwellenwerte grundsätzlich stets vor Ort adjustiert werden. Weiter ist darauf zu achten, dass Witterungsbedingungen, welche das Fahrverhalten beeinflussen, durch Wahl eines geeigneten Steuerungsalgorithmus berücksichtigt werden können.

Um ein „Flattern“ der Steuerung zu verhindern, müssen die Bedingungen der Schwellenwerte während mehrerer aufeinander folgender Messintervalle erfüllt sein. Zudem darf der Standstreifen erst nach Überprüfung der durchgehenden Verfügbarkeit für den fliessenden Verkehr freigegeben werden. Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein eines Verkehrsleitsystems mit dynamischen Signalisierungselementen sowie flächendeckende Videoüberwachung und entsprechende Erfassungsquerschnitte.

3.3.3 Schwerverkehrsanteil

Der Schwerverkehrsanteil ist bei der Beurteilung, ob ein Abschnitt aus Sicht der Verkehrsbelastungen permanent oder temporär umgewidmet werden soll, nur von untergeordneter Bedeutung. In der Regel werden die höchsten Schwerverkehrsanteile nicht während der Hauptverkehrszeiten, sondern in den Nebenverkehrszeiten beobachtet. Aus Sicht der Verkehrssicherheit belegen deutsche Untersuchungen (vgl. [31]) jedoch eine erhöhte Unfallrate bei hohen Lastwagenanteilen. Der zulässige Anteil hängt hauptsächlich von der vertikalen und horizontalen Linienführung, vorhandenen Kunstbauten sowie der Lage im Netz ab.

Für schweizerische Verhältnisse ist eine abgesicherte Quantifizierung bisher nicht möglich. Die VSS-Norm SN 640 138b „Linienführung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen“ [5] enthält lediglich Angaben zu Verkehrsbelastungen und Schwerverkehrsanteilen für Strassen ohne Richtungstrennung, ab deren Überschreiten die Anordnung von Zusatzstreifen auf längeren Steigungsabschnitten zu

prüfen ist. Für Hochleistungsstrassen wird zur Beurteilung der Zweckmässigkeit von Zusatzstreifen auf die VSS-Norm SN 640 018a „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen“ [1] verwiesen, in welcher die Schwerverkehrsanteile bei den Richtwerten der Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 3.6). Grundsätzlich dürfte der Schwerverkehrsanteil vorwiegend im Hinblick auf betriebliche Aspekte wie z.B. Lastwagen-Überholverbote von Relevanz sein.

3.3.4 Kollektiv der Fahrzeuglenker

Gemäss deutschen Untersuchungen (vgl. [31]) ist auf Abschnitten mit hohem Ferienverkehrsanteil mit einem Anstieg der Pannensrate sowie der Anzahl freiwilliger Halte zu rechnen. Daher sollte auf Abschnitten mit umgewidmetem Standstreifen der Ferienverkehrsfaktor k_F nicht grösser als 1.25 sein. Dieser errechnet sich aus dem Quotienten von $DWV_{\text{Ferienzeit}}$ durch $DWV_{\text{keine Ferienzeit}}$. Weiter wird empfohlen, dass der Anteil des Regional- und Pendlerverkehrs grösser als 50% sein sollte, da dadurch die Verkehrssicherheit günstig beeinflusst wird.

3.4 Unfallgeschehen

Die Analyse des Unfallgeschehens liefert wichtige Beurteilungsgrundlagen für eine allfällige Umwidmung des Standstreifens und sollte daher bei jedem Umwidmungsvorhaben vorgängig durchgeführt werden. Bei abschnittswisen Umwidmungen der Gruppe B, welche eine wesentliche Veränderung der Anlage darstellen, liessen sich mit einer zusätzlichen Gefahrenanalyse die zu erwartenden Auswirkungen eines weiteren Fahrstreifens auf den Verkehrsablauf und das Unfallgeschehen abschätzen. Überdurchschnittlich hohe Unfallzahlen und Unfallraten in Verbindung mit hohen Verkehrsbelastungen weisen auf Mängel im Verkehrsablauf hin. Mit der Umwidmung sollten mit der Entschärfung örtlicher Leistungsengpässe die damit verbundenen Mängel im Verkehrsablauf eliminiert oder zumindest reduziert werden.

Gemäss [39] liegt die durchschnittliche Unfallrate auf schweizerischen Autobahnen (Überland und Agglomeration) bei 0,38 Unfällen pro Mio.Fz.km. Im Hinblick auf eine Umwidmung sind dabei die unfalltypspezifischen Unfallraten bzw. deren Anteile am gesamten Unfallgeschehen von besonderem Interesse. Eine hohe Zahl staubedingter Auffahrunfälle stellt ein wichtiges Entscheidungskriterium für eine Umwidmung dar, wenn sich dadurch ein nachgewiesener Kapazitätsengpass möglichst vollständig beseitigen lässt. Aber auch zu kurze Verflechtungsstrecken oder starke, sich durchkreuzende Verkehrsströme bei dicht aufeinander folgenden Ein- und Ausfahrten können zu Behinderungen im Verkehrsablauf führen und sich nachteilig auf die Verkehrssicherheit in Form von überdurchschnittlich häufigen Fahrstreifenwechselunfällen auswirken. Aktuelle Durchschnittswerte der Jahre 1998 bis 2003 für schweizerische Autobahnen sind in der folgenden Tabelle angegeben und können als Vergleichsgrössen für künftige Umwidmungsvorhaben dienen [39].

Unfalltyp	Örtliche Lage	Mittlerer Anteil am Total der Unfälle auf HLS [%]	Mittlere Unfallrate (Unfälle pro Mio.Fz.km)
Auffahrunfall	Überland	43% ± 4%	0,15
	Agglomeration	25% ± 2%	0,10
Fahrstreifenwechselunfall	Überland	7% ± 2%	0,02
	Agglomeration	10% ± 2%	0,04

Tab. 9: Durchschnittswerte zum Unfallgeschehen auf schweizerischen Autobahnen nach ausgewähltem Unfalltyp und örtlicher Lage [39]

Zur Kontrolle der Wirksamkeit der Umwidnungsmassnahme auf die Verkehrssicherheit empfiehlt sich nach der Realisierung ein Vorher/Nachher-Vergleich des Unfallgeschehens über einen Beobachtungszeitraum von mindestens zwei Jahren. Damit lassen sich u.U. die in Kapitel 2.1 aufgeführten Fragestellungen bzgl. der HLS-Verfügbarkeit und der Verlagerung der Unfalltypen von den Auffahrunfällen zu den Fahrstreifenwechselunfällen beantworten.

3.5 Lage des Abschnitts im Netz

Die Lage des Autobahnabschnitts im Netz ist in erster Linie bei abschnittswisen Umwidnungen des Standstreifens von Bedeutung. Dazu zählen die Anwendungsfälle der Gruppe B gemäss Tab. 1, also Umwidnungen zwischen zwei Anschlüssen oder über mehrere Anschlüsse hinweg. Da diese Anwendungsfälle in der Regel mit einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit verbunden sind, und damit einen vorhandenen Kapazitätsengpass beseitigen, darf die Umwidmung nicht zu einer Stauverlagerung stromabwärts führen. Die angrenzenden Autobahnabschnitte müssen die (zusätzlich) entstehenden Verkehrsmengen aufnehmen und abführen können. Zu berücksichtigen sind dabei insbesondere anschliessende Tunnelabschnitte ohne Standstreifen, die nicht erweitert werden können, oder Brücken, auf welchen z.B. aus statischen Gründen die Umwidmung des Standstreifens nicht möglich ist.

Erfolgt eine Umwidmung zwischen zwei Anschlüssen, indem die Einfahrt über den Standstreifen additiv geführt wird und am nächsten Anschluss direkt in die Ausfahrt mündet, sollte der Nachweis nach [1] erbracht werden, dass die Fahrstreifenreduktion nach der Ausfahrt nicht zum Leistungsengpass wird und zu Behinderungen und Rückstauerscheinungen führt. Positiv auf die Leistungsfähigkeit wirkt sich ein Verkehrsablauf aus, bei dem der Grossteil des einfahrenden Verkehrs am nächsten Anschluss wieder ausfährt.

Reduziert sich das Verkehrsaufkommen an der nächsten Ausfahrt nur unwesentlich, wird aus Gründen der Leistungsfähigkeit eine Umwidmung auch im Bereich der Anschlussstelle als notwendig erachtet. Bei einer permanenten Umwidmung ist die dazu erforderliche Ummarkierung (Entfernung der Sperrflächen im Bereich der Zwickel) problemlos möglich, bei einer temporären Umwidmung kann eine solche Variante jedoch zu Verständnisschwierigkeiten beim Verkehrsteilnehmer führen (Überfahren der Zwickel).

Wie das Beispiel der BAB A1 bei Hamburg gezeigt hat (vgl. Kapitel 2.6.2), kann eine Umwidmung zwischen einer Einfahrt und einer darauf folgenden Verzweigung unter Umständen problematisch sein, wenn z.B. ein Fahrtziel nur über den linken Fahrstreifen erreichbar ist und durch die Bereitstellung eines zusätzlichen Fahrstreifens auf der rechten Fahrbahnseite sich die Anzahl der Fahrstreifenwechsel stark erhöhen kann. Eine Analyse und Beurteilung der massgebenden Verkehrsströme bzw. der Verflechtungssituationen ist daher im Bereich von Verzweigungen zu empfehlen.

3.6 Zusatzstreifen in Steigungen

Auf längeren Autobahnabschnitten mit grösseren Längsneigungen, bei welchen bisher auf Zusatzstreifen verzichtet wurde, lassen sich durch die Umwidmung des Standstreifens Verkehrskonflikte zwischen langsam fahrenden Lastwagen und den übrigen Verkehrsteilnehmern entschärfen, der Verkehrsfluss verbessern und damit die Verkehrssicherheit erhöhen. Gemäss VSS-Norm SN 640 138b „Linienfüh-

zung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen" [5] sind aus fahrdynamischer Sicht Zusatzstreifen in Steigungen auf Hochleistungsstrassen prüfenswert, wenn die Geschwindigkeit langsam fahrender Lastwagen etwa 55% der Projektierungsgeschwindigkeit von Personenwagen über eine zusammenhängende Strecke von mindestens 500 m unterschreitet.

Bei Hochleistungsstrassen mit baulicher Richtungstrennung hat die verkehrstechnische Beurteilung der Zweckmässigkeit von Zusatzstreifen gemäss VSS-Norm SN 640 018a „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen" [1] zu erfolgen. Strecken mit einer Steigung von über 2% machen auf dem schweizerischen Nationalstrassennetz einen Anteil von rund 12% aus, nur 3,4% der Strecken weisen Steigungen über 4% auf [42]. Für Steigungsstrecken mit Längsneigungen zwischen 2% und 6% verringern sich die Richtwerte der Leistungsfähigkeit mit zunehmender Neigung des Abschnitts und mit zunehmendem Anteil an Schwerverkehr. Hingegen ist bei gleich bleibenden Schwerverkehrsanteilen und Steigungsverhältnissen, jedoch abnehmenden signalisierten Höchstgeschwindigkeiten mit einem leichten Anstieg der Leistungsfähigkeit zu rechnen, da sich die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Personenwagen und Lastwagen reduzieren.

Die Ausbildung der Zusatzstreifen hat gemäss [5] zu erfolgen. Entsprechend ihrem Zweck sind sie mittels einer linksseitigen Erweiterung einzuleiten, am Ende durch eine Einengung nach rechts aufzuheben und als Betriebsform permanent auf einer Länge von mindestens 1'000 m vorzusehen². In Betracht kommen somit Abschnitte, auf welchen die eingangs erwähnten fahrdynamischen Kriterien gemäss [5] sowie die vorgeschlagenen Bedingungen der Verkehrsbelastungen gemäss Kapitel 3.3.1 erfüllt sind (Überschreitung der Verkehrsqualitätsstufe D während mindestens 30 Stunden pro Jahr und DTV von mindestens 60'000 Mfz/Tag auf zweistreifigen Autobahnen).

² Eine Ausnahme stellt der kombinierte Anwendungsfall „Verlängerung einer Einfahrt in der Steigung" dar, bei welchem der rechte, umgewidmete Fahrstreifen am Ende beibehalten wird und der Überholstreifen nach rechts abgebaut wird.

4 Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung

4.1 Geometrische Ausgestaltung

4.1.1 Normalprofil der Autobahnen

Grundvoraussetzung für die Umwidmung des Standstreifens ist aus geometrischer Sicht eine ausreichende Fahrbahnbreite über den gesamten Umwidmungsabschnitt. Gemäss „ASTRA-Richtlinie über die Normalprofile, die Rastplätze und die Raststätten der Nationalstrassen“ [23] richtet sich das Normalprofil der Autobahnen 1. und 2. Klasse einheitlich nach dem „Standardprofil“ oder dem „reduzierten Profil“. Das Standardprofil gelangt bei ausreichenden Platzverhältnissen zur Anwendung, das reduzierte Profil bei beengten Platzverhältnissen (z.B. in Städten) oder bei schwierigen topografischen Gegebenheiten. Die Forderungen nach Verkehrssicherheit, Verkehrsqualität und Benutzerkomfort führen tendenziell eher zur Anwendung „breiter“ Querschnitte.

Aus der folgenden Abbildung sind die Abmessungen der beiden gängigen Normalprofiltypen für zwei- und dreistreifige Autobahnen ersichtlich.

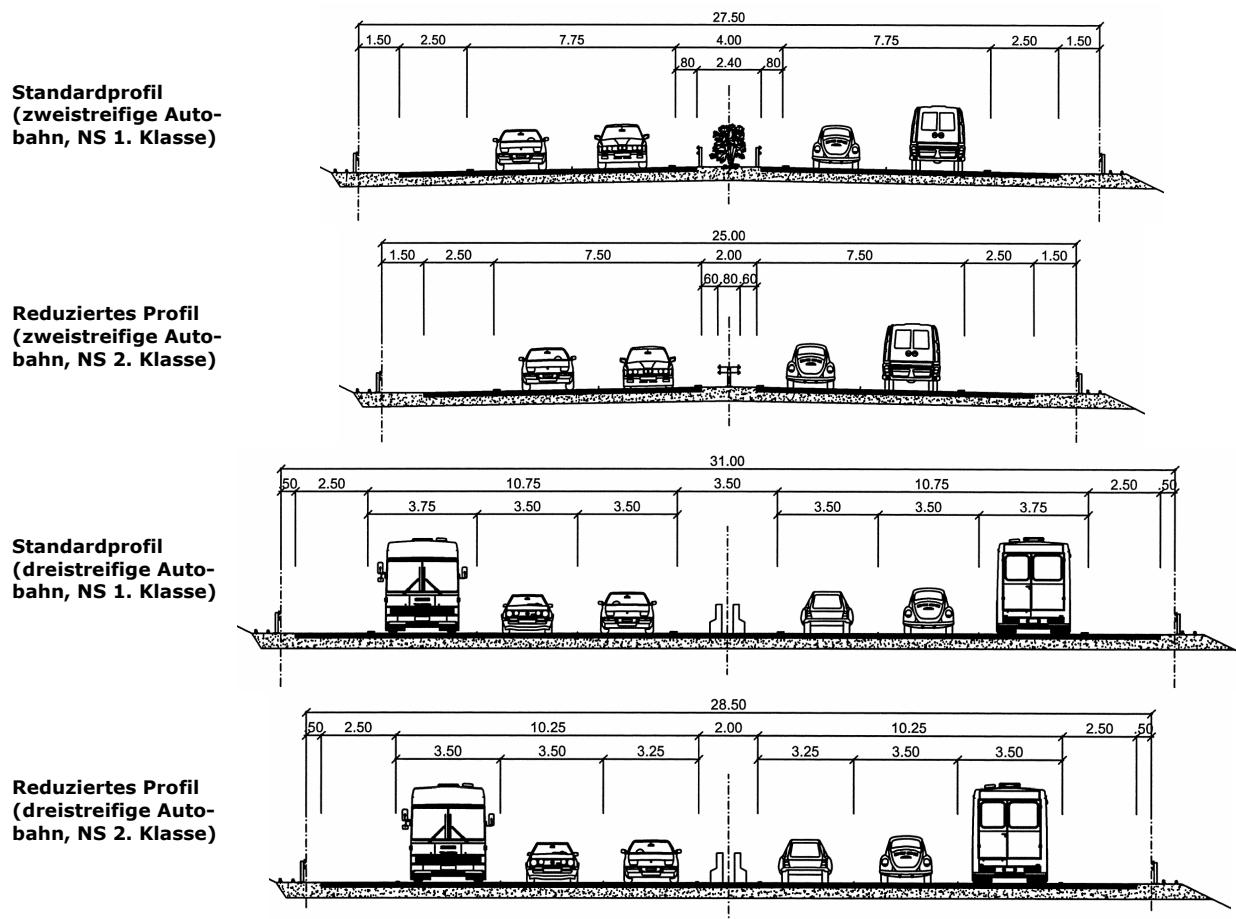


Abb. 18: Normalprofiltypen von zwei- und dreistreifigen Autobahnen [23]

Die minimale Breite der Fahrstreifen auf Autobahnen ohne reduzierte Höchstgeschwindigkeit, welche von schweren Motorfahrzeugen befahren werden dürfen, beträgt demnach 3,50 m (reduziertes Profil, dreistreifige Autobahn). Für Fahrstreifen, die ausschliesslich den leichten Motorfahrzeugen vorbehalten

sind, beträgt die minimale Breite 3,25 m. Gemäss Verkehrsregelverordnung (VRV, Art. 36, Absatz 6) darf auf Autobahnen mit mindestens drei Fahrstreifen in der gleichen Richtung der äusserste linke Fahrstreifen nur von Fahrzeugen benutzt werden, welche eine Geschwindigkeit von mehr als 80 km/h erreichen dürfen, womit Lastwagen von deren Benützung ausgeschlossen sind.

Im Hinblick auf die Umwidmung ist zu bemerken, dass der Mittelstreifen bei 2x3-streifigen Normalprofilen im Gegensatz zu den 2x2-streifigen befestigt ist und somit die zur Verfügung stehende Fahrbahnbreite im Hinblick auf die Umwidmung einen gewissen Handlungsspielraum offen lässt, welcher beim 2x3-streifigen Standardprofil je Richtung ca. 0,75 m beträgt. Kein Spielraum ist beim reduzierten Profil auf Grund schmalerer Mittelstreifen vorhanden, da sonst die zusätzliche lichte Breite von 0,30 m ausserhalb der Fahrbahnmarkierung unterschritten würde bzw. die seitliche Hindernisfreiheit nicht gewährleistet wäre.

4.1.2 Geometrisches Normalprofil

Die Abmessungen des Strassenquerschnitts erfolgen im Normalfall gemäss VSS-Norm SN 640 201 „Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer“ [7]. Für richtungsgetrennte Autobahnen ohne Standstreifen (bzw. mit umgewidmetem Standstreifen) setzt sich das geometrische Normalprofil, welches für einen ganzen Streckenabschnitt gültig ist, aus den Elementen „Grundabmessung Verkehrsteilnehmer“, „Bewegungsspielraum“, „Sicherheitszuschlag“ und „Überholzuschlag“ sowie einer seitlichen Hindernisfreiheit (zusätzliche lichte Breite) zusammen.

Während die Grundabmessungen und der Sicherheitszuschlag nur von der Fahrzeugart abhängen, sind der Bewegungsspielraum und der Überholzuschlag geschwindigkeitsabhängig³. In den folgenden Abbildungen sind die gemäss [7] theoretisch erforderlichen Fahrbahnbreiten für dreistreifige Richtungsfahrbahnen ohne Standstreifen für verschiedene Betriebsformen dargestellt. Nicht abgebildet ist die minimal erforderliche zusätzliche lichte Breite von je 0,30 m, welche im Bankett bzw. Mittelstreifen enthalten ist.

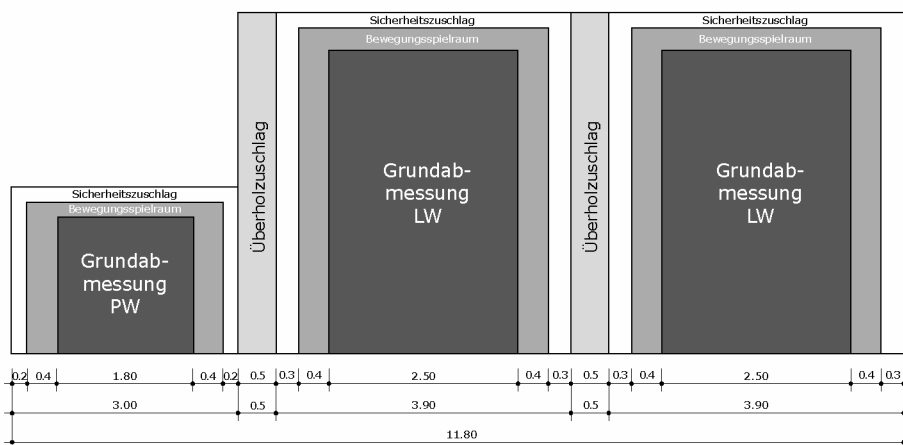


Abb. 19: Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und ohne LW-Überholverbot

³ Gemäss [7] beträgt der Überholzuschlag für $V \geq 80$ km/h 0,50 m. Für $V = 120$ km/h beträgt der Bewegungsspielraum 0,40 m, für $V = 80$ oder 100 km/h beträgt er 0,30 m.

