

Verkehrsleitung und Kampagne Verflechtungsbereich

Optimierung des Verkehrs-
flusses bei Autobahnbau-
stellen durch Optimierung
der Verkehrsorganisation
im Verflechtungsbereich
und bessere Information für
Lenker:innen

Autor:innen

Alex Neumann | netwiss
Jasmin Liszt | netwiss

Gerald Franz | UIV
Thomas Vith-Barrett | UIV
David Hees | UIV
Maximilian Sautner | UIV

Kontakt

UIV Urban Innovation Vienna GmbH
1040 Wien, Operngasse 17-21
+43 1 4000 842 60
policylab@urbaninnovation.at
www.urbaninnovation.at

Das Policy Lab wird gefördert aus den Mitteln des Programms „Mobilität der Zukunft“ – eine Initiative des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI).

Kurzfassung

Im Kärntner Autobahnnetz stehen in den nächsten Jahren mehrere umfangreiche Sanierungsbaustellen an – vor allem in besonders sensiblen Bereichen wie Knoten und Tunneln. Schon heute ist das Netz zu Reise- und Ferienstößen an oder über der Belastungsgrenze – mit den kommenden Baustellen ist mit massiven Stauereignissen zu rechnen. Diese haben nicht nur Auswirkungen auf das hochrangige Netz selbst, sondern verlagern Verkehr in das untergeordnete Straßennetz.

Die Probleme liegen nicht nur in der baulichen und organisatorischen Gestaltung von Engstellen oder Verflechtungsbereichen, sondern auch im Verhalten der Verkehrsteilnehmenden, insbesondere in falschem oder zu frühem Einordnen, in abrupter und später Geschwindigkeitsreduktionen, in sozialer Sanktionierung korrekten Verhaltens oder in unterschiedlicher Regelkenntnis. Ziel des Projekts ist die Erarbeitung von Lösungen zur Verkehrsleitung, Kommunikationsmaßnahmen, Kooperation und Kampagnen zur Verhaltenssteuerung.

Das Projekt basiert auf drei Säulen: (1) einer umfassende Literatur- und Regelwerksrecherche zu Leistungsfähigkeit, Verkehrsorganisation und Kommunikation, (2) neun Expert:inneninterviews (ASFINAG, Verwaltung, Forschung, Kommunikation) – zentral für die Ableitung und Validierung der Maßnahmen und (3) einer iterativen Abstimmung und Verdichtung der Erkenntnisse zu konkreten Empfehlungen für Verkehrsleitung, Kampagnen und Governance.

Der Bericht fasst die zentralen Empfehlungen für die Optimierung des Verkehrs im Baustellenbereich zusammen. Ziel ist ein stabiler Verkehrsfluss und maximale Leistungsfähigkeit – empfohlen werden stufenweise Geschwindigkeitsreduktionen, harmonisierte Fahrstreifen-Geschwindigkeiten, klare Beschilderung („Noch nicht einordnen“, „Erst in 400 m einordnen“) sowie die Förderung des Reißverschlussverfahrens durch Bodenmarkierungen, punktuelle Radar-Feedbackanzeigen und mögliche Sperrlinien. Im Feld der Kommunikation und Kampagnen ist es das Ziel, Verständnis, Akzeptanz und korrektes Verhalten zu fördern. Kommunikation soll einfach, visuell und wiederholt erfolgen, Informationen transparent und frühzeitig bereitgestellt werden – alle Stakeholder sollen einbezogen werden. Kampagnen sollten auf wenige Kernbotschaften reduziert sein, etwa zum späteren Einordnen und kooperativem Verhalten, ergänzt durch punktuelle Maßnahmen an Raststätten oder Vignettenverkaufsstellen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die baulichen Engpässe nur ein Teil des Problems sind – viel entscheidender ist das menschliche Verhalten an Engstellen oder im Verflechtungsbereich. Durch eine Kombination aus kluger Verkehrsorganisation, gezielter visueller Kommunikation, frühzeitiger Information, koordiniertem Behördenhandeln und punktuellen Kampagnen kann die Leistungsfähigkeit in Baustellen signifikant verbessert und das Staurisiko reduziert werden. Basis hierfür ist auch die Kooperation und reibungslosen Abstimmung zwischen ASFINAG, Land Kärnten, BMIMI etc.

Inhalt

1	Das Projekt	6
1.1	Ausgangslage und Zielsetzung	6
1.2	Methodische Vorgehensweise	7
2	Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens	8
2.1	Definition und Einflussfaktoren	8
2.2	Ländervergleich (D–A–CH–USA)	8
2.3	Zusammenfassung Querschnittskapazität	9
3	Leistungsfähigkeit in Engstellen und Verflechtungsbereichen	10
3.1	Typische Problemzonen	10
3.2	Ländervergleich (D–A–CH–USA)	10
3.3	Zusammenfassung Verflechtungsbereiche	11
4	Optimierung der Verkehrsleitung	11
4.1	Auswertung nach Ländern / Regionen	11
4.2	Zentrale Systeme & Maßnahmen	12
4.3	Projekt DIVVA	13
4.4	Paper: Comprehension of new instructions for car drivers in merging areas	15
5	Interviews mit Expert:innen	16
6	Strategische Kommunikationselemente und Kampagnen	22
6.1	Informationsvermittlung	22
6.2	Stakeholder-Analyse	23
6.3	Darstellung und Narrativ	24
6.4	Transparente Kommunikation	26
6.5	Expert:inneninterviews zum Thema Kommunikation	26
6.6	Zusammenfassung	31
7	Empfehlungen für eine Anwendung in Kärnten	33
7.1	Geschwindigkeit im Vorfeld der Baustelle optimieren	33
7.2	Verkehrsleitung klar und fehlerfrei gestalten	34
7.3	Strategische Kommunikationselemente und Kampagnen	35
7.4	Weitere begleitende Maßnahmen	37
7.5	Administrativer Ablauf	38
7.6	Konkrete Empfehlung für Tunnelbaustellen A10	39
7.7	Thematischer Exkurs: Abfahrtssperren	40