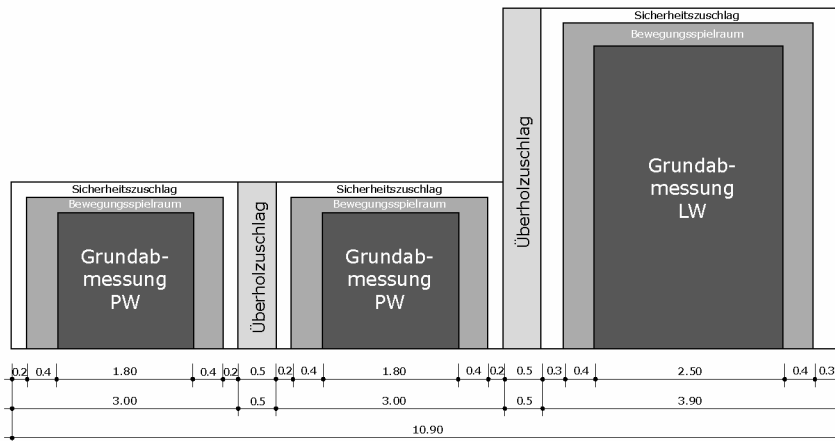


Abb. 20: Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und mit LW-Überholverbot

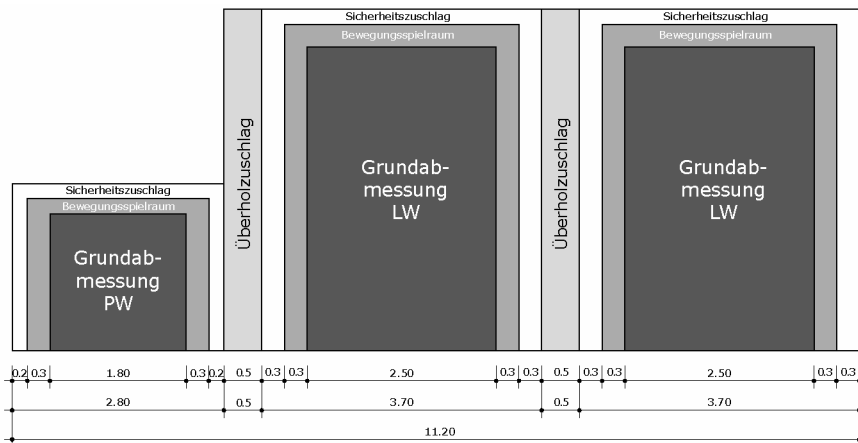


Abb. 21: Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 oder 100 km/h und ohne LW-Überholverbot

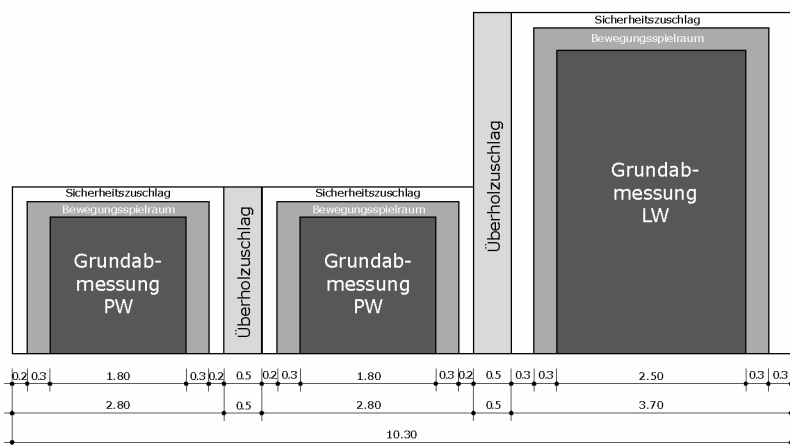


Abb. 22: Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 oder 100 km/h und mit LW-Überholverbot

Die in [7] angegebenen Richtwerte für die geschwindigkeitsabhängigen Elemente „Bewegungsspielraum“ und „Überholzuschlag“ basieren auf Erfahrungswerten, die nicht auf empirischen Messungen im realen Verkehrsablauf abgestützt sind. Die Forschungen hierzu sind erst im Gange⁴. Daher lässt der Richtwert in [7] insbesondere für den „Überholzuschlag“ einen gewissen Spielraum offen. In speziellen Fällen ist eine Reduktion möglich. Wenn zudem die Möglichkeit berücksichtigt wird, dass die äusseren Sicherheitszuschläge bei genügend seitlicher Hindernisfreiheit ausserhalb der Fahrbahn angeordnet werden können, kann der erforderliche Fahrbahnquerschnitt weiter reduziert werden.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der gemäss [7] erforderlichen Fahrbahnbreiten für drei- und vierstreifige Richtungsfahrbahnen ohne bzw. mit umgewidmetem Standstreifen für verschiedene Betriebsformen und Anordnung der äusseren Sicherheitszuschläge ausserhalb der Fahrbahn. Tab. 11 enthält zu Vergleichszwecken die vorhandenen bzw. nutzbaren Fahrbahnbreiten der ASTRA Normalprofile von zwei- und dreistreifigen Autobahnen (vgl. auch Abb. 18).

		Erforderliche Fahrbahnbreite [m] gemäss Norm (äussere Sicherheitszuschläge ausserhalb Fahrbahn angeordnet)			
		V_{zul} = 120 km/h		V_{zul} = 80 / 100 km/h	
Betriebsform	Überholzuschlag	3-streifig	4-streifig	3-streifig	4-streifig
ohne Einschränkungen für LW	0,50 m (normkonform)	11,30 m	15,70 m	10,70 m	14,90 m
mit LW-Überholverbot		10,40 m	13,90 m	9,80 m	13,10 m
Höchstbreite 2m auf 3. u. 4. FS		---	14,80 m	---	14,00 m
ohne Einschränkungen für LW	0,40 m (reduziert)	11,10 m	15,40 m	10,50 m	14,60 m
mit LW-Überholverbot		10,20 m	13,60 m	9,60 m	12,80 m
Höchstbreite 2m auf 3. u. 4. FS		---	14,50 m	---	13,70 m
ohne Einschränkungen für LW	0,30 m (reduziert)	10,90 m	15,10 m	10,30 m	14,30 m
mit LW-Überholverbot		10,00 m	13,30 m	9,40 m	12,50 m
Höchstbreite 2m auf 3. u. 4. FS		---	14,20 m	---	13,40 m

Tab. 10: Erforderliche Fahrbahnbreiten gemäss [7] für drei- und vierstreifige Richtungsfahrbahnen ohne bzw. mit umgewidmetem Standstreifen für verschiedene Betriebsformen

ASTRA Normalprofiltyp	Vorhandene bzw. nutzbare Fahrbahnbreite pro Richtung [m]	
zweistreifige Autobahn, Standardprofil	10,25 m	(3,875 / 3,875 / 2,50)
zweistreifige Autobahn, Reduziertes Profil	10,00 m	(3,75 / 3,75 / 2,50)
dreistreifige Autobahn, Standardprofil	14,00 m	(0,75 / 3,50 / 3,50 / 3,75 / 2,50)
dreistreifige Autobahn, Reduziertes Profil	12,75 m	(3,25 / 3,50 / 3,50 / 2,50)

Tab. 11: Vorhandene bzw. nutzbare Fahrbahnbreiten pro Richtung der ASTRA Normalprofile von zwei- und dreistreifigen Autobahnen

⁴ Forschungsauftrag VSS 2000/469 „Geometrisches Normalprofil (GNP) für alle Fahrzeugtypen“ in Bearbeitung durch IVT – ETH Zürich

Die Gegenüberstellungen der beiden Tabellen zeigt folgendes:

- Für Geschwindigkeiten von 120 km/h lassen sich nur bei gleichzeitig signalisiertem Überholverbot für Lastwagen annähernd normkonforme Fahrbahnbreiten nach der Umwidmung des Standstreifens realisieren, wenn der Normalprofiltyp dem ASTRA Standardprofil (14,00 m bzw. 10,25 m) entspricht.
- Beim reduzierten Profil (12,75 m bzw. 10,00 m) lassen sich für Geschwindigkeiten von 120 km/h auch mit signalisiertem Überholverbot für Lastwagen keine normkonformen Fahrbahnbreiten nach der Umwidmung des Standstreifens realisieren.
- Für Geschwindigkeiten von 80 bzw. 100 km/h lassen sich beim dreistreifigen ASTRA Standardprofil (14,00 m) nur dann normkonforme Fahrbahnbreiten realisieren, wenn auf den beiden linksseitig liegenden Fahrstreifen 3 und 4 eine Höchstbreite von 2 m signalisiert wird.
- Für Geschwindigkeiten von 80 bzw. 100 km/h lassen sich sowohl beim zweistreifigen Standardprofil (10,25 m) als auch beim zweistreifigen reduzierten Profil (10,00 m) bei gleichzeitig signalisiertem Überholverbot für Lastwagen normgerechte Fahrbahnbreiten schaffen.

Aus diesen Feststellungen können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Wenn auf zwei- oder dreistreifigen Richtungsfahrbahnen der Standstreifen zu einem zusätzlichen Fahrstreifen umgewidmet wird, ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit je nach resultierender Fahrstreifenbreite auf 100 km/h zu beschränken.
- Wenn sich die für die Umwidmung erforderliche Fahrbahnbreite nur mittels stark reduzierter Überholzuschläge von weniger als 0,30 m erreichen lässt, ist eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von maximal 80 km/h anzuordnen.
- Ein Überholverbot für Lastwagen sollte generell aus geometrischen Gründen nicht notwendig werden, aus betrieblichen Gründen aber erwogen werden. Für nach der Umwidmung vierstreifige Richtungsfahrbahnen empfiehlt sich eine Breitenbeschränkung von 2 m auf den beiden linksseitig liegenden Fahrstreifen 3 und 4.

4.1.3 Fahrstreifenbreiten

Die Aufteilung der vorhandenen Fahrbahnbreite in die einzelnen Fahrstreifen hängt vom Lichtraumprofil der massgebenden Fahrzeuge (Grundabmessung + Bewegungsspielraum + Sicherheitszuschlag) sowie dem auf Richtungsfahrbahnen erforderlichen Überholzuschlag ab, welcher im Normalfall je zur Hälfte den entsprechenden Fahrstreifen zugeordnet wird. In der folgenden Abbildung ist das für zulässige Höchstgeschwindigkeiten von 80 bzw. 100 km/h massgebende Lichtraumprofil von Personewagen und Lastwagen dargestellt (vgl. auch [7]).

Für den linken Fahrstreifen, der nach der Umwidmung ausschliesslich den leichten Motorfahrzeugen vorbehalten ist, ergeben sich inkl. variablen Überholzuschlags Breiten zwischen 3,00 – 3,30 m. Fahrstreifen, auf welchen schwere Motorfahrzeuge zugelassen sind, benötigen gemäss Norm bei Geschwindigkeiten zwischen 80 und 100 km/h bereits ohne Überholzuschlag Breiten zwischen 3,40 m (exkl. äusserer Sicherheitszuschlag) und 3,70 m (inkl. Sicherheitszuschlag). Zieht man die Fahrstreifenbreiten der ASTRA-Profile einer dreistreifigen Autobahn zu Vergleichszwecken heran (vgl. Abb. 18), wird offensichtlich, dass für Lastwagen bei Fahrstreifenbreiten von 3,50 m der Interpretationsspielraum der Norm ausgeschöpft ist, da ein Überholzuschlag zwischen mittlerem und rechtem Fahrstreifen praktisch nicht vorhanden ist. Die Mehrzahl der in Kap. 2.6.2 geschilderten Fallbeispiele aus Deutschland wies jedoch ebenfalls solche Breiten auf.

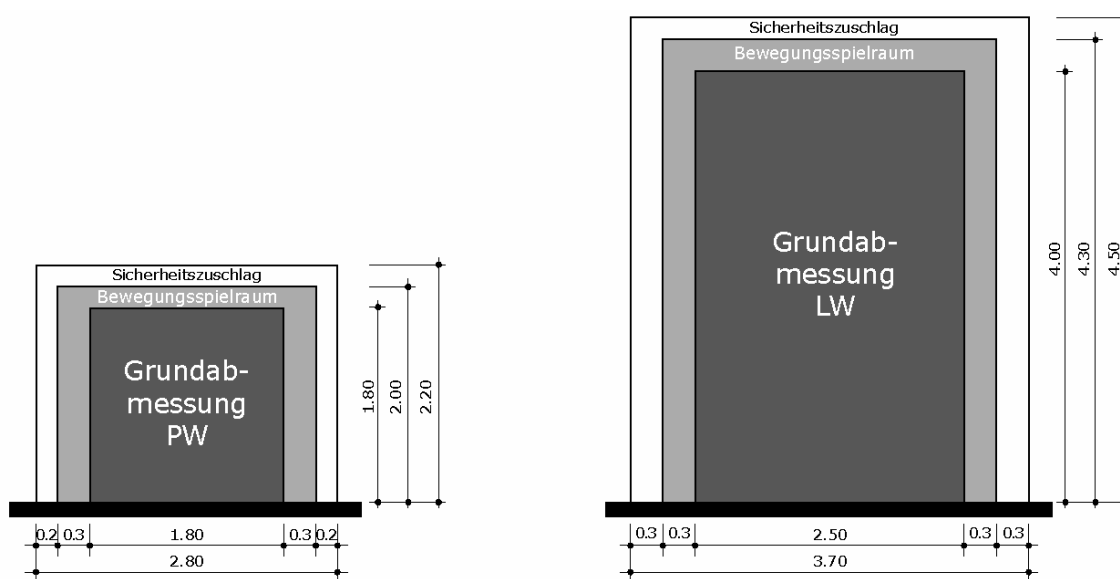





Abb. 23: Massgebendes Lichtraumprofil für Personenwagen und Lastwagen bei einer zulässigen Geschwindigkeit von 80 bzw. 100 km/h gemäss [7]

Ein weiterer Anhaltspunkt bzgl. Fahrstreifenbreiten findet sich in der VSS-Norm SN 640 885c „Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen“ [14]. Darin werden in Abhängigkeit der signalisierten Höchstgeschwindigkeit Richtwerte für Fahrstreifenbreiten im Baustellenbereich von Autobahnen angegeben. Dabei soll die Breite B1, welche für Lastwagen relevant ist, auf mindestens einem Fahrstreifen pro Fahrtrichtung vorhanden sein (siehe Tab. 12). Da Baustellen auf Autobahnen jeweils einen Kompromiss zwischen wirtschaftlichem Bauen und Gewährleistung eines sicheren Verkehrsablaufs darstellen und zudem zeitlich begrenzt sind, liegen die in Tab. 12 angegebenen tieferen Richtwerte für den „Normalfall“ im Hinblick auf eine abschnittsweise Standstreifenumwidmung unter den aus Sicht der Verkehrssicherheit anzustrebenden Werten.

	Geschwindigkeitsbegrenzung [km/h]	Fahrstreifenbreiten [m]	
		B2	B1
Fahrstreifen mit Beschränkung	—		—
Normalfall	100, evtl. 80	2,75 – 3,25	3,25 – 3,50
Minimum	80, evtl. 60	2,50	3,00

Tab. 12: Fahrstreifenbreiten in Baustellenbereichen auf Autobahnen in Abhängigkeit der signalisierten Höchstgeschwindigkeit gemäss [14]

Ausgehend von den Fahrstreifenbreiten der reduzierten ASTRA-Profilen und den Empfehlungen in Baustellenbereichen sowie den vorangegangenen Überlegungen zu den massgebenden Lichtraumprofilen lassen sich die in der folgenden Tabelle dargestellten Fahrstreifenbreiten in Abhängigkeit der signalisierten Höchstgeschwindigkeit ableiten.

Geschwindigkeitsbegrenzung [km/h]	Fahrstreifenbreite [m]	
	Personenwagen	Lastwagen
	≥ 3,25	≥ 3,50
	3,00 – 3,25 und 	3,35 – 3,50

Tab. 13: Empfohlene Fahrstreifenbreiten für Umwidmungsvorhaben in Abhängigkeit der zugelassenen Fahrzeugarten und signalisierten Höchstgeschwindigkeit

Die in Tab. 13 empfohlenen Richtwerte erlauben die Umwidmung des Standstreifens, wenn die Fahrbahnbreite dem ASTRA-Standardprofil oder dem reduzierten Profil einer zwei- oder dreistreifigen Autobahn entspricht. Ein Überholverbot für Lastwagen ist aus geometrischen Gründen nicht erforderlich. Die gemäss den ASTRA Normalprofiltypen notwendige lichte Breite und lichte Höhe muss über den ganzen zur Umwidmung vorgesehenen Abschnitt vorhanden sein. Seitliche Hindernisse oder örtlich reduzierte Standstreifenbreiten können eine Umwidmung unter Umständen verunmöglichen. Allfällig erforderliche Anpassungen wie z.B. das Verschieben von Widerlagern oder Stützen von Überführungen können sich als sehr aufwändig verweisen.

4.1.4 Aufteilung der Fahrbahn in Abhängigkeit der Betriebsform

Die Aufteilung der vorhandenen Fahrbahn in die einzelnen Fahrstreifen sollte prinzipiell unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsform (permanent oder temporär) erfolgen. Wenn für benachbarte Fahrstreifen, auf welchen schwere Motorfahrzeuge zugelassen sind, teilweise Breiten von weniger als 3,50 m erforderlich werden, wird bei abschnittswisen permanenten Umwidmungen aus Sicherheitsgründen empfohlen, den äusseren rechten Fahrstreifen breiter als die mittleren auszuführen, da auf diesem der Grossteil der Lastwagen verkehrt.

Bei abschnittswisen temporären Umwidmungen sollte hingegen von obiger Empfehlung für die Aufteilung der Fahrbahn abgewichen werden, da der Standstreifen nur zu gewissen Tageszeiten und jeweils nur für wenige Stunden für den fliessenden Verkehr freigegeben wird. Bei dieser Betriebsform ist nämlich der Grundzustand ohne Standstreifenfreigabe als massgebend zu betrachten, welcher während der überwiegenden Zeit in Betrieb ist. Auf dem Normalfahrstreifen ist dann eine Breite von 3,50 m, auf dem Überholfahrstreifen eine Breite von $\geq 3,25$ m anzustreben. Resultiert bei dieser Vorgabe eine Standstreifenbreite von weniger als 3,50 m, lässt sich im Grundzustand (ohne Standstreifenfreigabe), und wenn der Überholfahrstreifen mindestens eine Breite von 3,25 m aufweist, eine höhere Geschwindigkeit signalisieren als während der Freigabe.

Die folgenden Abbildungen zu den Fahrstreifenaufteilungen basieren auf der ASTRA-Richtlinie [21], wurden jedoch gemäss den Erkenntnissen aus Kapitel 4.1.3 sowie den obigen Empfehlungen teilweise angepasst.

- **Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen ASTRA-Standardprofil**

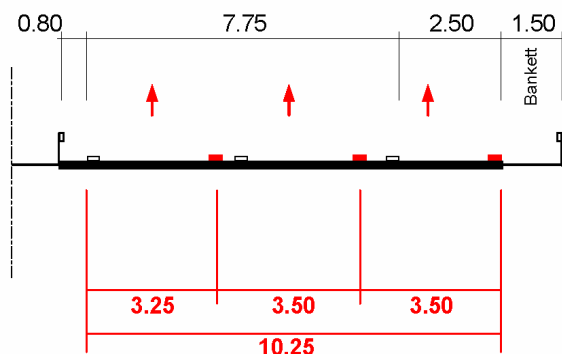


Abb. 24: Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen ASTRA-Standardprofil bei permanenter Betriebsform

Die Aufteilung entspricht den Angaben in der ASTRA-Richtlinie [21] und wird für permanente Umwidmungen empfohlen.

Eine Geschwindigkeitslimite von 100 km/h wird als erforderlich erachtet.

Bezüglich Lastwagen sind keine Einschränkungen nötig.

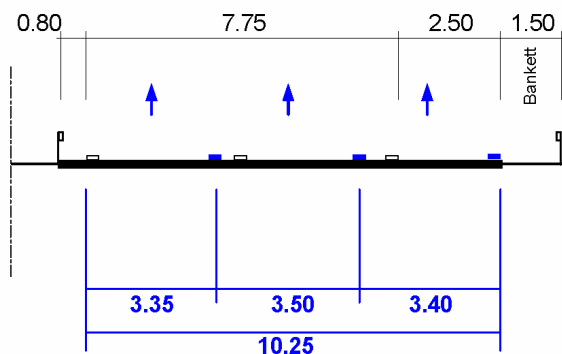


Abb. 25: Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen ASTRA-Standardprofil bei temporärer Betriebsform

Bei temporärer Umwidmung sollte der Überholfahrstreifen zu Lasten des Standstreifens verbreitert werden.

Im Grundzustand kann somit eine Geschwindigkeitslimite von 100 km/h signalisiert werden, und nur während der Freigabe ist eine Reduktion auf 80 km/h erforderlich.

Bezüglich Lastwagen sind keine Einschränkungen nötig.

- **Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen reduzierten ASTRA-Profil**

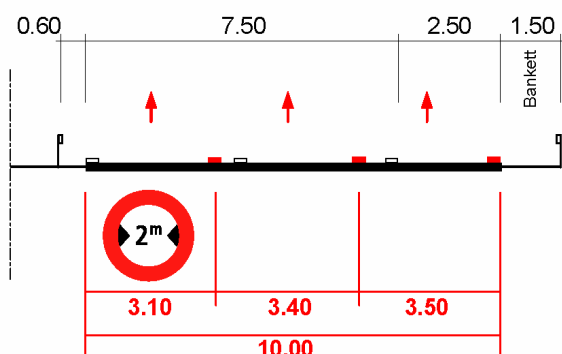


Abb. 26: Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei permanenter Betriebsform

Die Aufteilung, welche für permanente Umwidmungen empfohlen wird, weicht von den Angaben in der ASTRA-Richtlinie [21] ab.

Eine Geschwindigkeitslimite von 80 km/h wird als erforderlich erachtet (100 km/h in [21]).

Benachbarte Fahrstreifen, auf welchen Lastwagen zugelassen sind, sollen so breit wie möglich ausgebildet werden.

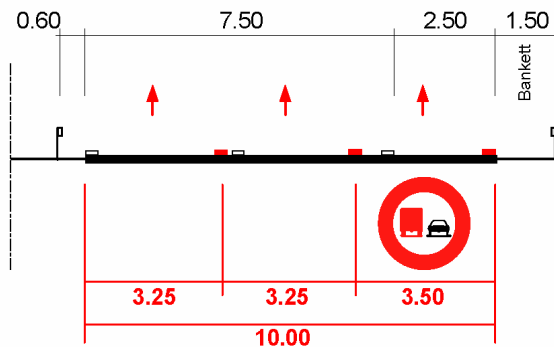


Abb. 27: Alternative Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei permanenter Betriebsform

Bei dieser alternativen Aufteilung muss die Geschwindigkeitslimite nur auf 100 km/h reduziert werden. Da jedoch aus geometrischen Gründen ein Überholverbot für Lastwagen erforderlich wird, eignet sich diese Aufteilung ausschliesslich für permanente Umwidmungen.

Eine Breitenbeschränkung auf dem Überholfahrstreifen ist nicht notwendig.

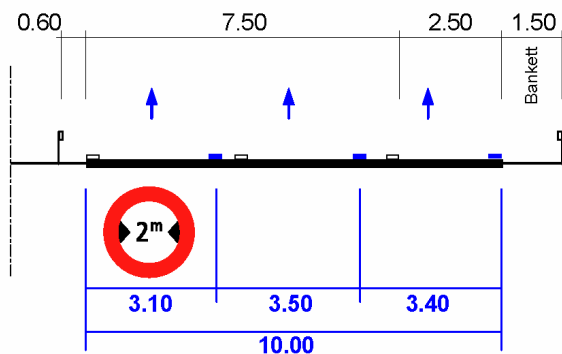


Abb. 28: Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei temporärer Betriebsform

Bei temporärer Umwidmung kann der Normalfahrstreifen (im Grundzustand) zu Lasten des Standstreifens verbreitert werden.

Sowohl im Grundzustand als auch bei Freigabe des Standstreifens muss jedoch die zulässige Geschwindigkeit auf 80 km/h reduziert und auf dem Überholfahrstreifen eine Breitenbeschränkung signalisiert werden.

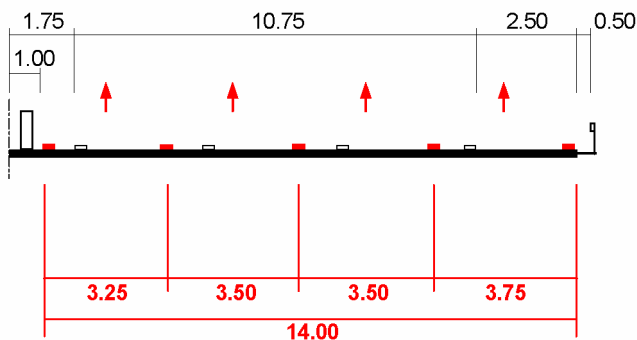
Für schmalere Fahrbahnbreiten als beim reduzierten zweistreifigen ASTRA-Profil kann eine Standstreifenumwidmung unter bestimmten Voraussetzungen und dann nur mit Einschränkungen realisiert werden. Gemäss [21] hat die Umwidmung dabei nachweislich einen Sicherheitsgewinn herbeizuführen.

Für eine Fahrbahnbreite von 9,75 m wird eine Aufteilung von 3,00 / 3,25 / 3,50 empfohlen, für eine Fahrbahnbreite von 9,50 m eine Aufteilung von 3,00 / 3,00 / 3,50. Die Geschwindigkeit ist in beiden Fällen auf maximal 80 km/h zu beschränken. In städtischen Bereichen, wo im Normalfall bereits tiefere Limiten gelten, ist auch eine Beschränkung auf 60 km/h denkbar. Gleichzeitig ist ein Überholverbot für Lastwagen sowie eine Breitenbeschränkung für Fahrstreifen kleiner als 3,25 m zu signalisieren. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass bei diesem Geschwindigkeitsniveau die Stauanfälligkeit stark erhöht wird.

Für Fahrbahnbreiten kleiner als 9,50 m sollte aus Sicherheitsgründen auf eine Umwidmung verzichtet werden⁵.

⁵ Zwar enthält die ASTRA-Richtlinie auch Angaben für Fahrbahnbreiten von 9,25 m. Die daraus resultierenden Fahrstreifenbreiten von 3,00 / 3,00 / 3,25 sind nach Auffassung der Forschungsstelle jedoch für schwere Motorfahrzeuge unzureichend (vgl. Tab. 13).

• **Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen ASTRA-Standardprofil**

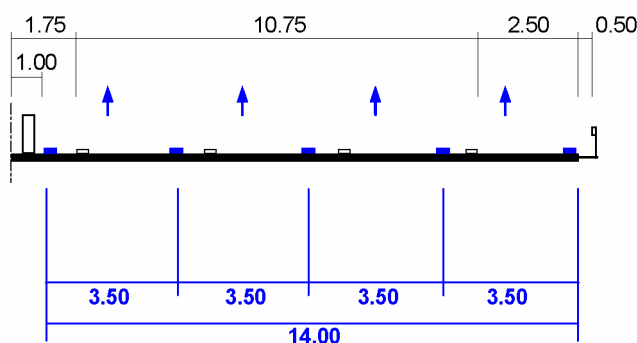


Die Aufteilung entspricht den Angaben in der ASTRA-Richtlinie [21] und wird für permanente Umwidmungen empfohlen.

Eine Geschwindigkeitslimite von 100 km/h ist erforderlich.

Bezüglich Lastwagen sind keine Einschränkungen nötig.

Abb. 29: Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen ASTRA-Standardprofil bei permanenter Betriebsform

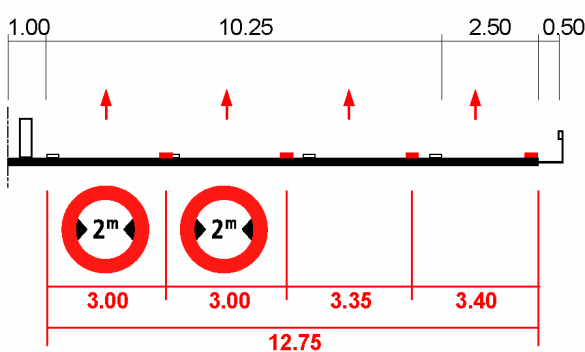


Bei temporärer Umwidmung wird empfohlen, den Überholfahrstreifen zu Lasten des Standstreifens zu verbreitern.

Mit dieser Aufteilung muss im Grundzustand die zulässige Höchstgeschwindigkeit nicht reduziert werden. Während der Freigabe des Standstreifens muss jedoch eine Reduktion auf 100 km/h erfolgen.

Abb. 30: Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen ASTRA-Standardprofil bei temporärer Betriebsform

• **Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen reduzierten ASTRA-Profil**



Die empfohlene Aufteilung weicht von den Angaben in der ASTRA-Richtlinie [21] ab und wird nur für permanente Umwidmungen empfohlen. Die minimale Breite von Fahrstreifen, auf welchen Lastwagen zugelassen sind, sollte 3,35 m nicht unterschreiten.

Eine Geschwindigkeitslimite von 80 km/h wird als erforderlich erachtet. Die Fahrstreifen 3 und 4 sind mit einer Breitenbeschränkung von 2 m zu signalisieren.

Abb. 31: Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei permanenter Betriebsform

Bei geringeren Fahrbahnbreiten als beim reduzierten dreistreifigen ASTRA-Profil sollte aus Sicherheitsgründen auf eine Umwidmung verzichtet werden.

4.1.5 Sichtverhältnisse

Bei der Umwidmung des Standstreifens müssen die vorhandenen Sichtverhältnisse, insbesondere in Rechtskurven, überprüft werden. Die Anhaltesichtweite gemäss VSS-Norm SN 640 090b „Projektierung, Grundlagen; Sichtweiten“ [3] muss dabei über den gesamten umgewidmeten Abschnitt gewährleistet sein. Die erforderliche Anhaltesichtweite ist von der signalisierten Geschwindigkeit und der Längsneigung abhängig. Für Längsneigungen zwischen +2% und -2% und Geschwindigkeiten von 100 km/h liegt sie im Bereich von ca. 130 m bis 140 m, für Geschwindigkeiten von 80 km/h zwischen ca. 90 m und 95 m.

Eingeschränkte Sichtverhältnisse können beispielsweise auf Grund von Fahrzeugrückhaltesystemen oder Lärmschutzwänden resultieren, aber auch der Verkehr selbst kann zu Sichtbehinderungen führen. Daher ist eine ausreichende Sicht auf die Signale auch unter Betriebsbedingungen jederzeit zu gewährleisten. Diese Forderung spricht gegen eine seitliche Signalisierung bei temporärer Umwidmung von ursprünglich dreistreifigen in vierstreifige Querschnitte und muss im Einzelfall überprüft werden.

4.1.6 Nothaltebuchten

In Kapitel 2.2 wurden die Aufgaben und Funktionen von Standstreifen bereits ausführlich erläutert. Bei einem Wegfall des Standstreifens zu Gunsten eines zusätzlichen Fahrstreifens zur Erhöhung der Kapazität auf einem Autobahnabschnitt stellt sich die Frage, wo dann Pannenfahrzeuge anhalten können. Durch Nothalte auf der Fahrbahn wird einerseits der Verkehrsablauf gestört, was der beabsichtigten Kapazitätserhöhung entgegen wirkt, andererseits stellen stehende Fahrzeuge auf schnell befahrenen Strassen ein nicht unerhebliches Risiko für die Verkehrssicherheit dar. Daher müssen diese Defizite bzgl. Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit mit entsprechenden Massnahmen kompensiert werden.

Eine mögliche Alternative zu den Standstreifen stellen die sogenannten Ausstell- oder Nothaltebuchten dar. Neben deren Ausgestaltung stellt sich dabei auch die Frage des zweckmässigen Abstands zwischen den einzelnen Nothaltebuchten und deren Nutzen. Diesen Fragestellungen wurde in einer neueren Forschungsarbeit aus Deutschland detailliert nachgegangen [18]. Zur Beurteilung der Sicherheitswirkung wurden mittels Literaturlauswertungen und Auswertungen von Notrufprotokollen die Halte- bzw. Pannensraten analysiert. Dabei zeigten sich zum Teil sehr grosse Unterschiede auf Grund unterschiedlicher Untersuchungsmethoden und -zeiträume. Zu unterscheiden ist zwischen freiwilligen (eigentlich verbotenen) Halten und gezwungenen Nothalten wegen Pannen. Generell hat sich die Nothalterate dank zuverlässigerer Fahrzeuge in den letzten 20 Jahren um ca. 90% reduziert.

Während die freiwilligen Halte nicht verkehrsbehindernd sind, muss bei den Nothalten zwischen verkehrsbehindernden und nicht behindernden Halten differenziert werden. Dabei erweisen sich die verkehrsbehindernden Halte als besonders problematisch, da die Restkapazität des Querschnitts bei Blockierung eines Fahrstreifens in Folge der Verflechtungsvorgänge unter die Kapazität des ursprünglichen Querschnitts vor der Umwidmung sinkt⁶. Gemäss den Untersuchungsergebnissen in [18] ist die Häufigkeit der Halte bei fehlendem Standstreifen von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Die gesamte Halterate (freiwillig und Nothalte) schwankt zwischen 35 und 230 Halten pro Mio.Fz.km. Die Nothalterate liegt dagegen bei tiefen 0.5 bis 3.9 Halten pro Mio.Fz.km.
- Die Anzahl der freiwilligen Halte in Nothaltebuchten beträgt demnach rund 89%. Von den 11% Nothalten können sich 85 bis 90% der Pannenfahrzeuge in eine Bucht retten (bei mittleren Abständen zwischen den Nothaltebuchten von 1'000 m).
- Bei Personenwagen ist die Pannensrate bis zu zweimal höher als bei Lastwagen.

⁶ Für deutsche Verhältnisse wird von einer Restkapazität für zweistreifige BAB zwischen 1'200 und 1'500 Mfz/h, für dreistreifige BAB zwischen 2'500 und 2'800 Mfz/h ausgegangen.

- In Ballungsräumen mit hohem Verkehrsaufkommen ereignen sich mehr Pannen.
- Je höher der Schwerverkehrsanteil, desto wahrscheinlicher werden verkehrsbehindernde Halte, da sich nur rund 50% der Lastwagen mit einem Defekt in eine Bucht retten können.
- Je höher der DTV, desto häufiger können unfreiwillige Nothalte beobachtet werden, je kleiner der DTV, desto häufiger erfolgen freiwillige Halte, da das Wiedereinfädeln in den fließenden Verkehr einfacher wird.
- Je kleiner der Abstand zwischen den Nothaltebuchten ist, desto weniger treten verkehrsbehindernde Nothalte auf.
- Je länger und breiter eine Nothaltebucht angelegt wird (Komfort und Attraktivität), desto höher wird der Anteil der freiwilligen Halte.
- Auf Steigungsstrecken ist mit höheren Pannensraten und grösseren Anteilen an verkehrsbehindernden Halten zu rechnen.
- Auf Strecken mit ausgeprägtem Ferienverkehr und attraktiver Umgebung können deutlich häufiger freiwillige Halte in Buchten festgestellt werden.

Für schweizerische Verhältnisse kann die Pannensrate auf Autobahnen anhand der Einsatzstatistik des Touring Club Schweiz (TCS) abgeschätzt werden, welche den grössten Teil der Pannendienste auf Schweizer Autobahnen erbringt. Gemäss Tab. 14 ereigneten sich im Jahr 2006 auf den Schweizer Autobahnen durchschnittlich nur noch 1,64 Pannen pro Mio.Fz.km. Gegenüber 2002 konnte zudem ein Rückgang von rund 30% festgestellt werden. Wird von insgesamt zwei Pannen pro Mio.Fz.km ausgegangen, ist auf einem 2 km langen und hoch belasteten Abschnitt mit einem richtungsbezogenen DTV von 50'000 Mfz/Tag mit nur einer Panne in 5 Tagen zu rechnen.

Jahr	Einsätze TCS-Pannendienst auf CH-Autobahnen	Jährliche Fahrleistung auf CH-Autobahnen [Mio.Fz.km]	Pannensrate [Anzahl Pannen / Mio.Fz.km]
2002	47'450 [39]	19'999 [37]	2,37
2006	36'800 [38]	22'413 [37]	1,64

Tab. 14: Mittlere Pannensrate auf Autobahnen in der Schweiz in den Jahren 2002 und 2006

Obwohl eine Panne auf der Autobahn heute nur noch ein seltenes Ereignis darstellt, wird die Anordnung von Nothaltebuchten bei fehlendem bzw. umgewidmetem Standstreifen für gewisse Anwendungsfälle dennoch empfohlen. Aus den Ausführungen in [18] geht hervor, dass die Geometrie und die Abstände zwischen den Buchten entscheidend für deren sachgemässe Nutzung sind. Je kleiner die Abstände, desto weniger ist mit verkehrsbehindernden Halten zu rechnen, je komfortabler die Nothaltebuchten ausgestaltet sind, desto mehr ist mit unerwünschten freiwilligen Halten zu rechnen. Ein maximaler Abstand von rund 1'000 m erscheint aus Sicherheitsgründen auf der offenen Strecke ausreichend, aus Sicht der Unterhaltssdienste können je nach den örtlichen Gegebenheiten aber auch kürzere Abstände von nur 500 m erforderlich werden (vgl. Kap. 2.3). Dies muss mit den zuständigen Stellen jeweils abgeklärt werden.

In Übereinstimmung mit der ASTRA-Richtlinie [21] kann bei den meisten Anwendungsfällen der Gruppe A (Umwidmungen im Bereich von Anschlüssen und Verzweigungen) auf Nothaltebuchten verzichtet werden, da die Abschnitte ohne Standstreifen in der Regel kürzer als 1'000 m sind. Hingegen wird auf Steigungsabschnitten mit umgewidmetem Standstreifen (Zusatzstreifen), die gemäss [5] eine Länge von mindestens 1'000 m aufweisen sollen, die Anordnung von Nothaltebuchten in Abständen von 500 m bis maximal 800 m empfohlen.

Bei den Anwendungsfällen der Gruppe B (Umwidmung zwischen zwei oder über mehrere Anschlüsse hinweg) sollten mindestens alle 1'000 m Nothaltebuchten angeordnet werden, unabhängig davon, ob

die Umwidmung permanent oder nur temporär erfolgt. Kürzere Abstände von 500 m bis 800 m können generell in Ballungsräumen sowie bei hohen Schwerverkehrsanteilen oder wegen spezieller Bedürfnisse des Unterhalts notwendig werden. Ist wegen örtlicher Gegebenheiten die Anordnung von Nothaltebuchten nicht möglich oder mit sehr hohen Kosten verbunden, obwohl diese aus Sicht der Verkehrssicherheit und des Unterhalts notwendig wären, kann eine temporäre Betriebsform ohne Nothaltebuchten unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile prüfenswert sein.

In Bezug auf die geometrische Ausgestaltung der Nothaltebuchten werden in der deutschen Untersuchung [18] sowie teilweise in der ASTRA-Richtlinie [21] folgende Empfehlungen angegeben:

- Länge ≤ 80 m, Breite ≥ 3.50 m, Abschägung der Stirnwände $\leq 1 : 3$
- Notrufsäule bei etwa $1/3$ der Gesamtlänge, wobei zusätzlich eine Fahrzeugdetektion und Videoüberwachung empfohlen wird.
- Entwässerung nach aussen sowie Randeinfassungen zum Schutz gegen negative Umweltauswirkungen.
- Schutzeinrichtungen entsprechend der Strecke, linienförmige Umrandung der Nothaltebucht zur besseren Erkennbarkeit.
- Signalisierung der Buchten gemäss Strassensignalisationsverordnung (SSV, Art. 47, Abs. 5) mit dem Signal „Abstellplatz für Pannenfahrzeuge“ (Sig. 4.16) sowie entsprechende Vorsignalisierung im Abstand von mindestens 500 m.

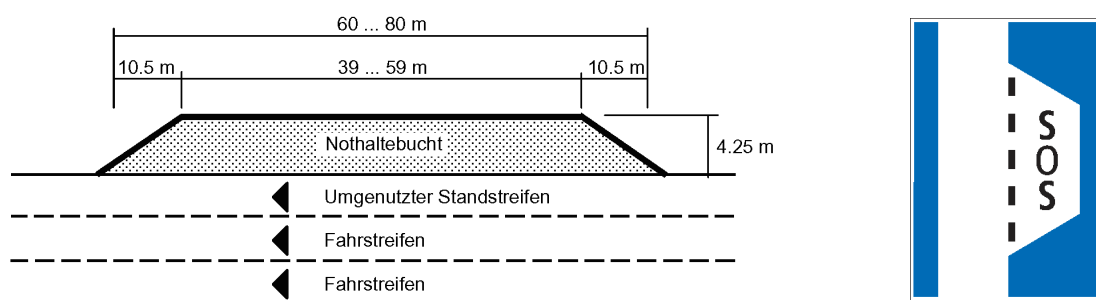


Abb. 32: Geometrische Ausgestaltung einer Nothaltebucht im Bereich von umgewidmeten Standstreifen gemäss [21] und Signal „Abstellplatz für Pannenfahrzeug“

4.1.7 Anschlussbereiche

Bei permanenter Umwidmungen des Standstreifens zwischen zwei oder über mehrere Anschlüsse hinweg (Anwendungsfälle der Gruppe B) wird der neue Querschnitt im Normalfall mittels einer Fahrstreifenaddition eingeleitet und in der nächsten Ausfahrt mittels einer Fahrstreifenubtraktion beendet (Variante 1). Diese Variante ist geeignet, wenn ein- und ausfahrende Verkehrsströme gross sind und nachgewiesen werden kann, dass die Fahrstreifenreduktion zwischen Aus- und Einfahrt nicht zum Leistungsgengpass wird (vgl. auch Kapitel 3.5).

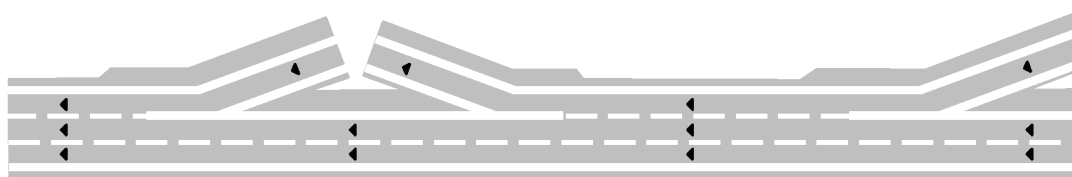


Abb. 33: Prinzipskizze einer permanenten Standstreifenumwidmung zwischen Anschlüssen mit Einleitung in der Einfahrt und Abbau in der Ausfahrt gemäss [21] (Variante 1)

Sind diese Bedingungen nicht gegeben, so muss der umgewidmete Standstreifen über den Anschlussbereich hinweggeführt werden (Variante 2). Dabei müssen die Beschleunigungs- und Verzögerungsstreifen nach aussen verlegt werden, was zu umfangreichen baulichen Anpassungen führt.

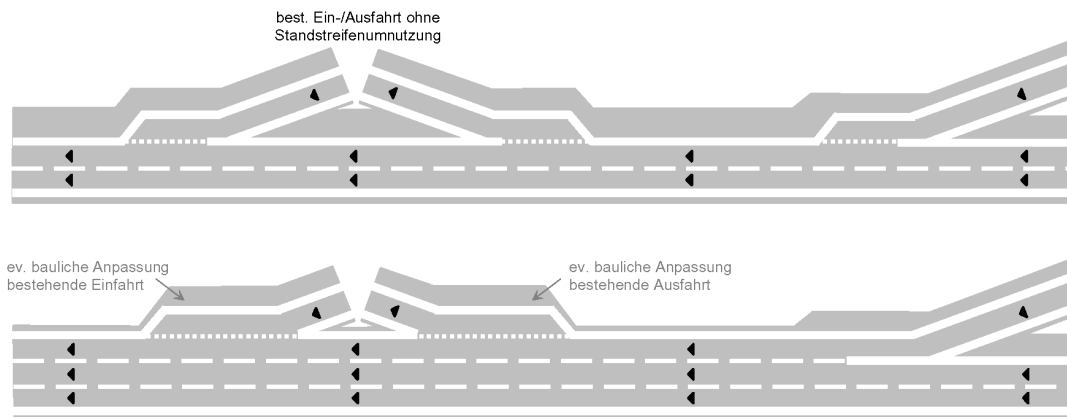


Abb. 34: Prinzipskizze einer permanenten Standstreifenumwidmung über Anschlüsse hinweg (unten) bzw. Ausgangslage vor der Umwidmung (oben) gemäss [21] (Variante 2)

Auf Grund der unterschiedlichen Breiten zwischen dem ursprünglichen und dem umgewidmetem Standstreifen muss im Anschlussbereich über eine bestimmte Länge eine Querschnittsanpassung erfolgen. Die Länge dieser sogenannten Verziehung, auf welcher die durchgehenden Fahrstreifen der HLS eine Querverschiebung erfahren, richtet sich nach der VSS-Norm SN 640 261 „Knoten; Kreuzungsfreie Knoten“ [8]. Die Verziehungslänge L_V [m] ist abhängig von der Projektierungsgeschwindigkeit V_p [km/h] und der massgebenden Querverschiebung d' [m]. Sie ist im Allgemeinen für alle Fahrstreifenränder gleich gross anzunehmen (siehe Abb. 35) und berechnet sich gemäss nachstehender Formel.

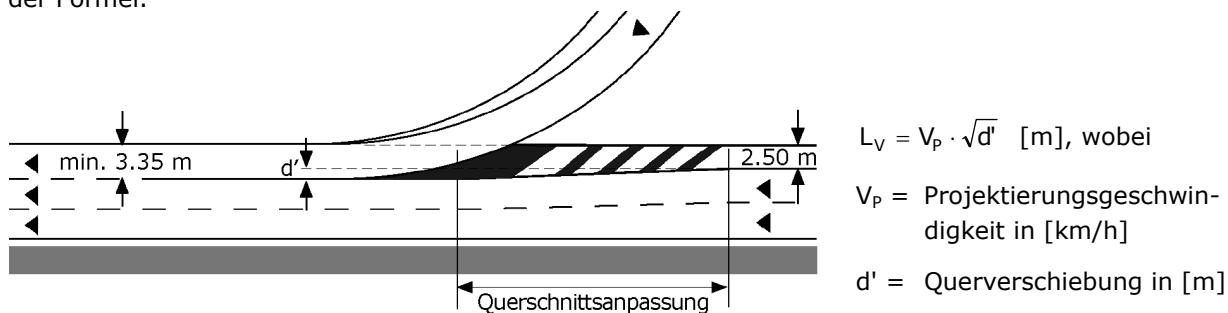


Abb. 35: Prinzipskizze der Querschnittsanpassung im Anschlussbereich für die anschliessende Standstreifenumwidmung

Im Anwendungsfall dürfte die Querverschiebung etwa 1 m betragen, was je nach signalisierter Geschwindigkeit zu Verziehungslängen in der Grössenordnung zwischen 80 und 100 m führt.

Wie bereits erwähnt, müssen bei einer über den Anschlussbereich geführten Standstreifenumwidmung die Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen nach aussen verlegt werden. Deren erforderliche Länge richtet sich ebenfalls nach der VSS-Norm SN 640 261 „Knoten; Kreuzungsfreie Knoten“ [8]. Auf Grund der nach der Umwidmung auf maximal 100 km/h reduzierten Höchstgeschwindigkeit kann die Länge des Verzögerungsstreifens gegenüber der ursprünglich vorhandenen Länge unter Umständen kürzer ausfallen.

Die Länge des Verzögerungstreifens setzt sich nach [8] aus einem Ausscherbereich (Länge L_D) und einem Verzögerungsbereich (Länge L_R) zusammen. Die Länge des Ausscherbereichs L_D hängt von der Geschwindigkeit V_p auf der HLS ab und beträgt $0,75 \cdot V_p$.

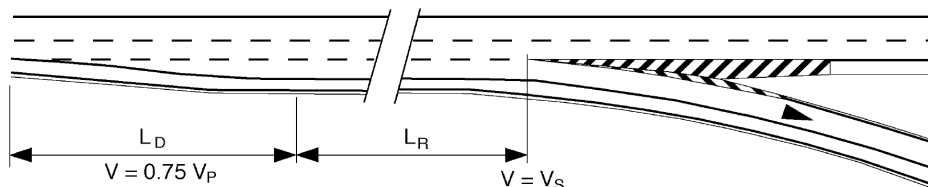


Abb. 36: Ausbildung von Verzögerungstreifen gemäss [8]

Die Länge des Verzögerungsbereichs L_R ist von mehreren Faktoren abhängig. Neben der Längsneigung spielt die Geschwindigkeit V_s am Ende des Verzögerungsbereichs eine massgebende Rolle. Die entsprechende Formel ist in [8] angegeben. Bei einer angenommenen zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h auf der HLS und einer Endgeschwindigkeit V_s von 60 km/h am Beginn der geometrischen Nase beträgt die Länge des Verzögerungsbereichs rund 50 m (bei $i = 0\%$). Dies ergibt eine Gesamtlänge von 125 m.

Der Beschleunigungstreifen besteht nach [8] aus drei Abschnitten, dem Beschleunigungsbereich L_A , dem Manövrierbereich L_M sowie dem Einfädungsbereich L_E . Bei Projektierungsgeschwindigkeiten V_p der durchgehenden Fahrbahn von ≥ 80 km/h beträgt die Gesamtlänge L des Beschleunigungstreifens maximal 300 m und setzt sich wie folgt zusammen: $L_A = 75$ m, $L_M = 150$ m, $L_E = 75$ m.