8	Anhang	42
8.1	Grundlagen >Leistungsfähigkeit<	42
8.1.1	Kapazität auf Autobahnen in den österreichischen Richtlinien.....	42
8.1.2	Kapazität auf Autobahnen in den deutschen Richtlinien.....	47
8.1.3	Kapazität auf Autobahnen in den Schweizer Richtlinien	54
8.1.4	Kapazität auf Autobahnen in den Regelwerken der USA.....	56
8.1.5	Weitere Rechercheergebnisse zur maximalen Leistungsfähigkeit	63
8.2	Grundlagen >Optimierung der Verkehrsleitung<.....	65

1 Das Projekt

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Im Netz der ASFINAG im Land Kärnten sind in kritischen Bereichen (Knoten, Tunnels) einige Sanierungsbaustellen für die nächsten Jahre geplant. Das hochrangige Straßennetz ist bereits derzeit zu den Ferienspitzen an seiner Leistungsfähigkeit oder teilweise weit darüber. Dieser Umstand führt immer wieder zu Stausituationen – im Kontext der geplanten Sanierungsbaustellen (die teilweise mehrere Jahre dauern) ist mit zeitweise (insbesondere zu Ferienzeiten) enormen Stauereignissen und damit Auswirkungen auf das untergeordnete Straßennetz zu rechnen. Es ist das Ziel der Kärntner Landesverwaltung, Lösungsansätze zu finden, um den Verkehrsfluss so lange wie möglich aufrecht zu halten und die negativen Auswirkungen dieser zu erwartenden Stauereignisse zu minimieren. Hierzu sollen Maßnahmen erarbeitet werden, die

- (1) bestmögliche Lösungen im Bereich Verkehrsleitung
(Geschwindigkeitsniveau, Beschilderung, Gestaltung der Überfahrtsbereiche),
- (2) eine Kampagne zu kooperativem Verhalten der Verkehrsteilnehmer:innen im Verflechtungsbereich und
- (3) eine optimale Kooperation auf der Ebene aller betroffenen Verwaltungseinrichtungen (Land Kärnten, ASFINAG etc.) sicherstellen.

Ebenso sollen

- (4) Empfehlungen zu Medien- und Pressearbeit erarbeitet werden sowie
- (5) die Kernergebnisse aus dem Projekt Abfahrtssperren neu geframed in den Endbericht eingearbeitet werden.

Wahrnehmung der Problemstellung und ihrer zugrundeliegenden Ursachen

Obwohl das Reißverschlussverfahren auch in Österreich rechtlich klar geregelt ist, bestehen deutliche Missverständnisse über das richtige Vorgehen. Eine kürzlich veröffentlichte Studie des KFV unterstreicht diesen Umstand. So gaben zwar 70 % der Befragten an, das Reisverschlussystem zu kennen. Allerdings konnten tatsächlich nur 6 % die richtigen Verhaltensweisen korrekt wiedergeben.¹ Auch die befragten Expert:innen stimmen darin überein, dass die größten Herausforderungen nicht primär in der technischen oder baulichen Ausgestaltung der Baustellen liegen, sondern vielmehr im Verhalten der Verkehrsteilnehmenden. Hier wurden insbesondere drei problematische Verhaltensmuster analysiert: Viele Autofahrende ordnen sich erstens zu früh ein, der wegfallende Fahrstreifen wird nicht bis zum Ende genutzt. Sie verringern ihre Geschwindigkeit zu spät und zu abrupt. Verstärkend wirkt, dass korrektes Verhalten häufig sozial sanktioniert wird – etwa, wenn Fahrer:innen, die bis zum Ende der Spur fahren, beim Einordnen blockiert werden. Daraus resultieren Rückstaus, gefährliche Situationen und teilweise aggressive Reaktionen zwischen den Verkehrsteilnehmenden. Als Ursachen werden insbesondere ein unzureichendes Wissen über Verkehrsabläufe, Defizite in der Fahrausbildung sowie sozial erlernte Fehlinterpretationen (z.B. „früh einordnen ist rücksichtsvoll“) ge-

¹ Vgl.: Reißverschlussystem: Nur 6 Prozent der Autofahrer wissen, wie es richtig geht. URL: <https://www.kfv.at/reissverschlussystem/>. 27.06.2025 (01.10.2025)

nannt. Auch mangelnde Aufmerksamkeit, sprachliche Barrieren und der hohe Anteil ausländischer Transitfahrer:innen erschweren eine einheitliche Verkehrskommunikation.

1.2 Methodische Vorgehensweise

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden (1) durch eine strukturierte Desk-Research nationale und internationale Erkenntnisse zur Optimierung der Verkehrsorganisation in Verflechtungsbereichen sowie zu effektiven Kampagnenmaßnahmen erhoben, (2) in leitfadengestützten Expert:inneninterviews Erfahrungen und Perspektiven zentraler Akteur:innen (ASFINAG, Landesverwaltung, Verkehrsexpert:innen, Kampagnenspezialist:innen) eingeholt und (3) auf Basis dieser Erkenntnisse praxisnahe Empfehlungen für Verkehrsleitung, Kommunikation und Governance im Kontext geplanter Großbaustellen in Kärnten erarbeitet. Die gesamte Erarbeitung erfolgte in mehreren iterativen Schritten in allen drei Dimensionen – Literaturarbeit, Interviews mit Expert:innen und Feedback seitens des Auftraggebers, Land Kärnten.

Folgend sind die zentralen Arbeitsschritte dokumentiert:

- **Systematische Literatur- und Quellenrecherche** zu maximaler Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens (auf Autobahnen) samt Engstellen, Verkehrsorganisation, Beschilderung, Temporeduktion und Kampagnen im Verflechtungsbereich (national & international)
- **Aufbereitung und Zusammenfassung** der Rechercheergebnisse in thematischen Kurzanalysen
- **Konzeption eines Interviewleitfadens** für Expert:innen und Stakeholder (Verkehr, Kampagne, Verwaltung)
- **Durchführung von neun Expert:inneninterviews**, darunter mit Vertreter:innen der ASFINAG, Landesstraßenverwaltung, Verkehrs- und Kommunikationsexpert:innen
- **Auswertung der Interviews** und Verdichtung der Erkenntnisse in Handlungsansätzen
- **Ableitung von Empfehlungen** zu Verkehrsleitung, Kampagne, Kooperation, Medienarbeit und Abfahrtssperren
- **Rückkopplung der Zwischenergebnisse** mit Vertreter:innen des Auftraggebers, Land Kärnten und den Interviewpartner:innen
- **Erstellung eines Abschlussberichts** mit konkreten Umsetzungsvorschlägen und Kommunikationsstrategien

Generelle Anmerkung: Im gegenständlichen Bericht findet (auch RVS-konform) der Begriff „**Spur**“ keine Verwendung – dieser Begriff ist ausschließlich im Anhang i.S. der (internationalen) Originalquellen zu finden. Im Bericht kommt somit nur der Begriff „**Fahrstreifen**“ zur Anwendung – jene Fläche, die sowohl von ein- als auch mehrspurige Fahrzeuge genutzt wird.