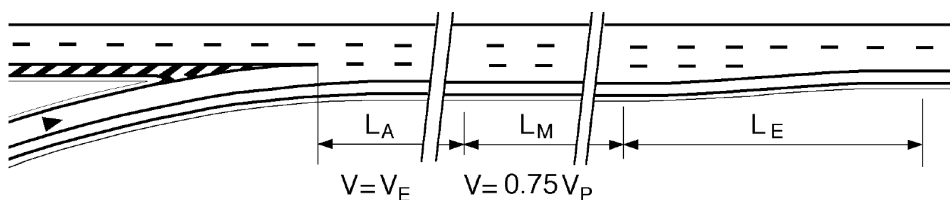


Abb. 37: Ausbildung von Beschleunigungstreifen gemäss [8]

Ist wegen örtlicher Gegebenheiten eine normkonforme Ausgestaltung von nach aussen verlegten Verzögerungs- und Beschleunigungstreifen nicht möglich, sollte auf eine über den Anschluss geführte Umwidmung aus Sicherheitsgründen verzichtet werden.

Im Allgemeinen Rundschreiben Strassenbau Nr. 20/2002 über die Umnutzung des Standstreifens für den fließenden Verkehr [26] des BMVBS wird für Aus- und Einfädungstreifen eine minimale Länge von 150 m gefordert, wenn diese nicht mit der Regellänge ausgeführt werden können.

Bei einer temporären Umwidmung zwischen Anschlüssen wird in der ASTRA-Richtlinie [21] empfohlen, den zusätzlichen Fahrstreifen bei den Ein- und Ausfahrten zu unterbrechen, d.h. den Zusatzfahrstreifen in die Ausfahrt münden zu lassen und mit dem Einfahrtstreifen wieder aufzubauen (Variante 1).

Auf eine durchgehende Nutzung des Standstreifens als Fahrstreifen soll bei temporärer Umwidmung gemäss [21] verzichtet werden, da Schwierigkeiten bzgl. Signalisierung und Markierung befürchtet werden. Wie eine solche Umwidmung in der Praxis aussehen könnte, zeigt das in Kapitel 2.6.2 beschriebene Münchner Fallbeispiel der A99 (vgl. Abb. 15 auf Seite 24) sowie die Ausführungen in Kapitel 4.2.2.

4.2 Signalisierung und Markierung

Bei der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen müssen unabhängig von der Betriebsform (permanent oder temporär) Anpassungen bei der Signalisierung und Markierung erfolgen. Bei der temporären Umwidmung wird der Standstreifen als Querschnittselement beibehalten. Dabei stellen sich verkehrsrechtliche Probleme bzgl. Markierung (Überfahren der durchgezogenen Randlinie) sowie der Verkehrsanordnung (dynamische Signalisierung). In der Regel sollte eine temporäre Umwidmung nur im Rahmen eines Verkehrsleitsystems umgesetzt werden. Bei der permanenten Umwidmung stellt sich diese Problematik insofern nicht, da der Fahrbahnquerschnitt dauerhaft ummarkiert und die statische Signalisation an die neue Situation angepasst wird. Damit ist für die Verkehrsteilnehmer eine betrieblich klare und unmissverständliche Situation gegeben.

Generell erfordern temporäre Umwidmungen eine aufwändigere Signalisierung als permanente Umwidmungen. Während bei der permanenten Umwidmung die Signalisierung grundsätzlich wie bei einem konventionellen Autobahnabschnitt gemäss Strassensignalisationsverordnung (SSV) sowie den entsprechenden VSS-Normen erfolgt, sind bei einer temporären Umwidmung des Standstreifens eine umfangreiche dynamische Signalisierung mit entsprechenden Überwachungseinrichtungen und Verkehrserfassungsquerschnitten im Rahmen eines Verkehrsleitsystems vorzusehen. Für die temporäre Standstreifenumwidmung werden prinzipiell die nachfolgend aufgeführten Signalarten als geeignet erachtet. Die Gefahren-, Vorschrifts- und Hinweissignale sind i.d.R. als Wechselsignale auszugestalten, damit deren Signalbilder in Abhängigkeit der momentanen betrieblichen Anforderungen geschaltet werden können.

Signalart	Signaltyp (Nr. gemäss SSV)	Beispiele
Lichtsignale	<ul style="list-style-type: none"> Fahrstreifenlichtsignalssystem (FLS) für die zeitweilige Sperrung von Fahrstreifen (2.65) Gelbblinker 	
Gefahrensignale	<ul style="list-style-type: none"> Lichtsignal (1.27) Stau (1.31) Andere Gefahren (1.30) Baustelle (1.14) 	
Vorschriftssignale	<ul style="list-style-type: none"> Höchstgeschwindigkeit (2.30) Ende der Höchstgeschwindigkeit (2.53) Freie Fahrt (2.58) Höchstbreite (2.18) Überholverbot für Lastwagen (2.45) 	
Hinweissignale	<ul style="list-style-type: none"> Einspurtafel über Fahrstreifen (4.69) Anzeige der Fahrstreifen (4.77), teilw. angepasst an die temporäre Nutzung des Standstreifens (evtl. ergänzt mit Beschränkungen) Ergänzende Angaben 	

Tab. 15: Mögliche Signaltypen für die temporäre Umwidmung von Standstreifen

Die unter der Rubrik Hinweissignale aufgeführten „Ergänzenden Angaben“ beziehen sich auf Zusatzinformationen unterhalb von Signalen zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77), welche, ähnlich wie in Deutschland, auf die temporäre Freigabe des Standstreifens bei Systemen ohne FLS hinweisen.

Bei der Anordnung der Signale ist im Speziellen darauf zu achten, dass das Lichtraumprofil der Fahrbahn nicht durch die Signalisierung beeinträchtigt wird und deren Sichtbarkeit auch unter Betriebsbedingungen jederzeit gewährleistet ist. In der ASTRA-Richtlinie [21] wird neben einer Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zudem gefordert, in jedem Fall die Notwendigkeit einer vorgelegerten Stauwarnung zu überprüfen und im Bedarfsfall bei allen Anwendungsfällen umzusetzen.

4.2.1 Signalisierung bei permanenter Betriebsform

Verlängerungen von Ein- und Ausfahrten im Bereich von Anschlüssen bzw. von Entflechtungs- und Verflechtungsstrecken im Bereich von Verzweigungen sowie Zusatzstreifen in Steigungen sollen generell in permanenter Betriebsform ausgeführt werden (vgl. Tab. 2). Eine kostspielige temporäre Umwidmung macht bei diesen Anwendungsfällen insofern keinen Sinn, da die Gesamtlänge von umgewidmetem Abschnitt und ursprünglichem Abschnitt nur kurz ist und mit der Umwidmung kein durchgehender Fahrstreifen mit entsprechendem Kapazitätzuwachs geschaffen wird, welcher im Rahmen eines Verkehrsbeeinflussungssystems zur Verkehrsleitung genutzt werden könnte.

Im Folgenden wird auf die Anordnung der Signale und Wegweisung von ausgewählten Anwendungsfällen bei permanenter Betriebsform näher eingegangen. In den Abbildungen sind betriebliche Vorschriftssignale nicht dargestellt, welche die Höchstbreite und Überholverbote für Lastwagen betreffen, da diese stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängen (Fahrstreifenbreiten und Schwerverkehrsanteile) und jeweils im Einzelfall überprüft werden müssen. Hingegen enthalten die Abbildungen beispielhaft die Signale zur Anzeige der Höchstgeschwindigkeit. Da die Geschwindigkeitslimite aber massgeblich von den Fahrstreifenbreiten abhängt (vgl. Kapitel 4.1.3 und 4.1.4), kann bei ausreichenden Abmessungen gegebenenfalls auf eine Geschwindigkeitsreduktion verzichtet werden.

• Verlängerung von Ausfahrten

Die Anordnung der Wegweisung im Bereich von Anschlüssen und Verzweigungen wird ausführlich in der VSS-Norm SN 640 845 „Signale; Anordnung auf Autobahnen“ [12] geregelt. In der nebenstehenden Abbildung ist die normkonforme Wegweisung bei einer Ausfahrt dargestellt. Diese besteht aus einer Ankündigungstafel (bei 1'000 m), einem Vorwegweiser (bei 500 m) und dem Wegweiser zu Beginn des Verzögerungsstreifens.

Bei einer permanenten Verlängerung der Ausfahrt (vgl. Abb. 39) müssen grundsätzlich die Wegweisung vorverlegt und gegebenenfalls die zulässige Höchstgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreiten reduziert werden.

Bis zu einer Gesamtlänge von 1'000 m (Distanz zwischen geometrischer Nase und Beginn Verzögerungsstreifen) ist keine weitere Signalisierung erforderlich. Bei längeren Abschnitten wird aus Gründen der Übersichtlichkeit eine Überkopfwegweisung mit Einspurtafeln (Signal 4.69) empfohlen.

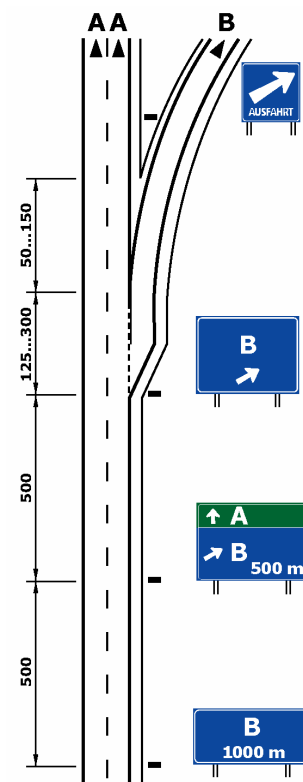


Abb. 38: Wegweisung im Bereich einer Ausfahrt nach [12]

Diese Überlegungen gelten sinngemäss auch vor Verzweigungen, wenn Entflechtungsbereiche verlängert werden. Zu beachten ist dabei, dass die Ankündigungstafel für Verzweigungen normalerweise bei 1'500 m steht, gefolgt von zwei Vorwegweisern bei 1'000 m und 500 m.

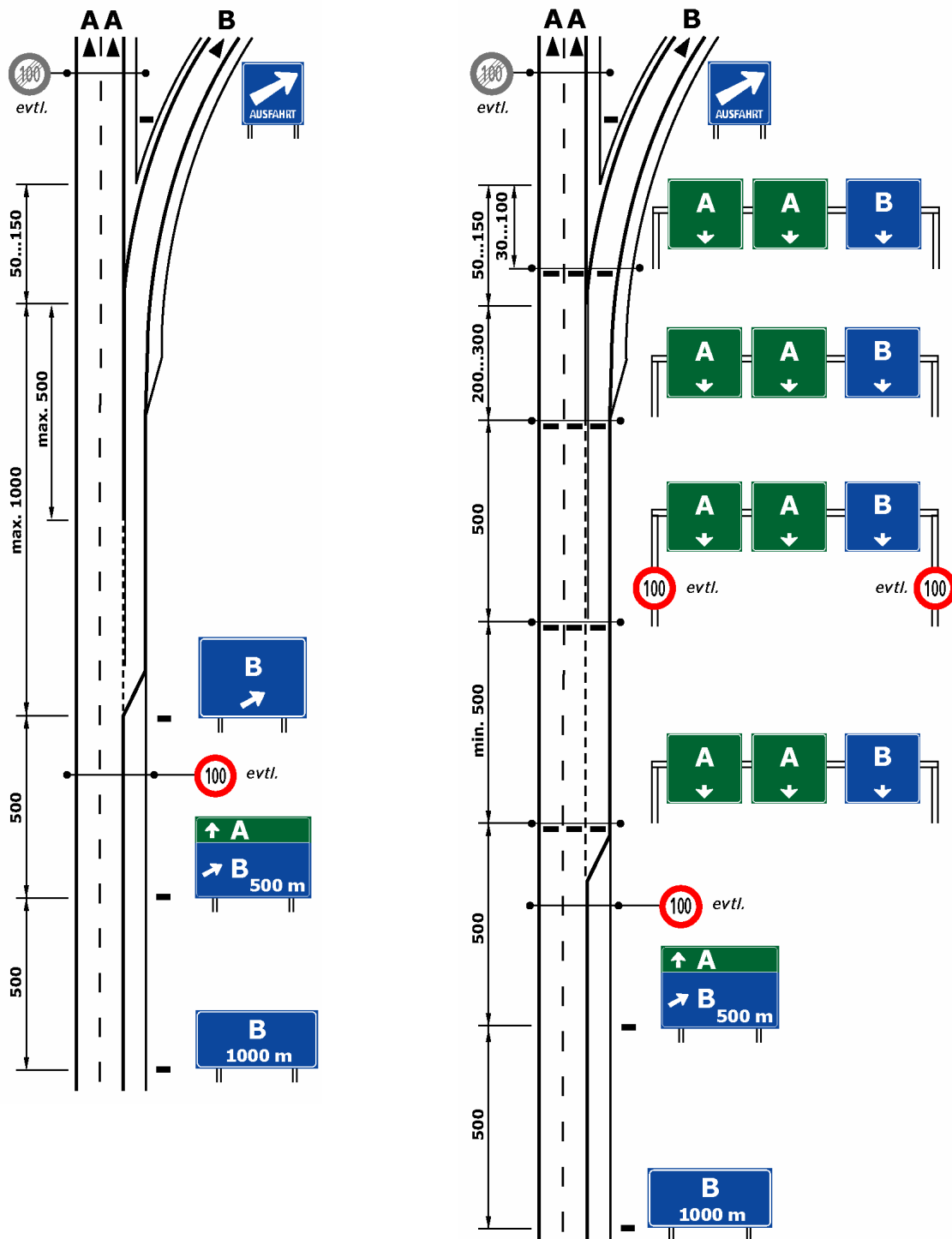


Abb. 39: Vorschlag zur Anordnung der Signale und Wegweiser bei permanent verlängerten Ausfahrten mit einer Gesamtlänge unter 1'000 m (links) und mehr als 1'000 m (rechts)

- **Verlängerung von Einfahrten**

Bei der permanenten Verlängerung von Einfahrten oder von Verflechtungsstrecken in Verzweigungen wird eine Gesamtlänge von maximal 1'000 m empfohlen. Mit Ausnahme der allfälligen Signalisierung einer reduzierten Höchstgeschwindigkeit sind bei diesem Anwendungsfall keine weiteren Signale erforderlich. Unter Umständen muss der Standort der Bestätigungstafel mit den Distanzangaben zu den Fernzielen stromabwärts verschoben werden.

Wird im Rahmen der Verkehrsbeeinflussungsmassnahme „Rampenbewirtschaftung“ der Standstreifen zur Schaffung zusätzlichen Stauraums permanent umgewidmet, ist darauf zu achten, dass der Stauraum physisch von der Hauptfahrbahn abgetrennt ist und die Distanz zwischen der Haltelinie der Lichtsignalanlage auf dem Standstreifen und dem Ende des Beschleunigungsstreifens eine genügende Länge aufweist, um eine ausreichende Beschleunigung der anfahrens Fahrzeuge gewährleisten zu können.

Die Fahrstreifenbreite im Stauraum sollte mindestens 3,00 m betragen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit ist auf 80 km/h zu begrenzen.

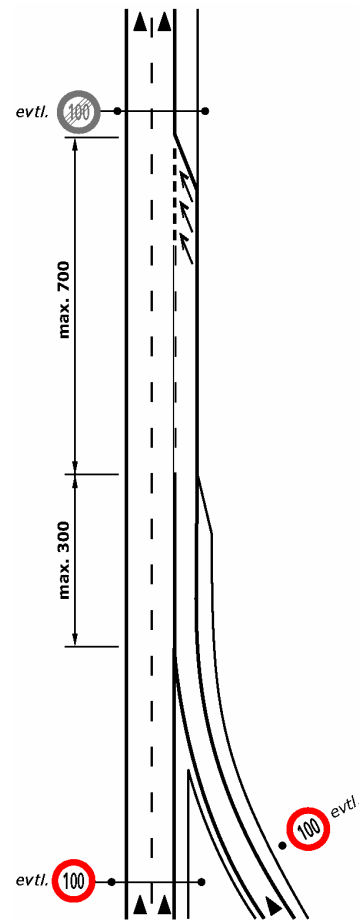


Abb. 40: Vorschlag zur Anordnung der Signale bei permanent verlängerten Einfahrten

- **Zusatzstreifen in Steigungen**

Auf die verkehrstechnischen Einsatzkriterien und die Ausgestaltung von Zusatzstreifen in Steigungen wurde bereits in Kapitel 3.6 hingewiesen. Prinzipiell hat deren Anordnung gemäss VSS-Norm SN 640 138b „Linienführung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen“ [5] zu erfolgen. Sie werden mittels einer linksseitigen Erweiterung eingeleitet und am Ende durch eine Einengung nach rechts aufgehoben.

Auf Hochleistungsstrassen sollten Zusatzstreifen eine Länge von mindestens 1'000 m aufweisen. Die Signalisierung erfolgt prinzipiell mit dem Signaltyp 4.77, dessen Anordnung in der VSS-Norm SN 640 814b „Strassensignale; Anzeige der Fahrstreifen“ [11] geregelt ist. Ergänzend dazu ist auch bei diesem Anwendungsfall die zulässige Höchstgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreiten zu reduzieren.

Einen Spezialfall stellt der kombinierte Anwendungsfall „Verlängerung einer Einfahrt in der Steigung“ dar, welcher in der Praxis häufiger anzutreffen sein dürfte als der oben beschriebene fehlende Zusatzstreifen auf der freien Strecke (siehe nebenstehende Abbildung).

In diesem Fall wird die Einfahrt als Additionsstreifen geführt und am Ende des Abschnitts der Überholstreifen nach rechts abgebaut. Anschliessend erfolgt eine Verschwenkung der Fahrstreifen nach links.

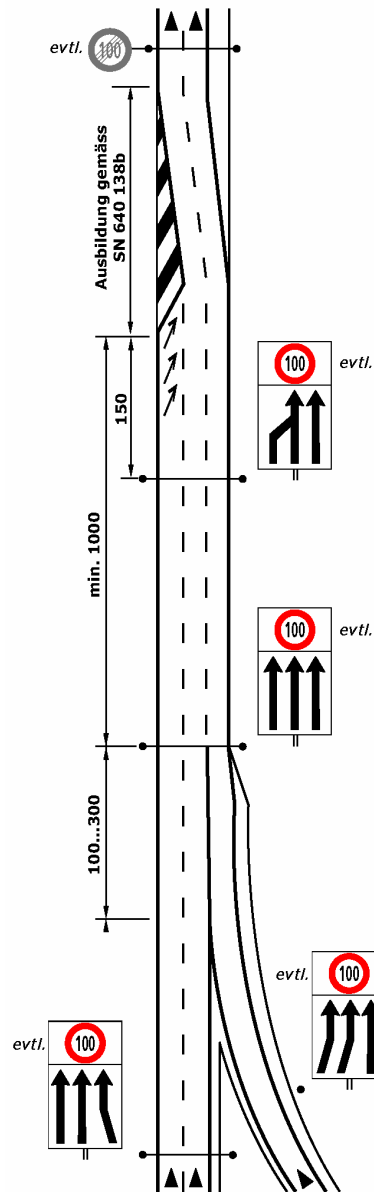


Abb. 41: Vorschlag zur Anordnung der Signale bei permanent verlängerten Einfahrten in Steigungen

4.2.2 Signalisierung bei temporärer Betriebsform

Eine temporäre Umwidmung des Standstreifens sollte grundsätzlich nur für die Anwendungsfälle der Gruppe B in Betracht gezogen werden, wenn bei diesen eine permanente Umwidmung aus diversen Gründen nicht in Frage kommt. Dies betrifft Umwidmungen zwischen zwei oder mehreren Anschlüssen, oder zwischen einem Anschluss und einer darauf folgenden Verzweigung⁷. Mit der temporären Umwidmung zwischen Anschlüssen oder Verzweigungen wird ein durchgehender Fahrstreifen zur Engpassbeseitigung geschaffen, welcher im Rahmen eines Verkehrsbeeinflussungssystems zur Verkehrsleitung genutzt werden kann.

Grundsätzlich sind für die temporäre Betriebsform zwei Varianten der Signalisierung möglich, entweder mit Fahrstreifen-Lichtsignal-Systemen (FLS) oder ausschliesslich mit Wechselsignalen zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77), welche jedoch an die temporäre Betriebsform angepasst werden sollten.

Auf die Anordnung von Wechseltextanzeigen (WTA), wie sie im Vorbereitungsbereich von temporär umgewidmeten Abschnitten im Ausland (F/I/NL/GB, vgl. [35], [40]) oftmals anzutreffen sind und die Verkehrsteilnehmer auf die spezielle Betriebsform aufmerksam machen sollen, wurde bewusst verzichtet, da dieser Verwendungszweck nicht den aktuellen Vorgaben des ASTRA zum Aufbau und Inhalt solcher WTA entsprechen würde [20]. Mit den WTA sollen im Rahmen des Verkehrsmanagements ausschliesslich Informationen über Ort, Ausdehnung und Folge von Störungen im Verkehrsgeschehen sowie daraus ableitbare (verkehrslenkende) Verhaltensempfehlungen dargestellt werden.

Im Folgenden wird auf die Signalisierung der beiden erwähnten Varianten näher eingegangen. In den Abbildungen sind betriebliche Vorschriftssignale nicht dargestellt, welche die Höchstbreite und Überholverbote für Lastwagen betreffen, da diese stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängen (Fahrstreifenbreiten und Schwerverkehrsanteile) und jeweils im Einzelfall überprüft werden müssen. Ebenfalls nicht abgebildet sind die bei Verkehrsleitsystemen üblichen Wechselsignale zur Gefahrenwarnung.

- **Umwidmung zwischen Anschlüssen mit Fahrstreifen-Lichtsignal-Systemen (FLS)**

Bei der temporären Freigabe des Standstreifens mittels FLS zwischen Anschlüssen muss im Vorbereitungsbereich des Umwidmungsabschnitts auf der Stammlinie sowie in der Einfahrt mit den Hinweissignalen 4.77 auf die Zusammenführung von Fahrstreifen hingewiesen werden. Damit soll verhindert werden, dass Verkehrsteilnehmer unnötig vom Normal- auf den Überholfahrstreifen wechseln, mit der Absicht, dem starken Zufluss der Einfahrt das Einfädeln zu ermöglichen. Ebenso sollte in diesem Bereich auch die Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit erfolgen (vgl. Abb. 42). Wenn am Ende des Umwidmungsabschnitts eine Verzweigung anstelle einer Ausfahrt folgt, ist die Reduktion der Anzahl Fahrstreifen wiederum mit dem Signal 4.77 anzuzeigen.

Die Anordnung der FLS-Querschnitte für die temporäre Umwidmung des Standstreifens basiert auf den Kriterien der Sichtbarkeit und Lesbarkeit gemäss VSS-Norm SN 640 802 „Verkehrsbeeinflussung; Fahrstreifen-Lichtsignal-System (FLS)“ [10]. In der Regel sind die Abstände der Signalquerschnitte so zu wählen, dass höchstens drei Sekunden nach der Durchfahrt unter einem Signalquerschnitt ein Signal des nächsten Querschnitts sichtbar ist. Anzustreben sind mittlere Abstände von ca. 450 m, wobei ein maximaler Abstand von 600 m jedoch nicht überschritten werden sollte⁸.

⁷ Von diesem Grundsatz bildet die Rampenbewirtschaftung als Anwendungsfall der Gruppe A eine Ausnahme, wenn zur Schaffung zusätzlichen Stauraums der Standstreifen in der Rampe temporär mitgenutzt wird.