2 Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens

2.1 Definition und Einflussfaktoren

Die Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens wird generell in **Pkw/h/Fahrstreifen** angegeben und bezeichnet die **maximal mögliche Durchflussrate** unter gegebenen Randbedingungen. Die wichtigsten Einflussgrößen sind:

- **Anzahl der Fahrstreifen**
- **Schwerverkehrsanteil**
- **Topografie (Steigungen, Gefälle)**
- **Zulässige Höchstgeschwindigkeit**
- **Verkehrszusammensetzung (PKW/LKW)**
- **Anordnung/Dimensionierung von Anschlussstellen**
- **Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF)**

2.2 Ländervergleich (D–A–CH–USA)

Deutschland (HBS 2015)

- Kapazität eines **einzelnen Fahrstreifens**: ca. **2.000 – 2.200 Pkw/h**
- Bei temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF) sind zusätzliche Kapazitätsreserven möglich.
- Steigungen > 2 % führen zu deutlichen Reduktionen der Kapazität (Tabellen im HBS).
- Geschwindigkeitsbeschränkungen und die Lage in Ballungsräumen werden differenziert berücksichtigt.

Österreich (RVS 03.01.11)

- Die **Leistungsfähigkeit pro Fahrstreifen** liegt abhängig von Steigung und LKW-Anteil im Bereich von **1.800 – 2.200 Pkw/h**.
- Bei > 2 % Steigung wird ein Abminderungsfaktor verwendet.
- Gemäß Fachquellen (BOKU, ASFINAG, ÖAMTC): Realistische **Kapazität ca. 1.500 – 2.500 Pkw/h/Fahrstreifen**, wobei hohe Werte nur bei idealen Bedingungen erreichbar sind (80–100 km/h, geringe LKW-Anteile).

Schweiz (SN 640 018a)

- Kapazität bei 3-streifigen Autobahnen: ca. **6.000 – 6.600 Pkw/h**, also **2.000 – 2.200 Pkw/h/Fahrstreifen**.
- Bei Steigungen > 2 % sinkt die Leistungsfähigkeit spürbar, besonders bei hohen LKW-Anteilen.
- Interessant: Auf **ebenem Gelände** ist die Kapazität **unabhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit** – nur topografische und verkehrszusammensetzungsbezogene Einflüsse sind relevant.

USA (HCM 2016)

- **Basiskapazität eines Fahrstreifens** bei freiem Verkehrsfluss: **2.350 Pkw/h/Fahrstreifen** (bei 65 mph / 105 km/h).
- Diese Werte gelten **ohne Schwerverkehr**, bei optimaler Streckengeometrie (mind. 3,66 m breite Fahrstreifen, min. 1,83 m Seitenraum).
- Anpassungsfaktoren für:
 - Fahrstreifenbreite (fLW)
 - Seitenraum (fLC)
 - Schwerverkehr (fHV) – z.B. Reduktion um 5 % bei 10 % LKW-Anteil auf ebenem Gelände.

2.3 Zusammenfassung Querschnittskapazität

Land	Pkw/h pro Fahrstreifen (Standardbereich, flach)	Besonderheiten
Deutschland	2.000 – 2.200	HBS differenziert nach TSF, Topografie, Geschwindigkeit
Österreich	1.800 – 2.200 1.500 – 2.500 1.200 – 1.400 800 – 1.200	Je nach Quelle stark variierend <i>Im Urlaubsverkehr oft geringer (Praxiswerte)</i> <i>Im Tunnelbereich deutlich geringer (Praxiswerte)</i>
Schweiz	2.000 – 2.200	Bei flacher Strecke unabhängig von Tempolimit
USA	2.350 (ohne Schwerverkehr)	HCM arbeitet mit Korrekturfaktoren

Die **typische Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens auf Autobahnen** liegt unter Idealbedingungen länderübergreifend bei **etwa 2.000 – 2.200 Pkw/h/Fahrstreifen**, im **Urlaubsverkehr** bei **etwa 1.200 Pkw/h**, im **Tunnelbereich in Baustellen** bis zu **800 Pkw/h/Fahrstreifen**.

Länderübergreifende Gemeinsamkeiten:

- Leistungsfähigkeit sinkt bei:
 - Steigung > 2 %
 - hohem LKW-Anteil
 - ungünstigen Rampengeometrien
- Leistungsbewertung erfolgt meist entweder über **Verkehrsgeschwindigkeit (Qualitätsstufe)** oder über **Kapazitätsgrenzwerte**

Unterschiede zwischen den Ländern:

- **USA** verwenden einen stark formalisierten, fahrstreifenbezogenen Ansatz mit Anpassungsfaktoren (fHV, fLW, fLC).
- **Deutschland und Österreich** orientieren sich stärker an makroskopischen Qualitätsniveaus und lokalen Gegebenheiten (TSF, Steigung).
- **Die Schweiz** hinkt in der Normierung von Verflechtungsstrecken noch hinterher, obwohl empirische Studien existieren.

3 Leistungsfähigkeit in Engstellen und Verflechtungsbereichen

3.1 Typische Problemzonen

- **Verflechtungsstrecken:** Bereiche, in denen Fahrstreifenwechsel durch Ein-/Ausfahrten oder Fahrstreifenzusammenführungen nötig sind.
- **Engstellen:** Z.B. Baustellen mit Reduktion von zwei auf einen Fahrstreifen.
- **Anschlussstellen:** Rampen- und Auf-/Abfahrtsbereiche.

3.2 Ländervergleich (D–A–CH–USA)

Österreich (ODIMAST & ODIMAK-Studien, TU Graz, ASFINAG):

- Bei **Ausfahrtsrampen > 700 Fz/h/FSt** oder **Gesamtbelastung > 1.500 Fz/h/FSt** → **50 % Wahrscheinlichkeit für Überlastung**.
- Kurze Rampen (< 250 m) bei hoher Belastung kritisch.
- **Verflechtungslänge, Verflechtungsgrad und LKW-Anteil** wirken sich deutlich auf die Geschwindigkeit aus.
- **Kritische Geschwindigkeit** als Kapazitätskriterium: z.B. < **70 km/h** bei zul. V = 100 km/h → instabiler Zustand.

Deutschland (HBS 2015)

- Im **HBS** werden Verflechtungsstrecken mit **Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV)** bewertet.
- Kapazitätswerte abhängig vom **Verflechtungstyp**.
- Für **Baustellenengpässe (2 → 1 Fahrstreifen)**:
 - Typische **Kapazität liegt bei 1.200 – 1.400 Pkw/h** (stark abhängig vom Reißverschlussystem, Beschilderung, Einfahrwinkel etc.).

Schweiz

- **Keine vollständige Normierung** für Verflechtungsbereiche (Stand 2025).
- Forschungsarbeiten (ETH Zürich) empfehlen Methodik ähnlich HCM/HBS.
- Aktuelle Normen (SN 640 019) berücksichtigen Verflechtungen und Rampen **noch nicht systematisch**.

USA (HCM 2016)

- Das **Highway Capacity Manual** behandelt Verflechtungen differenziert:
 - Ein-/Ausfahrten, Weaving-Sections.
 - Bemessung auf Basis von **free-flow speed + Adjustment Factors**.
 - Beispiel: Bei Rampendichte von 4 pro Meile → **Kapazität reduziert auf 2.350 Pkw/h**.

3.3 Zusammenfassung Verflechtungsbereiche

Im Verflechtungsbereich (v.a. 2 → 1 Fahrstreifen, Baustelle) reduziert sich die Kapazität drastisch auf ca. **1.200 – 1.400 Pkw/h**, teils weniger – hier ist nicht mehr die Anzahl der Fahrstreifen entscheidend, sondern:

- Konfliktpunktdichte
- Fahrverhalten
- Reißverschlussystem
- Rampengeometrie

4 Optimierung der Verkehrsleitung

4.1 Auswertung nach Ländern / Regionen

Österreich

- **ASFINAG**: Betonung auf **stufenweiser Beschilderung**, Akzeptanz langer Baustellen, Fahrstreifenverengung mit präziser Dimensionierung.
- RVS-Vorgaben fordern **immer eine Temporeduktion** bei Fahrstreifenverengung.
- Masterarbeit zur A1/A7: **Pannenstreifenfreigabe** bei hoher Belastung als Option mit Abwägung zur Sicherheit.

Deutschland

- Fokus auf **RSA-gerechte Gestaltung**, Gelbmarkierung, Vermeidung irreführender weißer Linien.
- Erkenntnisse:
 - Schmale Fahrstreifen & hohe Lkw-Anteile → geringere Kapazität
 - Trennlinsen & gestufte Geschwindigkeitsreduktion sinnvoll
 - **Fahrverhalten wird stark von Markierungskonstellationen beeinflusst** (Dissertation KIT)

USA

- **Führend bei dynamischen Merge-Systemen**, verhaltenspsychologisch fundierten Beschilderungen, Radar-Displays & Fahrsimulationen.
- **Polizeipräsenz und Radarüberwachung** (z.B. Iowa, Oregon, Washington DC) zeigen hohe Wirksamkeit zur Temporeduktion.
- „**Joint Merge**“ und „**Stay in your lane**“-Beschilderungen erhöhen Akzeptanz und Fahrstreifentreue.
- **Dynamische Merge-Systeme** (z.B. Texas, Wisconsin): Echtzeit-Schilder wie „Use both lanes – merge here“ verbessern Verkehrsfluss und reduzieren Staus.
- **Bodenmarkierungen (z.B. orange, Pfeile, Rumpelstreifen)** werden intensiv getestet und evaluiert.

Australien

- Studie zeigt: Verhalten beim Einfädeln variiert je nach Fahrstreifenschließkonfiguration (SLC vs. FLC).
- Fahrzeugtyp, Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeitsverhalten bestimmen, ob Fahrer:innen früh oder spät einfädeln.
- Empfehlung: **Konfigurationen vorab verhaltensanalytisch simulieren**, bevor Maßnahmen eingeführt werden.

Südkorea

- **Intelligente PID-basierte Merge-Steuerung** unter Einsatz von **Verkehrszustandsprognosen und CAV-Daten**.
- Dynamische Entscheidung, **wo und wie viele Fahrzeuge einfädeln sollen**, zur Optimierung von Verkehrsfluss und Stauvermeidung.

China

- **Mehrere Studien zu CAV/Mischverkehr:**
 - PID-basierte Steuerungen, Trajektorienoptimierung, Koordination zwischen CAV und menschlich gesteuerten Fahrzeugen.
 - Einfädeln wird **proaktiv verteilt**, Geschwindigkeiten stabilisiert.
- Empfehlung: **Hierarchisches Merge-Management**, abhängig vom CAV-Anteil.

Israel

- **Fahrsimulatorstudien** mit 116 Teilnehmer:innen: Rumpelstreifen, digitale Anzeigen und Fahrstreifenbreiten beeinflussen das Geschwindigkeitsverhalten stark – **lokale Effekte**, keine Langzeitwirkung.

4.2 Zentrale Systeme & Maßnahmen

Reißverschlussysteme / Merge-Typen

- **Late Merge**: Effektiv bei hohem Aufkommen und kooperativem Verhalten.
- **Early Merge**: Bei geringem Aufkommen oder aggressivem Fahrverhalten effizienter.
- **Joint Merge**: Gleichmäßige Fahrstreifenverteilung bis zum Taper – hohe Akzeptanz.
- Dynamische Varianten bieten klare Vorteile, wenn Verkehrslage instabil ist.

Dynamische Merge-Systeme

- Adaptive Schilder mit z.B. „Use both lanes until merge point“
- Wirkung:
 - Gleichmäßigere Geschwindigkeiten
 - Reduzierter Stress & weniger aggressives Fahrverhalten
 - Bessere Kapazitätsnutzung bei hoher Dichte
- Voraussetzungen:
 - Technische Infrastruktur
 - Öffentlichkeitsarbeit zur Akzeptanz seitens der Nutzer:innen

Geschwindigkeitssteuerung

- **Effektivste Methoden:** Polizeikontrollen, Kameraüberwachung, Radar-Feedback (DSDS), PCMS.
- Kombination aus mehreren Methoden bringt den größten Effekt.
- Empfehlungen: **Schrittweise Reduktion der Vmax** vor Engstelle statt plötzlicher Beschränkung.