⁸ Beim VBS Grauholz auf der A1 wie auch im Ausland sind aus Kostengründen deutlich grössere Abstände zwischen den Signalquerschnitten vorhanden. Dieser Aspekt ist im Hinblick auf die Normierung zu diskutieren.

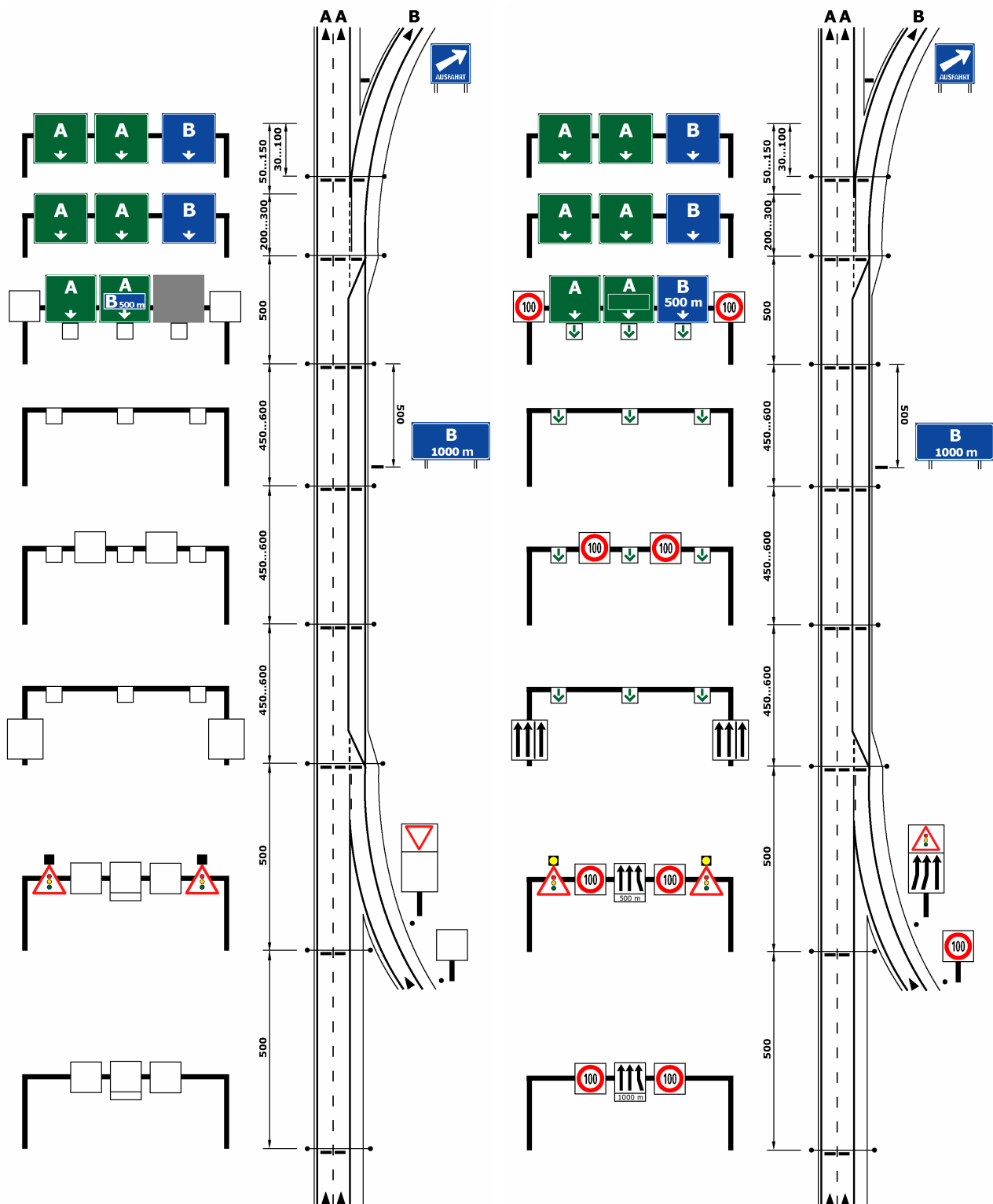


Abb. 42: Vorschlag zur Anordnung der Wechselsignale bei temporärer Umwidmung des Standstreifens zwischen Anschlüssen mit FLS (links: Standstreifen gesperrt bzw. Grundzustand, rechts: Standstreifen für den Verkehr freigegeben)

Die Anordnung der teilweise als Wechselsignale ausgestalteten Einspurtafeln über den Fahrstreifen im Bereich der Ausfahrt bzw. Verzweigung richtet sich nach der VSS-Norm SN 640 845 „Signale; Anordnung auf Autobahnen“ [12].

Wird auf ursprünglich dreistreifigen Richtungsfahrbahnen der Standstreifen zu einem vierten Fahrstreifen temporär umgewidmet, wird zur Signalisierung aus Gründen der Sichtbarkeit unter Betriebsbedingungen zwingend diese Variante mit FLS empfohlen.

Sollten sich nach Inbetriebnahme der Standstreifenumwidmung Fehlbenutzungen des Standstreifens ausserhalb der Freigabezeit häufen, bietet die Variante mit FLS zudem die Möglichkeit, die Sperrung des Standstreifens mit einem roten Kreuz optisch zu unterstreichen. Dabei stellt sich jedoch die Frage, ob dann auf den ursprünglichen Fahrstreifen nicht zwingend grüne Pfeile angezeigt werden müssten. Damit wäre das FLS ständig in Betrieb und würde dem Grundsatz widersprechen, dieses nur in Ausnahmezuständen zu aktivieren.

- **Umwidmung zwischen Anschlüssen mit Signalen zur Anzeige der Fahrstreifen (4.77)**

Als Alternative zur kostspieligen Variante mit FLS-Querschnitten besteht auch die Möglichkeit, die temporäre Freigabe des Standstreifens ausschliesslich mit Wechselsignalen zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77) umzusetzen. Diese Art der Signalisierung ist in Deutschland weit verbreitet, wobei seit dem 1. Januar 2002 speziell auf diese Situation zugeschnittene Verkehrszeichen in der deutschen Strassenverkehrsordnung (StVO) verankert wurden (vgl. Abb. 43).

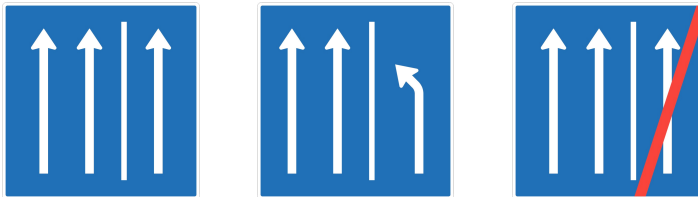


Abb. 43: In Deutschland gebräuchliche Verkehrszeichen zur zeitweisen Freigabe des Seitenstreifens – Seitenstreifen befahren (links), Seitenstreifen räumen (Mitte), Seitenstreifen nicht mehr befahren (rechts)

Für schweizerische Verhältnisse wird empfohlen, das Hinweissignal zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77) an die temporäre Nutzung des Standstreifens anzupassen und mit zusätzlichen Angaben zu ergänzen, welche auf die Möglichkeit zur Mitbenutzung des Standstreifens hinweisen (vgl. Abb. 44). Da eine temporäre Umwidmung prinzipiell mit einer Fahrstreifenaddition beginnen und mit einer Fahrstreifenabstraktion ausserhalb des Standstreifens enden sollte, erübrigt sich die Anpassung der Signale zur Anzeige der Vermehrung bzw. Verringerung von Fahrstreifen.

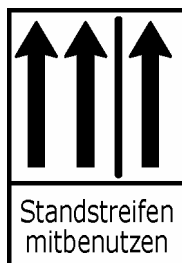


Abb. 44: Angepasstes Hinweissignal zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77) mit ergänzenden Angaben zur temporären Benutzung des Standstreifens

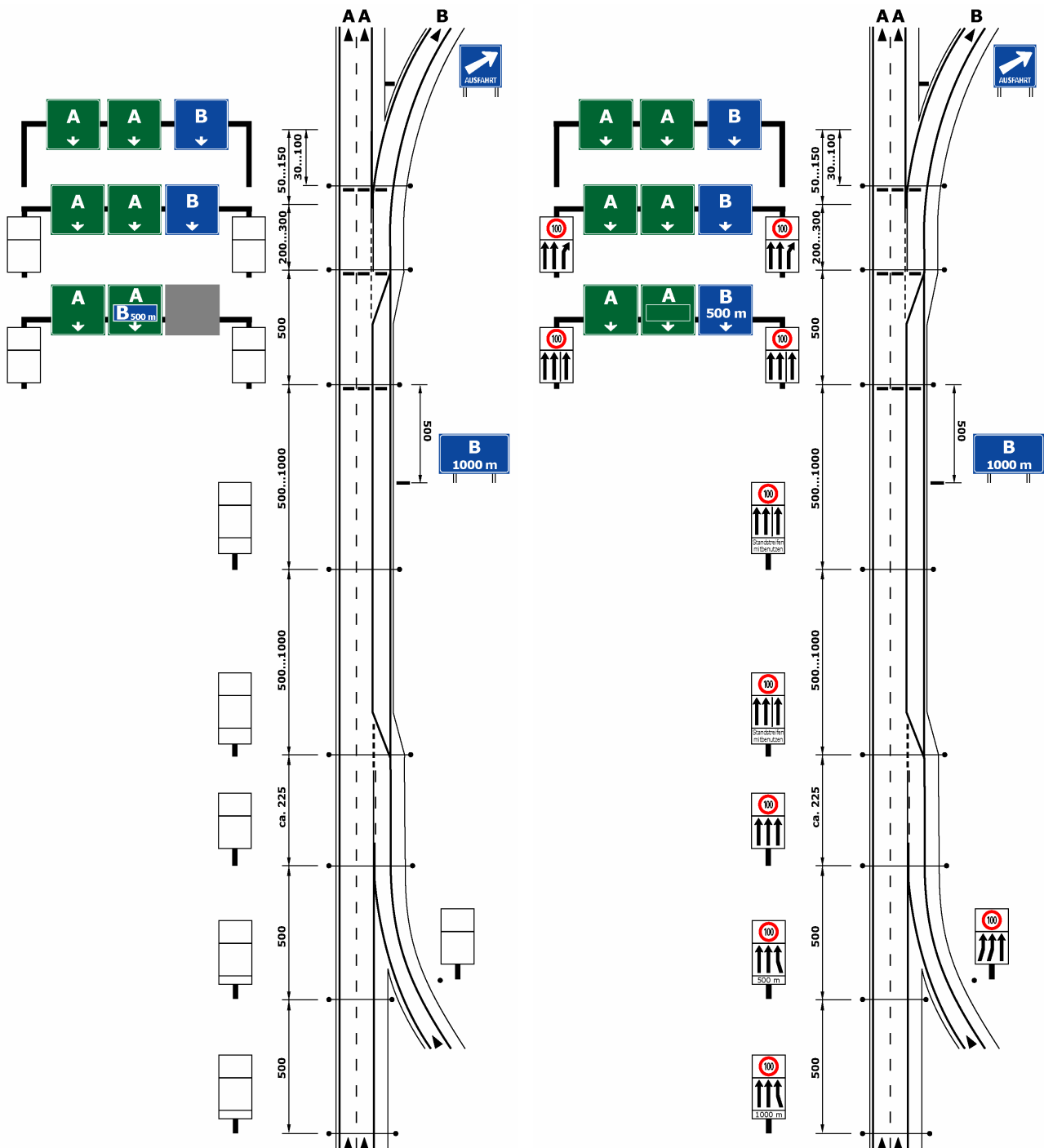


Abb. 45: Vorschlag zur Anordnung der Wechselsignale bei temporärer Umwidmung des Standstreifens zwischen Anschlüssen mit Signalen (4.77) zur Anzeige der Fahrstreifen (links: Standstreifen gesperrt bzw. Grundzustand, rechts: Standstreifen für den Verkehr freigegeben)

In Abb. 45 ist die prinzipielle Anordnung der Wechselsignale zur temporären Freigabe des Standstreifens mit angepassten Signalen zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77) dargestellt. Im Gegensatz zur Variante mit FLS können bei dieser Art der Signalisierung die Abstände zwischen den Anzeigequerschnitten im Bereich der Umwidmung auf bis zu 1'000 m vergrößert werden.

Grundsätzlich sollten die Wechselsignale zur Anzeige der Fahrstreifen mit der Anzeige der zulässigen Höchstgeschwindigkeit kombiniert und jeweils beidseits der Fahrbahn im Mittelstreifen und Randstreifen angeordnet werden. Ergänzend und zur Akzeptanzförderung wird die Anordnung der in Abb. 44 dargestellten Zusatztafel mit dem Hinweis „Standstreifen mitbenutzen“ zusätzlich empfohlen.

Prinzipiell sollte diese Variante wegen der Sichtbarkeit der Signale unter Betriebsbedingungen nur auf ursprünglich zweistreifigen Richtungsfahrbahnen angewendet werden, die nach der Umwidmung dreistreifig betrieben werden.

Im Hinblick auf eine allfällige Häufung von Fehlbenutzungen ausserhalb der Freigabezeit können die Wechselsignale evtl. mit einem dritten Signalbild nachgerüstet werden, auf welchem die Benutzung des Standstreifens mittels Fahrverbot untersagt wird (vgl. Tab. 15, letztes Beispiel unten rechts).

- **Temporärer Stauraum in der Einfahrtsrampe bei Rampenbewirtschaftung**

Zur Schaffung zusätzlichen Stauraums in der Einfahrtsrampe bietet sich als Möglichkeit die temporäre Nutzung des Standstreifens an. Die ASTRA-Richtlinie [21] sieht für diesen Zweck die Anordnung von FLS-Querschnitten in der Rampe vor.

Auf diese aufwändige Ausführung kann jedoch verzichtet werden, wenn die Signalisierung (und Markierung) entsprechend nebenstehender Abbildung angeordnet wird. Dabei wird zu Beginn der Umwidmung und hinter der Haltelinie jeweils eine Doppellinie markiert, die das Überfahren der Randlinie gestattet. Damit ergibt sich eine rechtlich eindeutige Verkehrsordnung, bei welcher sich zusätzliche FLS-Querschnitte erübrigen.

Auf den Betrieb der Rampenbewirtschaftung wird zu Beginn der Rampe mit einem Gelbblinker sowie einem Wechselsignal zur Anzeige der Fahrstreifen mit Zusatztafel „Zweistreifig aufstellen“ hingewiesen.

Diese Lösung hat sich auf der Nordumfahrung Zürich in der Einfahrt Affoltern Richtung Bern, bzw. in der Einfahrt Weinigen Richtung St.Gallen bereits seit einigen Jahren erfolgreich bewährt.

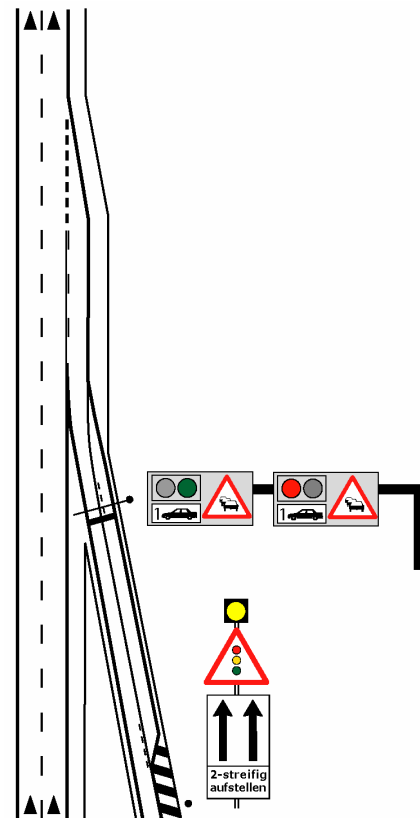


Abb. 46: Vorschlag zur Signalisation in der Einfahrtsrampe zur temporären Nutzung des Standstreifens als zusätzlicher Stauraum bei Rampenbewirtschaftung

- **Über den Anschluss geführte Umwidmung mit Fahrstreifen-Lichtsignal-Systemen (FLS)**

Eine temporäre Umwidmung des Standstreifens im Bereich einer Anschlussstelle stellt aus signalisierungs- und markierungstechnischer Sicht eine grosse Herausforderung dar. Neben umfangreichen baulichen Anpassungen im Bereich der Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen muss die neue Signalisierung und Markierung für den Fahrzeuglenker klar und unmissverständlich gestaltet werden. In der nebenstehenden Abbildung ist die Ausgangssituation im Bereich einer Anschlussstelle dargestellt.

In Abb. 48 ist ein Vorschlag für eine über den Anschluss geführte Umwidmung abgebildet. Baulich müssen die Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen so nach aussen verlegt werden, dass deren Längen einerseits den in Kap. 4.1.7 beschriebenen fahrdynamischen Kriterien gerecht werden. Andererseits sollten diese einen deutlichen Versatz zum regulären Beginn bzw. Ende der Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen aufweisen, um im Grundzustand (d.h. ohne Freigabe des Standstreifens) einen klaren Verkehrsführung in der Aus- und Einfahrt zu gewährleisten. Unter Umständen muss dazu deren ursprüngliche Lage stromauf- bzw. abwärts permanent zu Lasten des Standstreifens verschoben werden.

Grundsätzlich sollte dieser Anwendungsfall aus Sicherheitsgründen ausschliesslich mit der Variante FLS umgesetzt werden, da der Querschnitt im Anschlussbereich mindestens 4 Fahrstreifen aufweist. Auf die diesbezüglichen Kriterien wurde an früherer Stelle bereits ausführlich hingewiesen.

Vorhandene Sperrflächen im Anschlussbereich müssen entfernt werden. Die Randlinien sind entsprechend der Abbildung durch Vorwarnlinien zu ersetzen.

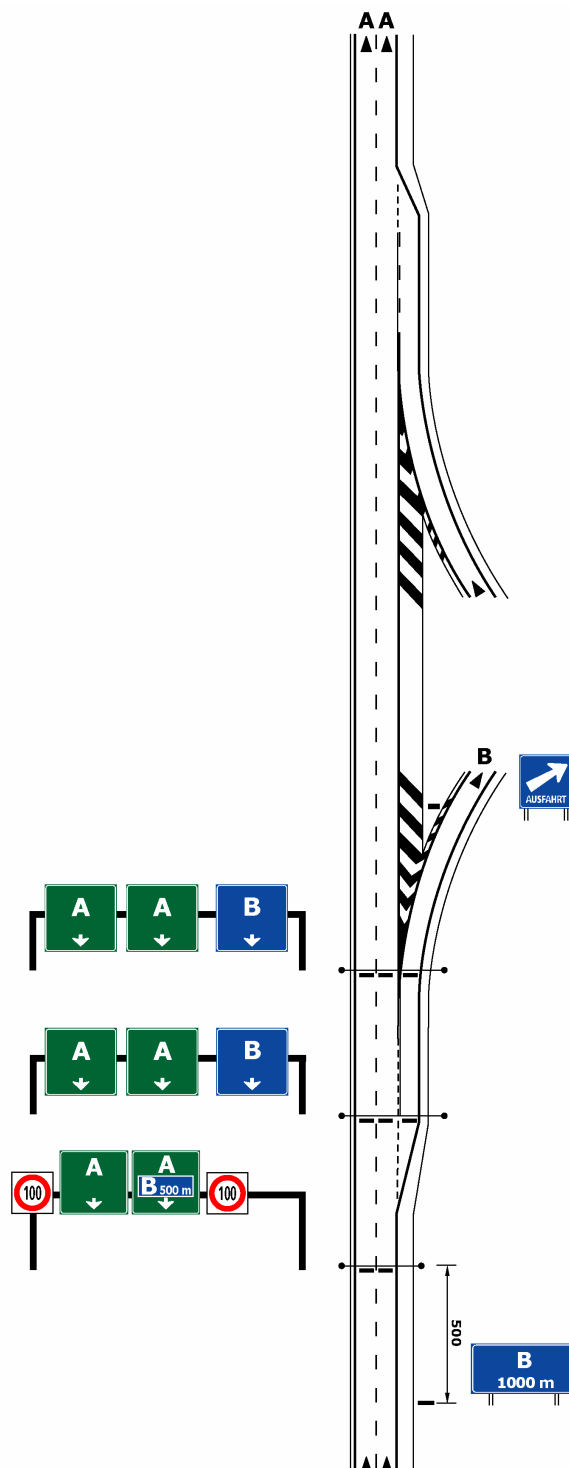


Abb. 47: Ausgangssituation im Bereich einer Anschlussstelle vor der über den Anschluss geführten temporären Umwidmung des Standstreifens

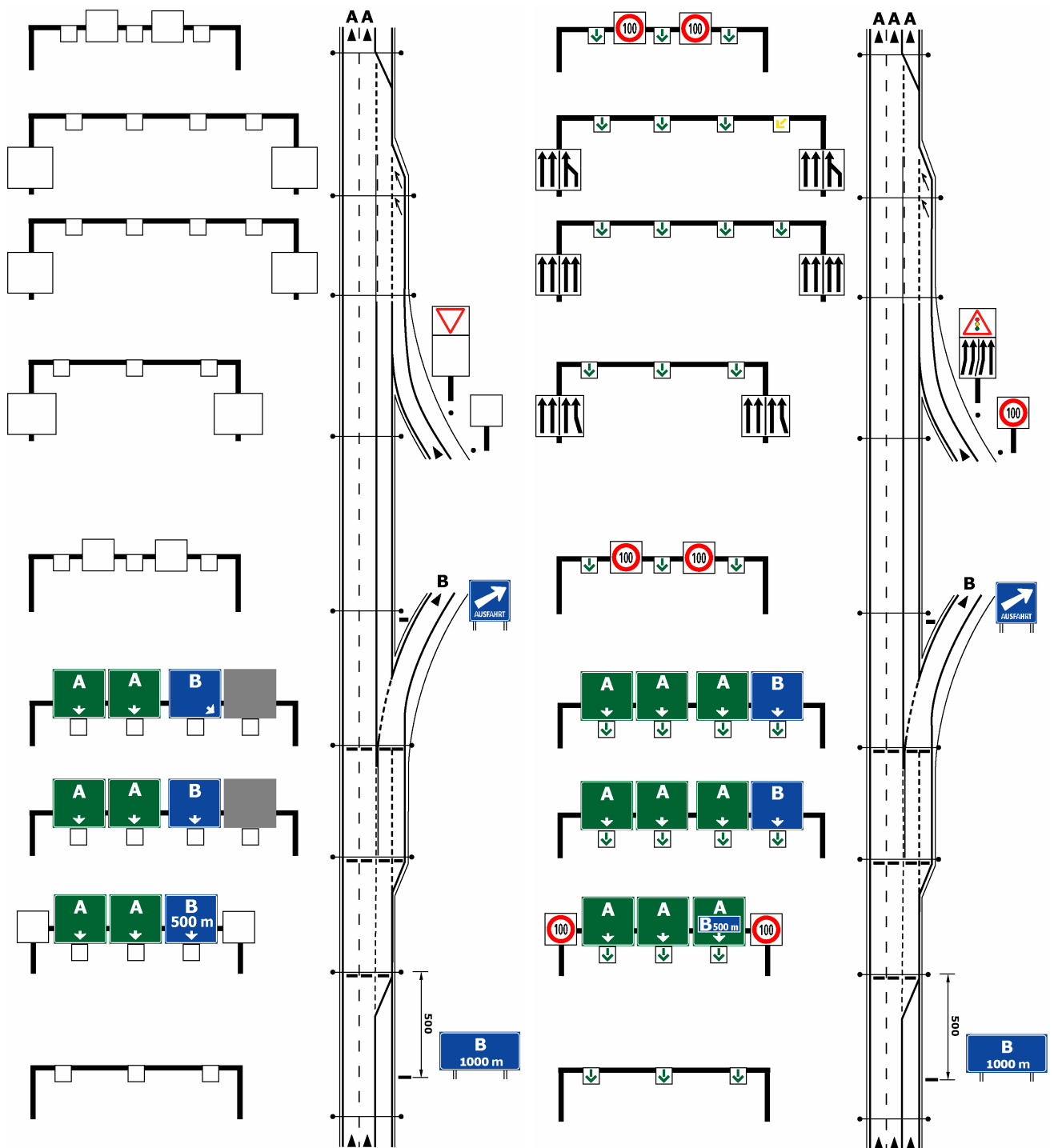


Abb. 48: Vorschlag zur Anordnung der Wechselsignale und Ausgestaltung der Markierung im Bereich einer Anschlussstelle bei temporär über den Anschluss geführter Umwidmung des Standstreifens mit FLS (links: Standstreifen gesperrt bzw. Grundzustand, rechts: Standstreifen für den Verkehr freigeben)

4.2.3 Markierung bei permanenter Betriebsform

Wird der Standstreifen permanent zu einem zusätzlichen Fahrstreifen umgewidmet, muss der Fahrbahnquerschnitt neu aufgeteilt werden und der Standstreifen zu Lasten der übrigen Fahrstreifen verbreitert werden. Die Neuaufteilung richtet sich nach den in Kapitel 4.1.3 definierten Anforderungen an die Fahrstreifenbreiten, wobei die Markierung (in weisser Farbe) wie bei einem gewöhnlichen Fahrstreifen nach der VSS-Norm SN 640 854 „Markierungen; Anwendungsbeispiele für Autobahnen und Autostrassen“ [13] zu gestalten ist. In der folgenden Abbildung ist dies veranschaulicht.