Fahrstreifenmarkierungen & visuelle Führung

- Bodenmarkierungen: z.B. orange Linien, Fahrstreifenpfeile, Route-Shields, durchgezogene Linien.
- Wirkung:
 - **Frühzeitige Fahrstreifenentscheidung**
 - **Vermeidung von Vordrängeln**
 - **Bessere Fahrstreifentreue**
- Achtung: **Widersprüchliche orange/gelb/weiße Markierungskombinationen** erzeugen unsicheres Fahrverhalten.

Integration neuer Technologien / Zukunftsbild

- CAV / Connected Vehicles (z.B. Korea, China):
 - Echtzeitdaten erlauben präzise Steuerung, z.B. „Jetzt einfädeln“.
 - Leistungsgewinne mit zunehmender CAV-Quote.
 - Herausforderung: **Mischverkehr mit MVs (manuellen Fahrzeugen)** – Lösung nur über schrittweise Einführung, Akzeptanzförderung.

4.3 Projekt DIVVA

Projektüberblick

DIVVA (Dynamisch gesteuertes System zur Erhöhung der Verkehrsflussqualität und Verkehrssicherheit bei Fahrstreifenreduktion auf Autobahnen, BOKU Wien) ist ein intelligentes Verkehrssystem, das speziell für Baustellenbereiche mit Fahrstreifenreduktion auf Autobahnen entwickelt wurde. Ziel ist es, den Verkehrsfluss zu optimieren, Staus zu vermeiden und die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Das Projekt baut auf den Erkenntnissen der Vorstudie EVA auf, in der verkehrstelematische Maßnahmen erstmals umfassend untersucht wurden.

Technisches Konzept

Das System besteht aus:

- Dynamisch gesteuerten Wechselverkehrszeichen, die abhängig von der aktuellen Verkehrslage (z.B. Stau, zähfließender oder freier Verkehr) angepasst werden.
- Sensoren, die Geschwindigkeit, Verkehrsichte und Fahrzeugklassifikation erfassen.
- Einer Steuereinheit, die auf Basis dieser Daten die Anzeigehalte und zulässigen Geschwindigkeiten in Echtzeit regelt.
- Einem Geschwindigkeitstrichter, der die Geschwindigkeit schrittweise reduziert, um Auffahrtaufälle am Stauende zu vermeiden.

Zentrale Steuerlogik

- Fließender Verkehr: Fahrer:innen werden motiviert, frühzeitig den Fahrstreifen zu wechseln – das verteilt die Wechselmanöver über eine größere Strecke.
- Hohe Verkehrsdichte / Stau: Fahrer:innen sollen den Fahrstreifen erst kurz vor dem Engpass wechseln – Reißverschlussprinzip.
- Dynamische Geschwindigkeitsanpassung in mehreren Stufen je nach Verkehrszustand (z. B. von 120 km/h auf 60 km/h).

Ergebnisse aus dem Praxistest

- Verkehrsfluss: Deutliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit im Verflechtungsbereich.
- Verkehrssicherheit: Weniger kritische Situationen beim Fahrstreifenwechsel, geringeres Unfallrisiko.
- Akzeptanz: Gut verständliche Texte und Symbole führten zu hoher Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmer:innen.
- Emissionen & Zeitverluste: Verringerung der Reisezeitverluste und Schadstoffemissionen durch stabileren Verkehrsfluss.

Empfehlungen für die Praxis

- Systemweiterentwicklung & Standardisierung: Das DIVVA-System ist praxistauglich. Es wird empfohlen, das Konzept weiterzuentwickeln und standardisiert in Baustellenbereichen einzusetzen.
- Anpassung an örtliche Gegebenheiten: Die Systemkonfiguration (z.B. Anzeigetexte, Position der Tafeln) sollte standortspezifisch angepasst werden – etwa abhängig von Topografie, Verkehrsvolumen und Dauer der Baustelle.
- Optimierte Kommunikation mit Verkehrsteilnehmer:innen: Klare, verständliche und grafisch unterstützte Hinweise erhöhen die Akzeptanz. Eine vorgelagerte Informationstafel („Testanlage zur Staureduktion“) kann zusätzlich Vertrauen schaffen.
- Dynamische Steuerlogik nutzen: Die automatisierte Anpassung der Geschwindigkeits- und Wechselhinweise an den realen Verkehrszustand ist essenziell für die Wirkung – reine statische Hinweise reichen nicht aus.
- Reißverschlussystem aktiv fördern: Besonders bei Stau oder zähfließendem Verkehr soll das späte Einordnen (Reißverschlussprinzip) aktiv angezeigt und gefördert werden – dies verbessert Kapazität und Sicherheit erheblich.
- Datenerfassung und -analyse verstärken: Durch kontinuierliche Datenerhebung lassen sich Anlagenbetrieb und Wirkung laufend optimieren. Die aufgezeichneten Daten sollten für weitere Evaluationen und Planung künftiger Maßnahmen genutzt werden.
- Positive Wirkung auch ohne Sicherheitsbewertung: Schon ohne monetäre Bewertung der Sicherheitsgewinne zeigt die Kosten-Nutzen-Abschätzung ein klares positives Ergebnis, vor allem an Standorten mit hoher Staubbelastung.

4.4 Paper: Comprehension of new instructions for car drivers in merging areas

Ziel der Studie

Im Rahmen des Papers (Reinhard Hössinger, Wolfgang J. Berger: Transportation Research Part F, 2012) wird untersucht, wie gut und schnell Autofahrer:innen neue Anweisungen auf variablen Verkehrszeichen (VMS – Variable Message Signs) verstehen, insbesondere in Baustellenbereichen mit Fahrstreifenreduzierung auf Autobahnen. Zwei Instruktionen wurden getestet:

- „Reißverschlussartig einordnen“ (merge alternately)
- „Fahrstreifen beibehalten“ (keep lane)

Wichtigste Ergebnisse

„Reißverschlussartig einordnen“

- Diese Anweisung ist den meisten Fahrer:innen bereits vertraut.
- Alle getesteten VMS-Varianten (Text, Bild, Animation) wurden rasch und korrekt verstanden.
- Kein signifikanter Lerneffekt – die Bedeutung war den Befragten weitgehend klar.
- Empfohlene Gestaltung: Piktogramm, da keine sprachlichen Barrieren bestehen und es allgemein bekannt ist.

„Fahrstreifen beibehalten“

- Diese Anweisung ist neu und wurde schlecht verstanden, vor allem bei Erstkontakt.
- Piktogramme (statisch oder animiert) wurden häufig falsch interpretiert.
- Textliche Anweisungen schnitten deutlich besser ab, v.a.:
 - „Erst in 400 m einordnen“
 - „Fahrstreifen noch nicht wechseln“

Diese Varianten lieferten die besten Ergebnisse in Bezug auf Verständnis und Geschwindigkeit. Ein deutlicher Lerneffekt wurde festgestellt: Erst beim dritten Kontakt mit der Anweisung verbesserte sich das Verständnis spürbar.

Empfehlungen für die Praxis

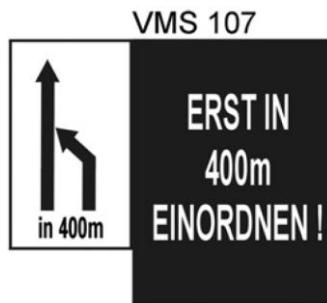
- Bekannte Regeln (z.B. Reißverschlussverfahren) können auch durch neue VMS erfolgreich kommuniziert werden – Text oder Bild funktioniert gleichermaßen gut.
- Unbekannte Anweisungen (z.B. „Fahrstreifen beibehalten“) benötigen klare Textbotschaften mit verständlicher Zeit- oder Distanzangabe („Noch nicht wechseln“, „Erst in 400 m“).
- Vermeidung von unbekannten oder unklaren Piktogrammen, da diese oft missverstanden werden.
- Wiederholung verbessert das Verständnis – entsprechende Maßnahmen zur Wiederholung oder Schulung (z.B. durch Kampagnen) können helfen.
- Vor dem großflächigen Einsatz neuer VMS sollten Verständnistests verpflichtend durchgeführt werden.

5 Interviews mit Expert:innen

Die Ergebnisse, Erkenntnisse und die erste Version der Empfehlungen wurden im Rahmen von Interviews mit Expert:innen evaluiert, auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft sowie weitere Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen erfragt. Folgend ist die Auswertung dieser Interviews nach Interview in einer Kurzform aufgelistet – die jeweiligen Punkte sind in den Empfehlungen eingearbeitet.

Interviewpartner	Wolfgang J. Berger BOKU Wien, Institut für Verkehrswesen
Interview	29.07.2025 online
Ergebnisse	

- Der Endbereich des DIVVA-Projekts "Dynamisch gesteuertes System zur Erhöhung der Verkehrsflussqualität und Verkehrssicherheit bei Fahrstreifenreduktion auf Autobahnen" (2007), wo auf A22 Donauuferautobahn in Fahrtrichtung Stockerau eine verkehrstelematische Anlage entwickelt und erprobt wurde - die Anlage zur Förderung des Reißverschlussystems wurde ab gewissen hohen Verkehrsstärken geschaltet und brachte rund 6 % mehr Leistungsfähigkeit. Karl Mensik hat davor schon (2004) seine Diss zu dem Thema gemacht.
- Der Artikel "Berger W. J., Hössinger R. (2019): Relationships between risk of causing a motorway crash in Austria and attributes of drivers. European Transport Research Review (2019) 11:47 (pp. 1-10) zum ausführlichen Test der besten Beschilderung zur Förderung des Reißverschlussystems – bestes Verkehrszeichen: VMS107 (siehe folgende Abbildung) – inkl. etlichen Angaben zum capacity drop bei Verflechtungen und auch zu Informationsübermittlung mittels Verkehrszeichen.



- Im Kern passen die Empfehlungen im aktuellen Stand sehr gut – es muss das Ziel sein, ab einer gewissen Verkehrsmenge, eine Verflechtung nach dem Reißverschlussystem zu erzielen. Hierzu sollte das Geschwindigkeitsniveau auf beiden Fahrstreifen für längere Zeit harmonisiert werden, die Verflechtung selbst soll erst am Ende des Verflechtungsbereichs stattfinden. Dies muss klar (in Worten) kommuniziert werden – unmittelbar auf der Autobahn im Vorfeld der Verflechtung. Sämtliche Erkenntnisse dazu sind den angeführten Quellen zu entnehmen.

Interviewpartner	Christian Friess ASFINAG
Interview	06.08.2025 online
Ergebnisse	

- Verkehrswerte (Leistungsfähigkeit pro Fahrstreifen) aus der Praxis der letzten Jahre:
 - Im Baustellenbereich etwa 1.400 FZ pro Stunde, max. 1.500 bis 1.600 FZ pro Stunde
 - Im Tunnel bis etwa 1.200 FZ pro Stunde
- Massiv die Leistungsfähigkeit reduzierend ist Urlaubsverkehr und hierbei der Anteil an Wohnwagen bzw. Wohnmobilen
- Ungünstig sind immer Baustellen in Anschlussbereichen
- Section Control zur Geschwindigkeitsharmonisierung im Vorfeld einer Baustelle bzw. im Baustellenbereich durchaus sinnvoll – hier ist aber der Aufwand zur Einrichtung zu betrachten: Für ein Wochenende sicher nicht machbar. Auch ist auf die Rechtslage zur Verordnung der Geschwindigkeitsbeschränkung Rücksicht zu nehmen – hier ist z.B. eine Risikoanalyse bei Tunnelbaustellen die Basis für eine Beschränkung. Es ist in jedem Einzelfall zu prüfen, aus welcher Situation bzw. aus welchem Rechtstitel heraus was machbar bzw. sinnvoll ist. Bescheide sind hierbei die Basis – entweder seitens des Landes oder des Ministeriums (BMIMI), als Grundlage die RVS im Hintergrund. Die Überwachung mittels Section Control braucht als Rechtsgrundlage immer eine Genehmigung des Ministeriums, um im betroffenen Abschnitt eine solche Überwachung durchführen zu dürfen. Diese wird in Form einer Messstreckenverordnung erteilt. Hierfür muss mit einem entsprechenden gutachterlichen Nachweis belegt werden, dass dies erforderlich ist. Bisher wurden solche Messstreckenverordnungen immer nur aus Sicherheitsgründen verordnet. Zuständig für das Ansuchen um Verordnung ist die jeweilige Landespolizeidirektion. Zusätzlich müssen die Messeinrichtungen entsprechend geeicht werden. Eine Messstreckeneichung durch das Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen muss vorgenommen werden.
- Eine (mobile) Geschwindigkeitsanzeige als Bewusstseinsmaßnahme (Anzeige der gefahreneren Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmenden) kann auf jeden Fall auch sinnvoll sein – hier gibt es schon ein Beispiel aus der Praxis dazu.