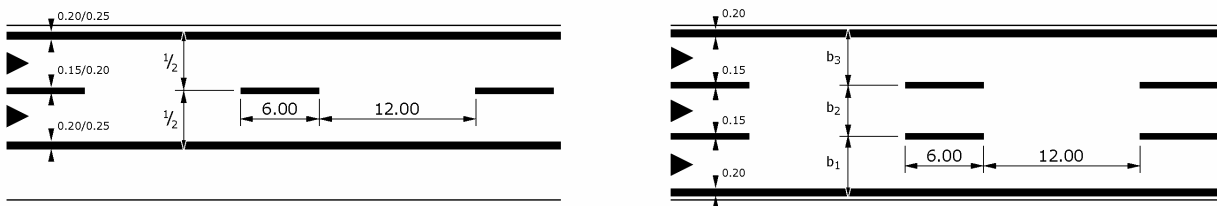


Abb. 49: Markierung der Fahrstreifen auf der freien Strecke bei permanenter Standstreifenumwidmung (links: vor der Umwidmung, rechts: nach der Umwidmung)

Im Bereich von Anschlüssen, wo der Standstreifen zur Verlängerung von Aus- oder Einfahrten permanent umgewidmet wird, wird in der ASTRA-Richtlinie [21] in Analogie zu einem konventionellen Verzögerungs- oder Beschleunigungsstreifen empfohlen, als Markierung eine Doppellinie vorzusehen.

4.2.4 Markierung bei temporärer Betriebsform

Im Rahmen der Erarbeitung der ASTRA-Richtlinie [21] wurde die Frage der Markierung bei einer temporären Standstreifenumwidmung rege diskutiert. Die Frage war, ob die Trennung zwischen regulärem Fahrstreifen und umgewidmetem Standstreifen mit einer unterbrochenen oder durchgezogenen Linie zu erfolgen hat. Vorgeschlagen wurde im Entwurf eine Markierung des Typs 6/3, aber auch andere Formen des Typs 15/3, 30/6 oder 48/6, wie in [35] dargestellt, wären denkbar.

Aus Gründen der Verkehrssicherheit wurde das Belassen einer durchgehenden Linie als zweckmässigste Lösung angesehen⁹. Damit wird der Standstreifen ausserhalb der Freigabezeit weiterhin durch eine klassische Randlinie von den regulären Fahrstreifen abgetrennt und Fehlbenutzungen entgegengewirkt.

In der folgenden Abbildung ist die zurzeit empfohlene Markierung bei temporärer Betriebsform abgebildet. Der Standstreifen wird dabei weiterhin mit einer durchgehenden Linie vom regulären Fahrstreifen abgetrennt, wobei die Linienbreite derjenigen der Leitlinien entsprechen sollte. Zur optischen Führung ist am rechten äusseren Fahrbahnrand (Hinterkante des Standstreifens) eine zusätzliche Randlinie vorzusehen. Die Fahrstreifenbreiten richten sich nach den in den Kapiteln 4.1.3 und 4.1.4 definierten Anforderungen.

⁹ Diese Art der Markierung entspricht der in Deutschland praktizierten Lösung.

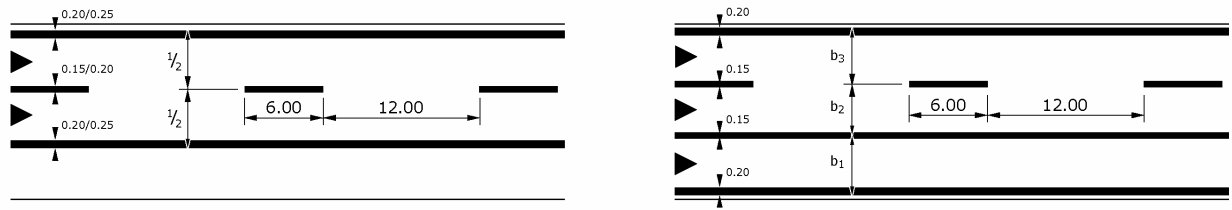


Abb. 50: Markierung der Fahrstreifen auf der freien Strecke bei temporärer Standstreifenumwidmung (links: vor der Umwidmung, rechts: nach der Umwidmung)

Im Bereich einer über den Anschluss geführten temporären Umwidmung wird eine Markierung in der Form als zweckmässig erachtet, wie sie in Abb. 48 auf Seite 63 dargestellt ist.

Als weiterhin problematisch kann sich bei einer temporären Umwidmung jedoch das Überfahren des Zwickels zu Beginn eines Umwidmungsabschnitts erweisen, z.B. bei einer als Additionstreifen geführten Einfahrt. Treten in diesem Bereich nach der Inbetriebnahme der Standstreifenumwidmung während der Freigabe trotz Signalisierung mittels FLS oder den Signalen zur Anzeige der Fahrstreifen Unregelmässigkeiten im Verkehrsablauf auf, liesse sich bei solch lokal kritischen Stellen der Beginn der Umwidmung gegebenenfalls mit dynamischen Markierungen optisch zusätzlich unterstreichen. Unter dynamischen Markierungen werden z.B. in den Belag eingelassene Unterflurleuchten mit LED-Technik verstanden, welche betriebsabhängig eingeschaltet werden können. Bisher gelangen solche Systeme nur im Bereich von Mittelstreifenüberfahrten vor Tunnelportalen zum Einsatz, da diese sehr teuer sind und einen hohen Unterhaltsaufwand aufweisen.

In der folgenden Abbildung ist die prinzipielle Anordnung der Unterflurleuchten im Bereich einer beginnenden Standstreifenumwidmung dargestellt. Die dynamische Markierung sollte über den gesamten Fahrbahnbereich für alle Fahrstreifen angebracht werden. Als Zwischendistanzen werden Abstände zwischen 10 bis 15 m sowie ein Vor- und Nachlauf von rund 50 m empfohlen. Dies entspricht der bei Mittelstreifenüberfahrten üblichen Anordnung auf der Geraden.

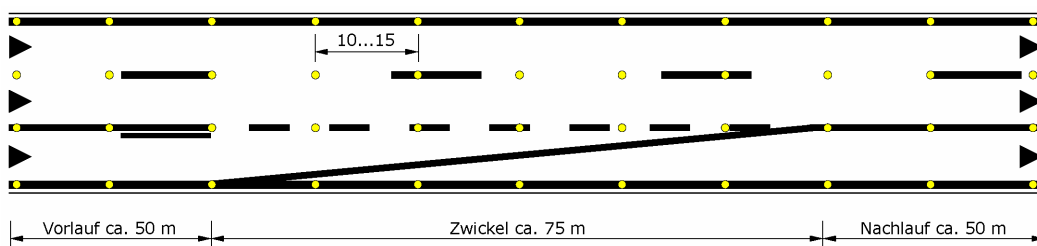


Abb. 51: Vorschlag für eine dynamische Markierung mit Unterflurleuchten zur optischen Unterstreichung des Beginns einer temporären Standstreifenumwidmung

4.3 Betriebliche Aspekte

4.3.1 Geschwindigkeitsregime

Aufgrund der nach einer Standstreifenumwidmung im Normalfall unter den Normwerten liegenden Fahrstreifenbreiten muss das Geschwindigkeitsregime angepasst werden. Erst mit einer reduzierten Tempolimita wird die Verbreiterung des Standstreifens zu Lasten der Fahrstreifen bei den gängigen Normalprofiltypen überhaupt möglich. Die maximal zulässige Höchstgeschwindigkeit darf dabei höchstens 100 km/h betragen, bei sehr knappen Fahrstreifenabmessungen ist sogar eine stufenweise Herabsetzung auf 80 km/h zwingend vorzusehen. In den Kapiteln 4.1.2 und 4.1.3 finden sich diesbezüglich nähere Angaben.

Gemäss ASTRA-Richtlinie [21] kann bei Anwendungsfällen der Gruppe A wie z.B. Verlängerungen von Ein- oder Ausfahrten mit einer Umwidmungslänge unter ca. 500 m ausnahmsweise auf eine Reduktion der Höchstgeschwindigkeit verzichtet werden, wenn die Verkehrssicherheit nicht negativ beeinträchtigt wird und die Fahrstreifenbreiten ausreichend sind. Grundsätzlich soll auf allen Fahrstreifen dieselbe zulässige Höchstgeschwindigkeit angezeigt werden.

Neben den Fahrstreifenbreiten üben weitere Faktoren einen Einfluss auf das Geschwindigkeitsregime aus, wie z.B. der Ausbaugrad (Längsneigung, Kurvenradien) und die Sichtweiten (vgl. Kapitel 4.1.5). Da diese Faktoren jedoch nicht in erster Linie im Zusammenhang mit der Umwidmung stehen, wird an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen.

Wird die Umwidmung des Standstreifens in ein Verkehrsleitsystem integriert, wie es bei Umwidmungen mit temporärer Betriebsform empfohlen wird, lässt sich das Geschwindigkeitsregime zudem in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens anpassen. Grundsätzlich muss die Möglichkeit bestehen, eine Geschwindigkeitsanpassung über mehr als eine Stufe mit einem Geschwindigkeitstrichter anzeigen zu können. Dazu sind im Minimum zwei Anzeigequerschnitte in der Vorzone (bis ca. 1'000 m) des umgewidmeten Abschnitts erforderlich.

4.3.2 Lastwagenüberholverbot

Ein Überholverbot für schwere Motorfahrzeuge wird im Ausland oft bei abschnittswisen Standstreifenumwidmungen eingesetzt. Für schweizerische Verhältnisse empfiehlt die ASTRA-Richtlinie [21] hingegen, auf die Anordnung von Lastwagenüberholverböten für den mittleren Fahrstreifen im Zusammenhang mit Standstreifenumwidmungen prinzipiell zu verzichten¹⁰. Für die Anwendungsfälle der Gruppe A mit Verlängerungen von Ein- und Ausfahrten bei Anschlüssen oder Verzweigungen macht ein Lastwagenüberholverbot, mit Ausnahme der Anwendung „Zusatzstreifen in Steigungen“, auf Grund der Nutzung sowieso keinen Sinn.

Für die Anwendungsfälle der Gruppe B, welche abschnittsweise Umwidmungen zwischen Anschlüssen und/oder Verzweigungen umfassen, sollte die Anordnung eines Überholverböts jedoch im Einzelfall abgeklärt werden. Bei einer Breite des mittleren Fahrstreifens von weniger als 3,35 m wird aus Sicherheitsgründen ein Überholverbot für Lastwagen als zwingend erachtet (vgl. Kap. 4.1.4).

¹⁰ Gemäss Verkehrsregelnverordnung (VRV, Art. 36, Abs. 6) darf der äusserste linke Fahrstreifen auf Autobahnen mit drei und mehr Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung nur von Motorfahrzeugen benutzt werden, die eine Geschwindigkeit von mehr als 80 km/h erreichen dürfen.

Ebenso erscheint gemäss [21] eine Anordnung sinnvoll, wenn auf Grund einer schmalen Fahrbahnbreite die Bildung einer Sicherheitsgasse nicht möglich ist. Bei nach der Umwidmung dreistreifigen Abschnitten ist dies ab Fahrbahnbreiten von weniger als 10,00 m der Fall.

In Bezug auf die verkehrstechnischen Einsatzkriterien zur Anordnung von Überholverböten von Lastwagen auf Autobahnen wurden im Rahmen einer Studie [19], welche im Jahr 2000 vom ASTRA in Auftrag gegeben wurde, die in der nachfolgenden Abbildung dargestellten Empfehlungen erarbeitet. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Empfehlungen nur für zweistreifige Richtungsfahrbahnen und Abschnitte mit einer Länge von maximal 3'000 m gelten.

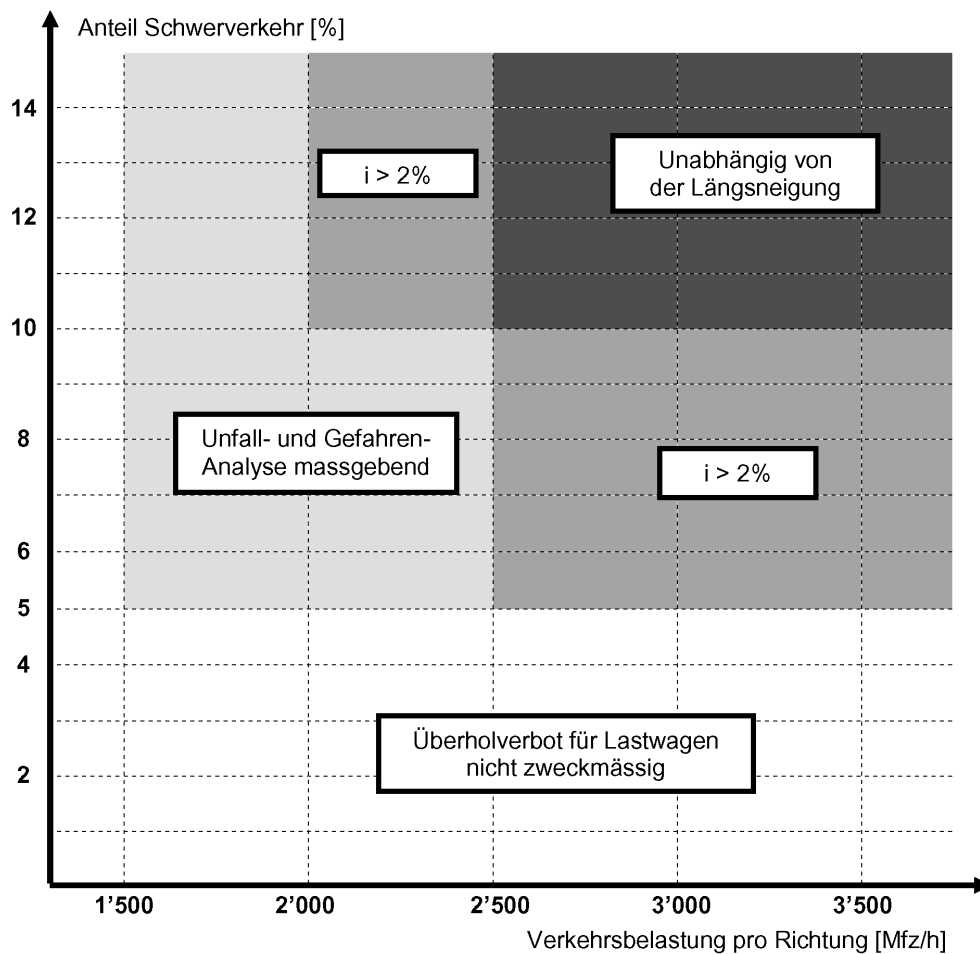


Abb. 52: Verkehrstechnische Einsatzkriterien für die Anordnung von Überholverböten für Lastwagen in Abhängigkeit von Verkehrsbelastung, Längsneigung und Schwerverkehrsanteil [19]

Die dargestellten Einsatzbereiche haben sich als praxistauglich erwiesen. Diverse Streckenabschnitte auf dem Hochleistungsstrassennetz wurden seither mit einem statischen Überholverbot für Lastwagen ausgerüstet, wodurch der Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit positiv beeinflusst wurden. Mittlerweile sind sogar Bestrebungen zur dynamischen Signalisierung von Überholverböten für Lastwagen im Gang. Im Rahmen eines Pilotprojekts auf der zu Spitzenzeiten hoch belasteten A1 auf dem Abschnitt Rothrist – Wiggertal wurde erstmals ein solches System in Betrieb genommen und die Auswirkungen wissenschaftlich begleitet. Der Steuerungsalgorithmus basiert ebenfalls auf den oben dargestellten Einsatzkriterien.

Im Hinblick auf eine abschnittsweise Standstreifenumwidmung sprechen einer oder mehrere der folgenden Gründe für ein Überholverbot für Lastwagen (in Anlehnung an [21]):

- Die Breite des mittleren Fahrstreifens ist kleiner als 3,35 m
- Die gesamte Fahrbahnbreite ist kleiner als 10,00 m und die Bankettnutzung ist zur Bildung einer Rettungsgasse nicht möglich
- Die verkehrstechnischen Einsatzkriterien gemäss Abb. 52 sind erfüllt, wobei bei permanenten Umwidmungen ein statisches Überholverbot mit Zeitfenstern, bei temporären Umwidmungen ein in ein Verkehrsleitsystem integriertes dynamisches Überholverbot empfohlen wird.
- In Bezug auf das Unfallgeschehen ist eine überdurchschnittliche Anzahl von Unfällen mit Beteiligung von Lastwagen zu verzeichnen.
- Die maximale Länge des umgewidmeten Abschnitts ist kleiner als 3'000 m.

Gegen ein Überholverbot für Lastwagen spricht der Umstand, dass auf dem rechten Fahrstreifen die Gefahr der Pulkbildung von Lastwagen entstehen kann. Dies ist insbesondere im Bereich von Einfahrten problematisch, wenn einfahrende Fahrzeuge blockiert werden. Besonders kritisch ist ein über den Anschluss geführtes Überholverbot für Lastwagen dann, wenn in diesem Bereich die Standstreifenumwidmung mit einer als Additionsstreifen geführten Einfahrt beginnt, und die Lastwagen in der Folge vom mittleren auf den neuen rechten Fahrstreifen wechseln müssen.

Im Bereich von Verzweigungen sollte ebenfalls auf ein Überholverbot für Lastwagen verzichtet werden, wenn gewisse Fahrziele nur über den linken und mittleren Fahrstreifen zu erreichen sind.

4.3.3 Verkehrsüberwachung und Verfügbarkeitskontrolle

Es wurde bereits an verschiedenen Stellen in diesem Bericht darauf hingewiesen, dass bei gewissen Anwendungsfällen der Standstreifenumwidmung zwingend umfangreiche Überwachungseinrichtungen vorzusehen sind. Die grundsätzlichen Ziele, die mit einer Verkehrsüberwachung im Rahmen einer Standstreifenumwidmung verfolgt werden, sind die Verkehrsflussdetektion und Analyse als Entscheidungshilfe zur Standstreifenfreigabe sowie die prinzipielle Verfügbarkeitskontrolle des Standstreifens vor und auch während einer Freigabe. Im Fall von Störungen wie Pannenfahrzeuge oder Unfälle ermöglicht eine lückenlose Überwachung die Ereignislokalisierung, das rasche Umsetzen geeigneter Massnahmen zur Verkehrsleitung sowie die Unterstützung der Ereignisdienste.

Zur Verkehrsüberwachung sind heute verschiedenste Systeme im Einsatz. Im Zusammenhang mit der Standstreifenumwidmung bieten Systeme mit schwenk- und zoombaren Videokameras in Kombination mit Bildverarbeitungssoftware jedoch die meisten Möglichkeiten. Anfängliche Bedenken bzgl. ihrer Praxistauglichkeit sind dank ständiger Weiterentwicklung und technischer Verbesserungen von Hard- und Software mittlerweile weitgehend ausgeräumt. Aktuelle Videosysteme genügen heute den hohen Anforderungen im Bereich der Zuverlässigkeit, Bildqualität, Bedienbarkeit und der Reaktionszeit. Weitere Voraussetzungen sind eine hohe Lebensdauer und Gebrauchstauglichkeit unter möglichst allen Witterungsbedingungen (Sonneneinstrahlung, Regen/Schnee, Dunkelheit, Nebel), die Lieferung von auswertbarem Bildmaterial sowie die automatische Störungserkennung (Pannenfahrzeuge, Personen oder Gegenstände auf dem Standstreifen) bzw. die zuverlässige automatische Auswahl von Bildern, indem die Kameras schnell und präzise auf Ereignisse oder zu kontrollierende Abschnitte ausgerichtet werden können.

Hauptanwendungsbereiche solcher Videosysteme stellen demnach die abschnittswise temporären (aber auch permanenten) Standstreifenumwidmungen zwischen Anschlüssen und/oder Verzweigungen dar (Anwendungsfälle der Gruppe B). Bei diesen Anwendungsfällen ist eine lückenlose und kontinuierliche Verkehrsüberwachung und Verfügbarkeitskontrolle vor und während einer Freigabe unabdingbar. In Abhängigkeit der Topographie und Linienführung werden die Videokameras üblicherweise in einer Höhe von 8 bis 10 m über der Fahrbahn sowie in Abständen zwischen 700 bis 1'000 m angeordnet. Damit lässt sich die Verfügbarkeitskontrolle zuverlässig vom Operatorplatz aus in der Zentrale durchführen, eine Überprüfung des Standstreifens vor Ort durch eine Polizeipatrouille ist nicht mehr erforderlich.

In der ASTRA-Richtlinie [21] werden Überwachungseinrichtungen zudem für gewisse Anwendungsfälle der Gruppe A empfohlen. Im Vordergrund stehen Zusatzstreifen in Steigungen, wo mit einer erhöhten Pannenhäufigkeit gerechnet wird, sowie umgewidmete Standstreifen im Bereich von bewirtschafteten Einfahrten. Wird eine Standstreifenumwidmung in ein bereits bestehendes Verkehrsleitsystem integriert, müssen die vorhandenen Erfassungsquerschnitte (z.B. Induktionsschlaufen) auf den gesamten Fahrbahnbereich erweitert werden.

4.3.4 Unfall- und Rettungsdispositiv

Auf umgewidmeten Abschnitten kann der Standstreifen im Ereignisfall nicht mehr als Zufahrtsweg für die Ereignisdienste verwendet werden. Zur Bildung einer Rettungsgasse ist ein Platzbedarf von ca. 2,50 m nötig. Beträgt die gesamte Fahrbahnbreite lediglich 10,00 m, kann keine Rettungsgasse mehr gebildet werden. Unter diesen Umständen müssen zusätzliche Massnahmen in Erwägung gezogen werden. Die in der ASTRA-Richtlinie [21] diesbezüglich genannten Massnahmen umfassen z.B. die Befestigung des Banketts, damit dieses befahrbar wird oder gar die bauliche Verbreiterung der Fahrbahn. Daneben ist auch die Nutzung von parallel zur Autobahn verlaufenden Strassen denkbar, wobei Querverbindungen in kurzen Abständen evtl. zusätzlich angeordnet werden müssen. Fehlen solche Strassen, können auch Pisten für Einsatzfahrzeuge angelegt werden.