Interviewpartner	Christoph Wrusz ASFINAG
Interview	07.08.2025 online
Ergebnisse	

- Zuständig für STVO-Dauerverordnungen
- Externes verkehrstechnisches Gutachten beschreibt Situation + empfohlene Maßnahmen
- ASFINAG leitet diese Gutachten an die Behörde weiter (Bezirkshauptmannschaft, Land, BMIMI)
- Bescheid / Verordnung wird seitens der Behörde erstellt
- ASFINAG setzt diese Maßnahmen im Straßenraum um
- Beschränkungen betreffen im Regelfall das Baufeld = Zuordnung zur Baustelle (räumlich & inhaltlich)
- Beschränkungen im Vorfeld einer Baustelle (Flüssigkeit des Verkehrs, Leistungsfähigkeit) bedürfen ebenfalls eines Gutachtens
- Maßnahmen hierzu sind immer zeitlich beschränkt, Basis sind Verkehrsprognosen
- Dieses Gutachten geht in das BMIMI - dort wird Bescheid / Verordnung erstellt
- Weitere mögliche Maßnahme: LKW-Fahrverbot zu den prognostizierten Urlaubsspitzen (in Ergänzung zum Fahrverbotskalender) – lösbar über Bundesgesetzblatt, Kommunikation über diverse (internationale) Kanäle – nicht im Straßenraum, keine Beschilderung = reduziert den LKW-Anteil und erhöht die Leistungsfähigkeit.
- Weiterer Gedanke: Auswirkung von zeitlich festgelegten Abfahrts- und Auffahrtssperren zu Urlaubsspitzen - politisches Thema
- Projekt Wave-Drive: Bereits eine kleine, kritische Masse, die sich im Straßenverkehr sinnvoll verhält, hat eine große Auswirkung auf die restlichen Verkehrsteilnehmer:innen und damit ggf. auch auf die Leistungsfähigkeit. Dieser Umstand ist ggf. im Rahmen der geplanten Kampagne zu "sinnvollem, kooperativem Verkehrsverhalten" zu berücksichtigen.

Interviewpartner	Michael Szabo ASFINAG
Interview	13.08.2025 online
Ergebnisse	

- Stufenweise Reduktion der Geschwindigkeit ab >1.000 m vor der Engstelle / Baustelle (z.B. 120 → 100 → 80 → 60 km/h): 120km/h in Österreich nicht üblich, ggf. aber sinnvoll, um eine weniger abrupte Reduktion der Geschwindigkeit zu gewährleisten. 60km/h ggf. aus Sicherheitsgründen im Rahmen einer Baustelle sinnvoll bzw. vorgeschrieben. Aus Sicht des Verkehrsflusses nicht sinnvoll, da das reale Geschwindigkeitsniveau aufgrund weniger "vorsichtiger Lenker:innen" in der Praxis auf < 50km/h fällt und damit auch die Leistungsfähigkeit reduziert.
- Section Control aus der Praxis bis 80 km/h sinnvoll - 60 km/h nur aus Verkehrssicherheitsüberlegungen sinnvoll, nicht hinsichtlich der Leistungsfähigkeit - siehe Argumentation im Punkt davor.
- Verwendung dynamischer Geschwindigkeitsanzeigen (vollfunktionale VBA, Verkehrsbeeinflussung) zur Anpassung an Verkehrsbelastung in Echtzeit - diese bedarf derzeit eines hohen administrativen Aufwands bis zur Verordnung (seitens des BMIMI), da kein Regelprozess/Regelfall. Klärung zum hohen administrativen Aufwand:
Rechtlich gesehen stellt dies eine Verkehrsbeeinflussung gemäß § 44c StVO dar und dementsprechend bräuchte es eine entsprechende Verordnung, in welcher beschrieben wird, wie dies exakt vorgenommen wird. Basis dafür ist immer ein aufwendiges verkehrstechnisches Gutachten mit dem die Erforderlichkeit nachgewiesen wird. Eine Verkehrsbeeinflussungsanlage muss dies anschließend mit Hilfe von Sensorik und Aktorik exakt so kund machen. Zusätzlich muss die Funktionsweise eines solchen Systems sichergestellt werden – hierfür benötigt es entsprechende Prozesse und Betriebseinheiten. Diese Art der Verkehrsregelung ist sehr kostenintensiv und die für den Straßenbetreiber die aufwendigste. Angemessen ist dies nur bei dauerhaft überlasteten Straßenabschnitten mit dynamischen unvorhersehbaren Verkehrszuständen welche auf bestimmten Straßenabschnitten über lange Zeiträume hinweg zu erwarten sind und bei denen die Verkehrsteilnehmenden nicht selbstständig angemessen fahren. Üblicher Weise sind dies die Zuläufe zu Ballungszentren. Alternativ kann die höchst zulässige Geschwindigkeit auch für fix vorgegebene Zeiträume, mit einer Verordnung gemäß § 42 StVO, eingeschränkt werden. Die Erforderlichkeit dieser vorbereitenden Verkehrsmaßnahme muss aber im Vorhinein gutachterlich nachgewiesen werden. Hierfür braucht es valide Verkehrsprognosen und Nachweise zur Wirksamkeit der Maßnahme. Die Kundmachung ist hier vergleichsweise einfacher da diese zeitgesteuert erfolgt und keine Verkehrssensorik gebraucht wird.
- Mögliche Maßnahme: Generelle Geschwindigkeitsharmonisierung zu prognostizierten Urlaubsspitzen mittels z.B. 100 km/h Höchstgeschwindigkeit über längere Strecken bzw. ganze Autobahnabschnitte (Brennerautobahn, Inntalautobahn, Rheintalautobahn, Tauernautobahn) i.S. der bereits umgesetzten Nachtregelung über ein Bundesgesetzblatt. Hierzu bedarf es ebenfalls eines Gutachtens bzw. einer Verordnung seitens des BMIMI.
- Temporäre Rumpelstreifen oder visuelle Elemente (z.B. Farbwechsel im Asphalt) derzeit in der Praxis nicht angewandt - bezogen auf die Aufmerksamkeit der Lenker:innen jedoch sinnvoll und zu prüfen, ob und in welcher Form umsetzbar.
- Aus der Praxis gute Erfahrung mit enger werdenden Blockmarkierung um eine Trichtersituation zu verdeutlichen.
- Radarfeedback-Anzeigen sinnvoll - gut zu kombinieren mit Smileyen.