Gemäss [21] ist prinzipiell bei jedem Standstreifenumwidmungsprojekt das Unfall- und Rettungsdispositiv zu überprüfen und an die neuen Gegebenheiten anzupassen, damit eine schnelle und sichere Rettung gewährleistet werden kann. Nach der Störfallverordnung (StFV, Art. 3) ist der Betreiber eines Verkehrsweges dazu verpflichtet, alle zur Verminderung des Risikos geeigneten Massnahmen zu treffen, die nach dem Stand der Sicherheitstechnik verfügbar und wirtschaftlich tragbar sind. Dazu zählt auch die Erarbeitung einer Einsatzplanung für Störfälle in Zusammenarbeit mit den Ereignisdiensten.

4.3.5 Bedürfnisse des Unterhalts

Auf die Auswirkungen und Konsequenzen einer Standstreifenumwidmung im Zusammenhang mit den Bedürfnissen des Unterhalts wurde bereits in den Kapiteln 2.5.4 und 2.6.5 näher eingegangen. Der Standstreifen dient den Unterhaltsdiensten als wichtiger Stützpunkt für ihre Arbeiten. Steht dieser nach einer Standstreifenumwidmung nicht mehr oder nur noch eingeschränkt zur Verfügung, führt dies zu entsprechenden Erschwernissen.

Auf Abschnitten mit permanent umgewidmeten Standstreifen müssen die Unterhaltsarbeiten auf der Fahrbahn erbracht werden. Dabei muss die Arbeitsstelle zusätzlich physisch abgesichert und eine entsprechende Vorsignalisierung aufgestellt werden, was mit einem höheren Personal- und Materialaufwand sowie entsprechenden Mehrkosten verbunden ist. Daher empfiehlt es sich, Unterhaltsarbeiten nach Möglichkeit zu bündeln und in Unterhaltsfenstern auszuführen. Eventuell resultiert aus der Arbeitsbündelung auch eine gewisse Kostenersparnis.

Bei temporären Betriebsformen sind die Unterhaltsarbeiten aus wirtschaftlichen Gründen in Zeitfenster von ca. 6 Stunden Dauer ausserhalb der planmässigen Freigabezeiten zu legen. Obwohl bei dieser Betriebsform der Standstreifen ausserhalb der Freigabezeit seine ursprüngliche Funktion beibehält, kann das Risiko von Fehlbenutzungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Daher wird auch bei temporären Betriebsformen eine physische Absicherung der Arbeitsstelle empfohlen. Mit einem Fahrstreifen-Lichtsignal-System und Wechselsignalen (Baustelle, Sig. 1.14) kann der Unterhalt zusätzlich unterstützt werden.

Grundsätzlich sollte der Unterhaltungsdienst bereits bei der Planung von Umwidmungsvorhaben miteinbezogen werden, damit die Anordnung der Nothaltebuchten als Stützpunkte sowie die Signalisierung auch den Bedürfnissen des Unterhalts gerecht wird und die Unterhaltsarbeiten erleichtert.

4.4 Bauliche Anforderungen

4.4.1 Tragfähigkeit des Oberbaus

Auf älteren Autobahnabschnitten wurde der Standstreifen oftmals nur mit einem reduzierten Oberbau ausgeführt, da er ursprünglich nicht für das ständige Befahren von schweren Motorfahrzeugen vorgesehen war. Im Vorfeld von Erhaltungs- und Sanierungsarbeiten musste der Standstreifen daher oftmals verstärkt werden, da dieser während länger andauernden Baustellen auf der Gegenfahrbahn zur Behelfsverkehrsführung auf der Richtungsfahrbahn zur Beibehaltung der Anzahl durchgehender Fahrstreifen benötigt wurde.

Im Hinblick auf künftige Sanierungen hat der Oberbau des Standstreifens auf neuen oder kürzlich sanierten Autobahnabschnitten gemäss ASTRA-Richtlinie über die Normalprofile, die Rastplätze und die Raststätten der Nationalstrassen [23] mittlerweile demjenigen der Fahrstreifen zu entsprechen.

Bei der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen muss daher die Tragfähigkeit und der Aufbau des Standstreifens überprüft werden. Unabhängig von der Betriebsform (permanent oder temporär) muss der Standstreifen unter Umständen verstärkt werden, wobei sich der Aufbau gemäss [21] an demjenigen der Fahrstreifen orientieren soll.

4.4.2 Quergefälle

Früher wurde das Quergefälle des Standstreifens unabhängig vom Quergefälle der Fahrstreifen immer nach aussen angelegt, damit kein zusätzliches Wasser vom Standstreifen auf die Fahrbahn fliesst. Bei entgegen gesetzter Neigung, wie dies in Linkskurven in der Regel der Fall ist, entsteht jedoch ein Knick, bei dessen Überfahren mit hoher Geschwindigkeit instabile Fahrzustände entstehen können. Dieser Nachteil hat sich im Zusammenhang mit Sanierungsarbeiten als schwerwiegend erwiesen, wo bei Baustellen an Autobahnen der Standstreifen zur Verkehrsführung miteinbezogen wird.

Gemäss VSS-Norm SN 640 120 „Linienführung; Quergefälle in Geraden und Kurven, Quergefallsänderung“ [4] gilt prinzipiell der Grundsatz, dass alle Verkehrsstreifen innerhalb des Fahrbahnbereichs nach Grösse und Richtung dasselbe Quergefälle wie die durchgehenden Fahrstreifen aufweisen sollen. Dazu zählen u.a. Zusatzstreifen in Steigungen, Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen und die Standstreifen. Auf Autobahnen sind Abweichungen von diesem Grundsatz heute nur noch in zwingenden Fällen zulässig:

- Bei Standstreifen, wenn dies auf Grund örtlicher und klimatischer Bedingungen gerechtfertigt ist (Verhinderung von Schmelzwasser auf der Fahrbahn mit Vereisungsgefahr in der Nacht)
- Bei Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen in Kurven, wenn die Anrampung infolge beschränkter Platzverhältnisse teilweise im Bereich dieser Streifen ausgebildet werden muss.

In diesen Fällen sollte die zulässige Differenz zum Quergefälle der durchgehenden Fahrstreifen 6% jedoch nicht übersteigen.

Für die Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen kann daraus gefolgert werden, dass das Quergefälle des Standstreifens bei sämtlichen Anwendungsfällen aus fahrdynamischen Gründen demjenigen der übrigen Fahrstreifen entsprechen muss und daher gegebenenfalls anzupassen ist. Die in [4] genannte zulässige Querneigungsdifferenz von maximal 6% bezieht sich nur auf Ausnahmefälle und darf nicht, wie in der ASTRA-Richtlinie [21] angegeben, verallgemeinert werden. Zum damaligen Zeitpunkt der Normpublikation war die Möglichkeit einer Standstreifenumwidmung zudem noch gar kein Thema.

4.4.3 Weitere Aspekte

Eine ausreichende Strassenentwässerung muss aus Gründen der Verkehrssicherheit gewährleistet sein. Im Zusammenhang mit Quergefallsanpassungen des Standstreifens können sich die Entwässerungswege verlängern und die abzuführenden Wassermengen vergrössern. Daher muss die Funktionstüchtigkeit der Entwässerungseinrichtungen bei Standstreifenumwidmungsvorhaben überprüft werden. Dazu zählt auch die Kontrolle der Schachtabdeckungen hinsichtlich Tragfähigkeit und Einbau, wenn diese im Bereich des künftigen Fahrraumes liegen [21]. Oftmals befinden sich im Bereich des Standstreifens auch Kabelkanäle und Werkleitungen, die bei ungenügender Tragfähigkeit ausserhalb des Standstreifens im Bankett neu angeordnet werden müssen, was unter Umständen mit hohen Kosten verbunden ist.

Fahrzeugrückhaltesysteme, bestehende Signalisierungseinrichtungen oder Lärmschutzwände müssen den veränderten Betriebsbedingungen angepasst und gegebenenfalls rückversetzt werden, um z.B. die neben der Fahrbahn erforderliche zusätzliche lichte Breite (seitliche Hindernisfreiheit) bzw. das erforderliche Lichtraumprofil auf dem gesamten umgewidmeten Abschnitt gewährleisten zu können. Insbesondere im Bereich von Kunstbauten kann dies einen hohen Aufwand mit entsprechenden Kosten verursachen, wenn z.B. Fundamente versetzt werden müssen. Werden Standstreifen auf Brücken oder Viadukten umgewidmet, müssen spezielle Abklärungen durchgeführt und die Nachweise der statischen und dynamischen Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit erbracht werden.

5 Rechtliche Aspekte und Verfahrensfragen

5.1 Vorgehen

Im Rahmen der im Auftrag des ASTRA durchgeführten Studie zur Standstreifenbewirtschaftung wurde eine Handlungsanleitung erarbeitet [39], in welcher die prinzipiellen Vorgehensschritte für ein Projekt zur Standstreifenumwidmung angegeben werden. Dieser Vorgehensablauf, welcher auch in der aktuellen ASTRA-Richtlinie [21] enthalten ist, gliedert sich in die folgenden sechs Arbeitsschritte:

- **Arbeitsschritt 1 – Situations- und Problemanalyse**

Zu Beginn ist eine detaillierte Problemanalyse durchzuführen. Die Ursachen von Konflikten in Bezug auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit müssen bestimmt und denkbare Problemlösungen erarbeitet werden.

- **Arbeitsschritt 2 – Gruppenzuordnung**

Wenn sich aus Arbeitsschritt 1 gezeigt hat, dass sich mit einer Standstreifenumwidmung die Verkehrskonflikte reduzieren lassen, wird die Standstreifenumwidmung zuerst einem Anwendungsfall gemäss Tab. 1 zugeordnet und anschliessend die zeitliche Nutzung (permanent / temporär) festgelegt.

- **Arbeitsschritt 3 – Überprüfung der grundsätzlichen Machbarkeit**

Eine Standstreifenumwidmung ist nur realisierbar, wenn über den gesamten betrachteten Abschnitt eine ausreichende Fahrbahnbreite vorhanden ist und der Standstreifen nicht örtlich durch einzelne Hindernisse reduziert ist. Neben der vorhandenen Fahrbahnbreite sind weitere geometrische Aspekte zu berücksichtigen, wie Sichtverhältnisse, Möglichkeiten zur Anordnung von Nothaltebuchten, sowie die örtlichen Gegebenheiten im Bereich von Anschlüssen.

- **Arbeitsschritt 4 – Detailabklärungen**

Standstreifenumwidmungen erfordern im Normalfall bauliche Anpassungen und begleitende Massnahmen, welche projektiert werden müssen. Dazu gehören je nach Anwendungsfall Standstreifenverstärkungen mit Anpassungen des Quergefalles, Anpassungen und Ergänzungen bei Signalisierung, Markierung und Überwachungseinrichtungen, verfahrensrechtliche Fragen (UVP-Pflicht), Anpassungen beim Rettungsdispositiv sowie weitere Aspekte zu Betrieb und Unterhalt.

- **Arbeitsschritt 5 – Bewertungsverfahren**

Sind die Kosten einer Standstreifenumwidmung hoch, werden sensible Bereiche berührt oder handelt es sich um einen längeren Umwidmungsabschnitt, sind vertiefte Abklärungen bzgl. Nachhaltigkeit (Kosten/Nutzen und Umwelt) durchzuführen (vgl. Kap. 5.2).

- **Arbeitsschritt 6 – Vorher/Nachher-Untersuchungen**

Vor- und Nachuntersuchungen zum Unfallgeschehen und Verkehrsablauf sollen bei allen Standstreifenumwidmungen durchgeführt werden. Damit sollen die Wirksamkeit der Massnahme überprüft und allgemeine Erfahrungen mit Standstreifenumwidmungen gewonnen werden.

5.2 Bewertungsverfahren

Falls eine Umwidmung des Standstreifens voraussichtlich mit hohen Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten verbunden ist, sollten die Kosten und der erwartete Nutzen im Rahmen einer Zweckmässigkeitsbeurteilung untersucht werden, welche auch die volkswirtschaftlichen Auswirkungen berücksichtigt. Das angewendete Bewertungsverfahren sollte sich dabei an den Vorgaben in NISTRA orientieren, welche eine globale Sichtweise zur Entscheidungsfindung bei Bau-, Unterhalts- und Sanierungsprojekten ermöglicht. Detaillierte Hinweise für die Beurteilung der Kosten und Nutzen finden sich zudem in der VSS-Normgruppe „Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr“ [15].

Die Frage nach den Kosten und dem Nutzen dürfte im Einzelfall schwierig zu beantworten sein (vgl. [39]). Die Durchführung eines detaillierten Bewertungsverfahrens ist insbesondere dann angezeigt, wenn bei Projekten zur Standstreifenumwidmung einer oder mehrere der folgenden Sachverhalte vorliegen, welche auf erhöhte Investitionskosten hinweisen:

- Bauliche Erweiterungen von örtlich begrenzten zu schmalen Querschnitten (z.B. im Bereich von Kunstbauten)
- Bauliche Erweiterungen zur Anordnung von Nothaltebuchten (z.B. im Bereich von Dämmen, Einschnitten, Kunstbauten)
- Verstärkung des Standstreifens mit evtl. Anpassung des Quergefälles über längere Abschnitte
- Streckenausrüstung mit Verkehrsleitsystem und Überwachungseinrichtungen

In Deutschland wurde zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Standstreifenumwidmungen im Rahmen einer Forschungsarbeit [16] ein standardisiertes Berechnungsverfahren entwickelt, mit welchem die Zweckmässigkeit einer konkret geplanten Umwidnungsmassnahme unter Berücksichtigung der projektspezifischen Besonderheiten beurteilt werden kann und unterschiedliche Varianten der Standstreifenumwidmung miteinander verglichen werden können.

5.3 Umweltverträglichkeitsprüfung

Die Frage, ob ein Umwidmungsvorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich macht, kann bis heute noch nicht abschliessend beantwortet werden. Gemäss ASTRA-Richtlinie [21] sollte die Notwendigkeit einer Umweltverträglichkeitsprüfung bei jedem Umwidmungsvorhaben im Detail mit den zuständigen Stellen (ASTRA und BAFU) geprüft werden. Gemäss „Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV)“ unterliegen Änderungen an bestehenden Anlagen der UVP-Pflicht nur dann, wenn die Änderung wesentliche Umbauten, Erweiterungen oder Betriebsänderungen betrifft (Art. 2, Abs. 1) und damit erhebliche Umweltauswirkungen hat.

Dies betrifft in erster Linie die Anwendungsfälle der Gruppe B, welche Umwidmungen zwischen zwei und mehreren Anschlüssen umfassen, da bei diesen eine Erhöhung der Kapazität zu erwarten ist und wesentliche bauliche Eingriffe nötig werden. Dabei spielt die zeitliche Nutzung (permanent oder temporär) nur eine untergeordnete Rolle.

Bei den Anwendungsfällen der Gruppe A (z.B. Verlängerung von Ein- und Ausfahrten oder Verflechtungsbereichen) stehen die Verbesserung des Verkehrsablaufs und damit die Erhöhung der Verkehrssicherheit im Vordergrund, während hingegen die Kapazität auf dem betreffenden Abschnitt nur unwesentlich erhöht wird. Hier dürfte sich eine Umweltverträglichkeitsprüfung erübrigen.

5.4 Anpassung rechtlicher Grundlagen

In Bezug auf Markierung und Signalisierung besteht bei Anwendungsfällen, welche temporär betrieben werden, je nach Ausführungsform noch eine rechtliche Unsicherheit. Laut Strassensignalisationsverordnung werden Fahrstreifen vom Pannestreifen oder vom Fahrbahnrand durch eine Randlinie getrennt (SSV, Art. 90, Abs. 1). Gemäss Rechtsauskunft des ASTRA hat die Randlinie – im Gegensatz zur Sicherheitslinie – keinen normativen Gehalt und darf daher grundsätzlich auf eigenes Risiko be- oder überfahren werden. Massgebend dafür, dass der Pannestreifen nicht befahren werden darf, ist demzufolge nicht die Randlinie, sondern die Verkehrsregel, dass der Pannestreifen nur für Nothalte benutzt werden darf (VRV, Art. 36, Abs. 3). Im Hinblick auf temporäre Standstreifenumwidmungen ist daher zu prüfen, in wieweit ein Anpassungsbedarf des betreffenden Artikels in der Verkehrsregelverordnung gegeben ist.

Mit der Teilrevision der Strassensignalisationsverordnung (SSV) vom 17. August 2005 wurde in Art. 68 ein Absatz ergänzt, der darauf hinweist, dass Lichtsignale (und dazu zählen auch die FLS) den allgemeinen Vortrittsregeln, den Vortrittssignalen und Markierungen vorgehen. Da die Ausführungen im vorherigen Abschnitt gezeigt haben, dass die Randlinie zwar prinzipiell be- oder überfahren, der Pannestreifen aber nur für Nothalte benutzt werden darf, ist mit der Ergänzung von Art. 68 in der SSV eine Legitimation von temporär betriebenen Anwendungsfällen der Gruppe B, welche mit einem Fahrstreifen-Lichtsignal-System (FLS) ausgestattet sind, aus rechtlicher Sicht eigentlich nicht gegeben. Hinzu kommt, dass das FLS als Verwendungszweck die Regelung des Verkehrs auf Strassen mit mehreren (bestehenden) Fahrstreifen und die zeitweilige Sperrung einzelner Fahrstreifen vorsieht (SSV, Art. 69, Abs. 3). Die Schaffung eines zusätzlichen (neuen) Fahrstreifens mit FLS, wie dies bei einer temporären Standstreifenumwidmung der Fall wäre, ist hingegen nicht vorgesehen, weshalb hier ebenfalls ein Anpassungsbedarf besteht.

Für temporär betriebene Anwendungsfälle der Gruppe B, welche ohne FLS bzw. ausschliesslich mit „angepassten“ Signalen zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77) ausgerüstet werden, besteht derselbe verkehrsrechtliche Widerspruch wie bei der Variante mit FLS, da die Benutzung des Pannestreifens nur für Nothalte gestattet ist. Daher wird empfohlen, die SSV mit dem in Abb. 44 auf Seite 59 dargestellten Signal zu ergänzen und bspw. Art. 59 der SSV (Anzeige der Fahrstreifen) um einen Absatz zu erweitern. In Anlehnung an die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Strassenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO)“ aus Deutschland könnte dieser Artikel in etwa folgenden Wortlaut enthalten:

Art. 59⁶ Benutzung des Standstreifens als Fahrstreifen

Die Signale zur temporären Benutzung des Standstreifens als Fahrstreifen dürfen nur für die Tageszeiten in Betrieb gesetzt werden, zu welchen auf Grund der Verkehrsbelastung eine erhebliche Beeinträchtigung des Verkehrsablaufs zu erwarten ist. Sie sind deshalb als Wechselsignale auszugestalten. Ihre Anordnung setzt voraus, dass der Standstreifen von den baulichen Voraussetzungen her wie ein regulärer Fahrstreifen befahren werden kann. Vor jeder Anordnung ist zu kontrollieren, ob der Standstreifen frei von Hindernissen ist. Während der Dauer der Anordnung ist die Verfügbarkeitskontrolle regelmässig zu wiederholen.

Die Signale sind beidseitig anzuordnen und sollen durch einen Zusatzhinweis „Standstreifen mitbenutzen“ unterstützt werden. Das Signal ist je nach örtlicher Situation in Abständen von etwa 500 bis 1'000 m aufzustellen. Die Sig-

nale dürfen nur in Kombination mit einer Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf nicht mehr als 100 km/h angeordnet werden.

Die Markierung der Fahrbahn in die einzelnen Fahrstreifen und den Standstreifen ist an den geänderten Betrieb anzupassen. Ergeben sich dadurch teilweise Fahrstreifenbreiten von weniger als 3,25 m, so sind die betreffenden Fahrstreifen mit einer Beschränkung der Höchstbreite (Sig. 2.18) zu versehen. Die Anordnung eines Überholverbots für Lastwagen (Sig. 2.45) ist fallweise zu prüfen.

Die temporäre Benutzung des Standstreifens als Fahrstreifens beginnt immer mit einer Einfahrt und endet mit einer Ausfahrt. Der Beginn muss auf den durchgehenden Fahrstreifen der Autobahn und in der Einfahrt angekündigt werden.

Im Bereich von Ausfahrten ist die Benutzung des Standstreifens als Fahrstreifen in der Wegweisung zu berücksichtigen. Vorwegweiser und Wegweiser sind dann fahrstreifenbezogen als Wechselwegweiser auszuführen.

Da eine Anpassung der rechtlichen Grundlagen erfahrungsgemäss eine lange Zeit erfordert, ist zu prüfen, ob bis dahin nicht eine vorübergehende Weisung des UVEK erlassen werden könnte.

6 Empfehlungen für die Normierung

6.1 Vorbemerkungen

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit gezeigt haben, sind bei der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen eine Vielzahl von Aspekten zu berücksichtigen. Neben grundsätzlichen geometrischen und verkehrstechnischen Voraussetzungen (ausreichende Fahrbahnbreite, Vorhandensein von Verkehrskonflikten), die erfüllt sein müssen, stellt sich bei Umwidmungsvorhaben auch die Frage nach der geeigneten Betriebsform (permanent oder temporär) sowie der zweckmässigen Signalisation. Zudem müssen immer auch betriebliche Aspekte sowie die baulichen Anforderungen mit einbezogen werden.

Im Vorwort zur ASTRA-Richtlinie „Umnutzung von Standstreifen zu Fahrstreifen“ [21] heisst es, dass die Richtlinie nur als Übergangslösung bis zum Vorliegen entsprechender Normen gedacht ist. Im Hinblick auf die Normierung steht die Normgruppe „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen“ im Vordergrund, in welcher die noch zu erarbeitende VSS-Norm SN 640 806 „Zeitweilige Benutzung von Standstreifen“ angesiedelt ist. Gemäss Kopfnorm soll in dieser Norm die Benutzung des Standstreifens jedoch ausschliesslich in Sonderfällen und nur mit FLS geregelt werden (vgl. Kapitel 1.3). Die Norm würde somit nur einen Teilbereich von Standstreifenumwidmungen abdecken und könnte die momentan gültige ASTRA-Richtlinie [21] nicht ersetzen.

Von einer Aufteilung der Erkenntnisse und Empfehlungen auf verschiedene jeweils nur Teilaspekte betreffende Normen bzw. Normgruppen wird abgeraten, da dies dem in der Normenstrategie des VSS festgelegten Grundsatz einer thematischen Konsistenz widersprechen und die Anwendbarkeit der Norm auf Grund zahlreicher Verweise erschweren würde. Eine gleichzeitig erforderlich werdende Anpassung mehrerer z.T. kommissionsübergreifender Normen lässt sich zudem nur mit erheblichem Koordinationsaufwand bewerkstelligen und ist aller Voraussicht nach nicht innert nützlicher Frist umsetzbar.

Die Forschungsstelle empfiehlt daher, die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit komplett in die bereits angesprochene Norm innerhalb der Normgruppe „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen“ einfliessen zu lassen, um damit die ASTRA-Richtlinie [21] wie vorgesehen ersetzen zu können. Dies setzt jedoch eine Anpassung der Bezeichnung der VSS-Norm SN 640 806 entsprechend der Richtlinie voraus.

Das folgende Kapitel enthält einen Vorschlag zur Struktur und zum Inhalt der neuen Norm SN 640 806 „Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“.

6.2 Aufbau und Inhalt der SN 640 806 „Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“

Die nachfolgende Gliederung sowie die Angaben zum Inhalt der VSS-Norm SN 640 806 „Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“ orientieren sich an der vorliegenden Forschungsarbeit und der ASTRA-Richtlinie sowie an den bereits publizierten Normen der Normgruppe „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen“. Da die Erarbeitung der Norm nicht Gegenstand der Forschungsarbeit ist, erfolgen die Angaben zum Inhalt nur stichwortartig.

SN 640 806 „Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“	
Gliederung	Inhalt
A Allgemeines	
1 <i>Geltungsbereich</i>	Zwei- und dreistreifige Hochleistungsstrassen mit baulicher Richtungstrennung
2 <i>Gegenstand</i>	Voraussetzungen und Anforderungen bei der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen zur kurzfristigen Entschärfung von Leistungspässen und den damit verbundenen Verkehrssicherheitsproblemen, Hinweise zur Ausbildung (Signalisation, Betrieb) von Standstreifenumwidmungen
3 <i>Zweck</i>	Beschreibung der Zielsetzungen und Problemstellungen bei der Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen (vgl. Kap. 2.1)
4 <i>Begriffe</i>	Permanente und temporäre Umwidmung (Betriebsform, vgl. Kap. 2.4.2), weitere Begriffe nach Bedarf
B Ausgangslage	
5 <i>Grundvoraussetzungen</i>	Vorhandensein von Verkehrskonflikten in Bezug auf den Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit, ausreichende Fahrbahnbreite über den gesamten Umwidmungsabschnitt (vgl. Kap. 3.1) → grundsätzliche Machbarkeit
6 <i>Zweckmässigkeit</i>	Nachweis, dass die geplante Umwidmung eine Verbesserung des Verkehrsablaufs sowie eine Erhöhung der Verkehrssicherheit mit sich bringt (vgl. Kap. 3.1) und eine Problemverlagerung ausgeschlossen werden kann.
7 <i>Formen von Standstreifenumwidmungen</i>	Form nach Anwendungsfall (Gruppenzuordnung, vgl. Kap. 2.4.1), Form nach zeitlicher Nutzung (Betriebsform, vgl. Kap. 2.4.2), Regelbetriebsformen der verschiedenen Anwendungsfälle (vgl. Kap. 2.4.3)
8 <i>Untersuchungsablauf</i>	Darstellung des Vorgehens (vgl. Kap. 5.1)
C Anwendungskriterien	
9 <i>Verkehrsbelastungen</i>	Kritische Verkehrsbelastung (DTV bzw. VQS) auf Umwidmungsabschnitt erreicht oder überschritten (vgl. Kap. 3.3.1)
10 <i>Kriterien für temporäre Betriebsformen</i>	Kriterien für eine zeitliche Nutzung (vgl. Kap. 3.2), verkehrstechnische Einsatzkriterien für die Freigabe bzw. Aufhebung bei abschnittsweiser temporärer Umwidmung (vgl. Kap. 3.3.2)
11 <i>Unfallgeschehen</i>	Analyse des Unfallgeschehens, Vorher/Nachher-Untersuchungen zu Unfallraten und Unfalltypen (vgl. Kap. 3.4)
12 <i>Lage des Abschnitts</i>	Analyse der massgebenden Verkehrsströme bei abschnittsweiser Umwidmung, um Problemverlagerungen ausschliessen zu können (vgl. Kap. 3.5)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

<p>D Ausbildung von Standstreifenumwidmungen</p> <p>13 <i>Aufteilung der Fahrbahn</i></p> <p>14 <i>Signalisierung und Markierung</i></p> <p>15 <i>Nothaltebuchten</i></p> <p>16 <i>Anschlussbereiche</i></p> <p>17 <i>Betriebliche Aspekte</i></p> <p>18 <i>Übrige Aspekte</i></p>	<p>Erforderliche Mindestbreiten der Fahrstreifen (vgl. Kap. 4.1.3) sowie allfällige Beschränkungen, Aufteilung der Fahrbahn in Abhängigkeit der Betriebsform (vgl. Kap. 4.1.4)</p> <p>Grundsätze zur Anordnung der Signale, Wegweiser und Markierungen in Abhängigkeit der Betriebsform mit Schwerpunkt auf temporäre Anwendungsfälle (vgl. Kap. 4.2 ff)</p> <p>Notwendigkeit, Zwischendistanzen, Ausgestaltung (vgl. Kap. 4.1.6)</p> <p>Ausgestaltung (Einleitung und Beendigung), Querschnittsanpassung, Länge der Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen (vgl. Kap. 4.1.7)</p> <p>Geschwindigkeitsregime, Überholverbot für schwere Motorfahrzeuge, Verkehrsüberwachung und Verfügbarkeitskontrolle, Unfall- und Rettungsdispositiv, Bedürfnisse des Unterhalts (vgl. Kap. 4.3)</p> <p>Sichtverhältnisse (vgl. Kap. 4.1.5), bauliche Anforderungen (Oberbau, Quergefälle, Entwässerung, vgl. Kap. 4.4)</p>
<p>E Anwendungsfälle (Beispiele)</p>	<p>Darstellung nachfolgender Anwendungsfälle gemäss Abbildungen in den Kapiteln 4.2.1 und 4.2.2 ergänzt mit Angaben analog zu Anhang 2 der ASTRA-Richtlinie [21]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verlängerung von Einfahrten / Verflechtungsstrecken • Verlängerung von Ausfahrten / Entflechtungsstrecken • Stauraum bei Rampen und Einfahrten • Zusatzstreifen in Steigungen • Umwidmung zwischen zwei Anschlüssen • Umwidmung über den Anschluss geführt
<p>F Literaturverzeichnis</p>	

Tab. 16: Gliederungsvorschlag mit Angaben zum Inhalt der zu erarbeitenden VSS-Norm SN 640 806 „Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- [1] VSS-Norm SN 640 018a „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen“, August 2006
- [2] VSS-Norm SN 640 041 „Projektierung, Grundlagen; Strassentyp: Hochleistungsstrassen“, April 1992
- [3] VSS-Norm SN 640 090b „Projektierung, Grundlagen; Sichtweiten“, Juli 2001
- [4] VSS-Norm SN 640 120 „Linienführung; Quergefälle in Geraden und Kurven, Quergefältsänderung“, Dezember 1995
- [5] VSS-Norm SN 640 138b „Linienführung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen“, Februar 2005
- [6] VSS-Norm SN 640 200a „Geometrisches Normalprofil; Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente“, August 2003
- [7] VSS-Norm SN 640 201 „Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer“, Oktober 1992
- [8] VSS-Norm SN 640 261 „Knoten; Kreuzungsfreie Knoten“, Oktober 1998
- [9] VSS-Norm SN 640 800 „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen; Kopfnorm“, November 2000
- [10] VSS-Norm SN 640 802 „Verkehrsbeeinflussung; Fahrstreifen-Lichtsignal-System (FLS)“, November 1999
- [11] VSS-Norm SN 640 814b „Strassensignale; Anzeige der Fahrstreifen“, Mai 1998
- [12] VSS-Norm SN 640 845 „Signale; Anordnung an Autobahnen“, März 1975
- [13] VSS-Norm SN 640 854 „Markierungen; Anwendungsbeispiele für Autobahnen und Autostrassen“, Mai 1993
- [14] VSS-Norm SN 640 885c „Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen“, Oktober 1999
- [15] VSS-Norm SN 641 820 „Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Grundnorm“, August 2006
- [16] ARNOLD M.: „Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer befristeten Umnutzung von Standstreifen an BAB für Zwecke des fließenden Verkehrs“, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 820, München, August 2001
- [17] Autobahndirektion Südbayern: „A99 Autobahnring München, Verkehrsbeeinflussung mit zeitweiser Standstreifenfreigabe“, München, März 2001

- [18] BRILON W., BÄUMER H.: „Nothaltmöglichkeiten an stark belasteten Bundesfernstrassen“, Schlussbericht zum Forschungsauftrag der Bundesanstalt für Strassenwesen, Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, 2001
- [19] BÜHLMANN Ingenieur- und Planungsbüro: „Anordnung örtlicher Überholverbote für Lastwagen auf Autobahnen und Autostrassen – Verkehrstechnische Kriterien“; ASTRA, September 2000
- [20] Bundesamt für Strassen ASTRA: „Richtlinie ASTRA; Wechseltexanzeigen – Textmeldungen; Grundsätze zu Aufbau und Inhalte“, Entwurf vom 22. Juli 2007, Version 3.1
- [21] Bundesamt für Strassen ASTRA: „Richtlinie ASTRA 1502; Umnutzung von Standstreifen zu Fahrstreifen“, Ausgabe Januar 2007, Version 1.1
- [22] Bundesamt für Strassen ASTRA: „KABEWISTRA – Kapazitätsbewirtschaftung von Strassen gesamtschweizerischer Bedeutung“, Schlussbericht, Bern, Dezember 2003
- [23] Bundesamt für Strassen ASTRA: „Richtlinie über die Normalprofile, die Rastplätze und die Raststätten der Nationalstrassen“, Ausgabe Januar 2002
- [24] Bundesamt für Strassen ASTRA: „Verkehrs-Telematik (ITS-CH 2012), Leitbild für die Schweiz im Jahre 2012“, Bern, 2005
- [25] Bundesanstalt für Strassenwesen (bast): „Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ99)“, Ausgabe 1999
- [26] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS): „Umnutzung des Standstreifens (Seitenstreifens) für den fließenden Verkehr; Allgemeines Rundschreiben Strassenbau Nr. 20/2002“, Bonn, August 2002
- [27] DAMMANN W.: „Standstreifenumnutzung auf der Autobahn A7 zwischen Hannover und Göttingen – Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit“, Strassenverkehrstechnik Heft 8/2003, FGSV, Kirschbaumverlag, Bonn, 2003
- [28] Forschungsgesellschaft für das Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) „Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS)“, Ausgabe 2001, Köln 2001
- [29] HEIDEMANN D., BÄUMER M., HAMACHER R., HAUTZINGER H.: „Standstreifen und Verkehrssicherheit auf BAB – Statistische Analyse“, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen (bast), Verkehrstechnik Heft V55, 1998, Bergisch Gladbach (D)
- [30] KELLERMANN G., BOHLANDER F., DEWES U. et al.: „Erfahrungen zur verkehrsabhängigen Seitenstreifennutzung“, Strassenverkehrstechnik Heft 12/2002, FGSV, Kirschbaumverlag, Bonn, 2002
- [31] LEMKE K., MORITZ K.: „Freigabe von Seitenstreifen an Bundesautobahnen – Beiträge zum Erfahrungsaustausch am 20. Juni 2001 in der Bundesanstalt für Strassenwesen, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen (bast), Verkehrstechnik Heft V94, 2001, Bergisch Gladbach (D)
- [32] LEMKE K.: „Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmassnahmen“, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen (bast), Verkehrstechnik Heft V153, 2007, Bergisch Gladbach (D)

- [33] LEMKE K.: „Temporäre Umnutzung von Seitenstreifen an Autobahnen“, Strassenverkehrstechnik Heft 8/2003, FGSV, Kirschbaumverlag, Bonn, 2003
- [34] MATTHEIS C.: „Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen“, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen (bast), Verkehrstechnik Heft V91, 2002, Bergisch Gladbach (D)
- [35] RAPP M., ENGD AHL J., FELIX A., NIKLES P.: „Voraussetzungen für die dynamische Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“, Rapp Ingenieure + Planer / Robert-Grandpierre et Rapp S.A., UVEK Forschungsauftrag VSS1999/218, Juni 2002, Basel/Lausanne
- [36] ROHLOFF M.: „Umnutzung von Standstreifen an Bundesautobahnen“, Strassenverkehrstechnik Heft 5/2000, FGSV, Kirschbaumverlag, Bonn, 2000
- [37] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu): „Unfallgeschehen in der Schweiz – bfu-Statistik 2007, Bern, 2007
- [38] Touring Club Schweiz (TCS): „TCS-Pannenprävention und Einsatzstatistik 2006“, 32. Ausgabe, Emmen 2007
- [39] WERDIN H., BERG W., ANGST F.: „Standstreifenbewirtschaftung auf Hochleistungsstrassen – Kriterien und Handlungsanleitung“, Jenni + Gottardi AG / W. Berg im Auftrag des Bundesamtes für Strassen ASTRA, Januar 2005, Zürich/Bern
- [40] WERDIN H., BERG W., ANGST F.: „Standstreifenbewirtschaftung auf Hochleistungsstrassen – Grundlagen zur Handlungsanleitung“, Jenni + Gottardi AG / W. Berg im Auftrag des Bundesamtes für Strassen ASTRA, Februar 2005, Zürich/Bern
- [41] WERDIN H., BERG W., ANGST F.: „Umwidmung von Standstreifen an Hochleistungsstrassen – Ziele, Erfahrungen und Lösungen, Erster Zwischenbericht“, Jenni + Gottardi AG / W. Berg im Auftrag des Bundesamtes für Strassen ASTRA, September 2004, Zürich/Bern
- [42] WERDIN H., HONERMANN H., LAUBE R., BELOPITOV I.: „Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Autobahnen“, Jenni + Gottardi AG / SNZ Ingenieure und Planer AG, UVEK Forschungsauftrag VSS2000/337, Oktober 2004, Kilchberg/Zürich

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Untersuchungsablauf	4
Abb. 2:	Geometrische Abmessungen von Nothaltebuchten	7
Abb. 3:	Betriebsformen der Standstreifenumwidmung in Anlehnung an [41]	9
Abb. 4:	Statische Signalisierung eines Stauventils	13
Abb. 5:	Permanente Umwidmung des Standstreifens auf der A1 in Fahrtrichtung Norden zwischen AS HH-Stillhorn und AK HH-Süd	16
Abb. 6:	Q-V-Diagramm und Geschwindigkeitsverteilung auf der A1 vor und nach der Umwidmung [31]	17
Abb. 7:	Temporäre (festzeitgesteuerte) Umwidmung des Standstreifens auf der A4 in Fahrtrichtung Köln zwischen AS Refrath und AS Köln-Merheim	17
Abb. 8:	Querschnittsaufteilung der A4 vor und nach der Umwidmung	18
Abb. 9:	Q-V-Diagramm und Geschwindigkeitsverteilung auf der A4 vor und nach der Umwidmung [31]	18
Abb. 10:	Querschnittsaufteilung der A6 nach der Standstreifenumwidmung	19
Abb. 11:	Q-V-Diagramm und Geschwindigkeitsverteilung auf der A6 (Abschnitt Weinsberg) vor und nach der Umwidmung [31]	20
Abb. 12:	Temporäre Freigabe und Wechselwegweisung zur Unterstützung der Freigabe auf der A7 [32]	21
Abb. 13:	Anzeigen zur temporären Benutzung des Standstreifens auf der A94 als Prismenwender in der Einfahrt (links), mit FLS und Prismenwender zu Beginn des Standstreifens (Mitte) und mit FLS im Querschnitt der Streckenbeeinflussungsanlage (rechts) [31]	23
Abb. 14:	Anzeigen zur temporären Benutzung des Standstreifens auf der A99 im Querschnitt der Streckenbeeinflussungsanlage (links) und mit FLS und Prismenwender im Bereich einer Anschlussstelle (rechts) [17]	24
Abb. 15:	Schematische Darstellung einer durchgehenden Freigabe (links) und dem Ende einer Freigabe (rechts) im Anschlussbereich [17]	24
Abb. 16:	Theoretische Änderung des Verkehrsablaufs durch die Freigabe des Standstreifens bei einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h (ausserhalb Ballungsraum, $i < 2\%$, LW-Anteil 10-20%) ([33] in Anlehnung an HBS 2001)	26
Abb. 17:	Dauerkurven der 200 höchstbelasteten Jahresstunden auf der A1 je Fahrtrichtung im Jahr 2005 (ASTRA Zählstelle 060 – Gunzgen)	30
Abb. 18:	Normalprofiltypen von zwei- und dreistreifigen Autobahnen [23]	37
Abb. 19:	Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und ohne LW-Überholverbot	38
Abb. 20:	Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und mit LW-Überholverbot	39
Abb. 21:	Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 oder 100 km/h und ohne LW-Überholverbot	39
Abb. 22:	Normkonforme Fahrbahnbreite für eine dreistreifige Richtungsfahrbahn mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 oder 100 km/h und mit LW-Überholverbot	39
Abb. 23:	Massgebendes Lichtraumprofil für Personenwagen und Lastwagen bei einer zulässigen Geschwindigkeit von 80 bzw. 100 km/h gemäss [7]	42

Abb. 24:	Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen ASTRA-Standardprofil bei permanenter Betriebsform	44
Abb. 25:	Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen ASTRA-Standardprofil bei temporärer Betriebsform	44
Abb. 26:	Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei permanenter Betriebsform	44
Abb. 27:	Alternative Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei permanenter Betriebsform	45
Abb. 28:	Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim zweistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei temporärer Betriebsform	45
Abb. 29:	Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen ASTRA-Standardprofil bei permanenter Betriebsform	46
Abb. 30:	Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen ASTRA-Standardprofil bei temporärer Betriebsform	46
Abb. 31:	Empfohlene Fahrstreifenaufteilung beim dreistreifigen reduzierten ASTRA-Profil bei permanenter Betriebsform	46
Abb. 32:	Geometrische Ausgestaltung einer Nothaltebucht im Bereich von umgewidmeten Standstreifen gemäss [21] und Signal „Abstellplatz für Pannenfahrzeug“	49
Abb. 33:	Prinzipskizze einer permanenten Standstreifenumwidmung zwischen Anschlüssen mit Einleitung in der Einfahrt und Abbau in der Ausfahrt gemäss [21] (Variante 1)	49
Abb. 34:	Prinzipskizze einer permanenten Standstreifenumwidmung über Anschlüsse hinweg (unten) bzw. Ausgangslage vor der Umwidmung (oben) gemäss [21] (Variante 2)	50
Abb. 35:	Prinzipskizze der Querschnittsanpassung im Anschlussbereich für die anschliessende Standstreifenumwidmung	50
Abb. 36:	Ausbildung von Verzögerungsstreifen gemäss [8]	51
Abb. 37:	Ausbildung von Beschleunigungsstreifen gemäss [8]	51
Abb. 38:	Wegweisung im Bereich einer Ausfahrt nach [12]	53
Abb. 39:	Vorschlag zur Anordnung der Signale und Wegweiser bei permanent verlängerten Ausfahrten mit einer Gesamtlänge unter 1'000 m (links) und mehr als 1'000 m (rechts)	54
Abb. 40:	Vorschlag zur Anordnung der Signale bei permanent verlängerten Einfahrten	55
Abb. 41:	Vorschlag zur Anordnung der Signale bei permanent verlängerten Einfahrten in Steigungen	56
Abb. 42:	Vorschlag zur Anordnung der Wechselsignale bei temporärer Umwidmung des Standstreifens zwischen Anschlüssen mit FLS (links: Standstreifen gesperrt bzw. Grundzustand, rechts: Standstreifen für den Verkehr freigegeben)	58
Abb. 43:	In Deutschland gebräuchliche Verkehrszeichen zur zeitweisen Freigabe des Seitenstreifens – Seitenstreifen befahren (links), Seitenstreifen räumen (Mitte), Seitenstreifen nicht mehr befahren (rechts)	59
Abb. 44:	Angepasstes Hinweissignal zur Anzeige der Fahrstreifen (Sig. 4.77) mit ergänzenden Angaben zur temporären Benutzung des Standstreifens	59
Abb. 45:	Vorschlag zur Anordnung der Wechselsignale bei temporärer Umwidmung des Standstreifens zwischen Anschlüssen mit Signalen (4.77) zur Anzeige der Fahrstreifen (links: Standstreifen gesperrt bzw. Grundzustand, rechts: Standstreifen für den Verkehr freigegeben)	60

Abb. 46:	Vorschlag zur Signalisation in der Einfahrtsrampe zur temporären Nutzung des Standstreifens als zusätzlicher Stauraum bei Rampenbewirtschaftung	61
Abb. 47:	Ausgangssituation im Bereich einer Anschlussstelle vor der über den Anschluss geführten temporären Umwidmung des Standstreifens	62
Abb. 48:	Vorschlag zur Anordnung der Wechselsignale und Ausgestaltung der Markierung im Bereich einer Anschlussstelle bei temporär über den Anschluss geführter Umwidmung des Standstreifens mit FLS (links: Standstreifen gesperrt bzw. Grundzustand, rechts: Standstreifen für den Verkehr freigegeben)	63
Abb. 49:	Markierung der Fahrstreifen auf der freien Strecke bei permanenter Standstreifenumwidmung (links: vor der Umwidmung, rechts: nach der Umwidmung)	64
Abb. 50:	Markierung der Fahrstreifen auf der freien Strecke bei temporärer Standstreifenumwidmung (links: vor der Umwidmung, rechts: nach der Umwidmung)	65
Abb. 51:	Vorschlag für eine dynamische Markierung mit Unterflurleuchten zur optischen Unterstreichung des Beginns einer temporären Standstreifenumwidmung	65
Abb. 52:	Verkehrstechnische Einsatzkriterien für die Anordnung von Überholverböten für Lastwagen in Abhängigkeit von Verkehrsbelastung, Längsneigung und Schwerverkehrsanteil [19]	67

7.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht der Anwendungsfälle von Standstreifenumwidmungen	8
Tab. 2:	Übersicht über die Regelbetriebsformen der verschiedenen Anwendungsfälle in Anlehnung an [21]	11
Tab. 3:	Übersicht über realisierte und geplante Standstreifenumwidmungen in der Schweiz (Stand 2008)	12
Tab. 4:	Verkehrsqualitätsstufen für freie Strecken auf Autobahnen nach SN 640 018a [1]	29
Tab. 5:	Schwellenwerte der stündlichen Verkehrsbelastungen [Mfz/h] auf Verkehrsqualitätsstufe D für zwei- und dreistreifige Autobahnen in Abhängigkeit von zulässiger Höchstgeschwindigkeit, Schwerverkehrsanteil und Längsneigung (in Anlehnung an [1])	30
Tab. 6:	Übersicht der Abschnitte des schweizerischen Autobahnnetzes mit einem DTV von mehr als 60'000 Mfz/Tag im Jahr 2006	31
Tab. 7:	Verkehrstechnische Einsatzkriterien für die Freigabe des Standstreifens als vierter Fahrstreifen bzw. Aufhebung der Freigabe auf der BAB A99 (Münchner Ring)	32
Tab. 8:	Vorschlag für verkehrstechnische Einsatzkriterien für die Freigabe des Standstreifens bzw. Aufhebung der Freigabe auf zwei- und dreistreifigen Autobahnen in der Schweiz ($i \leq 2\%$, $SVA > 5-15\%$)	33
Tab. 9:	Durchschnittswerte zum Unfallgeschehen auf schweizerischen Autobahnen nach ausgewähltem Unfalltyp und örtlicher Lage [39]	34
Tab. 10:	Erforderliche Fahrbahnbreiten gemäss [7] für drei- und vierstreifige Richtungsfahrbahnen ohne bzw. mit umgewidmetem Standstreifen für verschiedene Betriebsformen	40
Tab. 11:	Vorhandene bzw. nutzbare Fahrbahnbreiten pro Richtung der ASTRA Normalprofile von zwei- und dreistreifigen Autobahnen	40
Tab. 12:	Fahrstreifenbreiten in Baustellenbereichen auf Autobahnen in Abhängigkeit der signalisierten Höchstgeschwindigkeit gemäss [14]	42
Tab. 13:	Empfohlene Fahrstreifenbreiten für Umwidmungsvorhaben in Abhängigkeit der zugelassenen Fahrzeugarten und signalisierten Höchstgeschwindigkeit	43
Tab. 14:	Mittlere Pannensrate auf Autobahnen in der Schweiz in den Jahren 2002 und 2006	48
Tab. 15:	Mögliche Signaltypen für die temporäre Umwidmung von Standstreifen	52
Tab. 16:	Gliederungsvorschlag mit Angaben zum Inhalt der zu erarbeitenden VSS-Norm SN 640 806 „Umwidmung von Standstreifen zu Fahrstreifen“	78