- Ergänzen: Klare Textbotschaften mit verständlicher Zeit- oder Distanzangabe („noch nicht wechseln“, „Erst in 500m wechseln“, „Erst in 300m wechseln“, „Ab hier wechseln“).
- Vorschlag: Im Verflechtungsbereich eine Sperrlinie bis 100 m vor dem Verflechtungsbereich, erst danach ist ein Einordnen möglich. Diese Lösung derzeit in der RVS nicht vorgesehen - ggf. in der RVS diskutieren und nachziehen.
- Eine Kombination von verordnungspflichtigen Verkehrszeichen mit Zusatztafeln, welche nicht verordnete Zusätze wiedergeben, ist nicht erlaubt, z.B. Reißverschluss ab hier. Zusatztafeln sind somit immer gesondert i.S. eine Kampagne zu erstellen und anbringen.
- Temporäre Pannenstreifenfreigabe (in Deutschland temporäre Seitenstreifenfreigabe – TSF) in kritischen Abschnitten ist zu prüfen und ggf. aktivieren. Hier ist auf die räumliche Situation Rücksicht zu nehmen: Im Netz der ASFINAG gibt es so gut wie keine Seitenstreifen (Pannenstreifen), die eine ausreichende Breite haben. Wenn die Baustelle eine Breitengabe aus den restlichen Fahrstreifen ermöglicht, ist diese Maßnahme zu prüfen. Der Pannenstreifen wird in der Regel bei Baustellen ohnehin als Fahrfläche genutzt wird – bei Arbeitsstellen kurzer Dauer gäbe es einen RVS-Regelplan für eine temporären Verschwenk auf den Pannenstreifen – hierbei würden man aber nicht mehr von TSF sprechen.
- Weitere Maßnahme: Im Vorfeld einer Verflechtung ein Überholverbot für Wohnmobile und Wohnwagen, wenn der linke Fahrstreifen im Baustellenbereich z.B. auf 2,1 m reduziert wird.
- Weitere Maßnahme (im Kontext der Abfahrtssperren): Anzeige der Reisezeitverluste, wenn man (a) auf der Autobahn bleibt oder (b) ins untergeordnete Netz ausweicht. Beispiel: Reisezeitverlust auf der Autobahn: 15 Minuten, Reisezeitverlust auf der Bundesstraße: 30 Minuten
Wenn die Reisezeit somit auf der Autobahn länger ist, als jene auf dem untergeordneten Netz, sollte dies nicht angezeigt werden. Dies ist eine weitere mögliche Maßnahme, die immer mit den Auswirkungen / Problemen im niederrangigen Straßennetz abgewogen werden muss, im Vergleich zu jenen auf der Autobahn – muss auch zum Gesamtmaßnahmenpaket passen (sollte z.B. keine Abfahrtssperren konterkarieren).

[Anmerkung: Diese Erkenntnisse sind in den Bericht bzw. die Empfehlungen eingearbeitet.]

Interviewpartner	Michael Cik TU Graz
Interview	14.08.2025 online
Ergebnisse	

- Im gesamten Dokument "Spur" durch "Fahrstreifen" ersetzen + kurze Begriffsdefinition dazu am Anfang des Dokuments.
- In Summe ist im Dokument alles drinnen - weitere Punkte würden zu sehr ins Detail gehen und sind damit nicht relevant für die Zielsetzung im Projekt.
- Der Punkt "Pilotprojekte mit dynamischen Merge-Systemen starten" bezieht sich auf TSF – im Bericht klar zu formulieren.
- Maßnahmen in Punkt 6.4 sind ergänzend und (teilweise) nicht so wichtig wie jene in den Punkten davor.
- Die Maßnahme, im Vorfeld Caravans mittels Überholverbot auf den rechten Fahrstreifen zu bringen, wenn der linke im Baustellenbereich nicht breit genug ist, ist sinnvoll. Ebenso die Idee, mittels Sperrlinie die Verflechtung an das Ende des Verflechtungsbrechts zu zwingen - eine Sperrlinie wird von den Lenker:innen im Regelfall befolgt.
- Generell: Oft ist der administrative Aufwand (relativ) groß, bevor Dinge in die Umsetzung im Straßenraum kommen - ist immer mitzudenken.
- Sämtliche Maßnahmen, die vorgeschlagen sind, werden in den absoluten Spitzen (Pfingsten, Samstage im Sommer etc.) vermutlich wenig Wirkung zeigen - hier sind die Verkehrsmengen in Summe zu hoch. Diese Maßnahmen sind jedoch auch darüber hinaus anzudenken, da diese in den restlichen Zeiten höherer Verkehrsbelastung ein großes Potential haben.

6 Strategische Kommunikationselemente und Kampagnen

Wenn es darum geht, ein verkehrlich möglichst optimales Verhalten der Verkehrsteilnehmer:innen zu erreichen, spielt auch der Themenbereich Kommunikation eine zentrale Rolle. Gelungene Kommunikationsmaßnahmen unterstützen und begleiten dabei die verkehrstechnische und verkehrsorganisatorische Umsetzung. Zum einen gilt es, eine funktionierende Kommunikationsstruktur zwischen den umsetzenden Akteur:innen aufzubauen. Zum anderen ist es entscheidend, das Bauvorhaben gegenüber den Verkehrsteilnehmer:innen klar und verständlich zu kommunizieren. So kann eine grundlegende Akzeptanz geschaffen werden – die wiederum die Grundlage für ein optimales Fahrverhalten, etwa im Reißverschlussystem, bildet.

Vor diesem Hintergrund beleuchten wir im Folgenden einzelne zentrale Aspekte, die auch für eine gelungene Kommunikationsarbeit bei den geplanten Sanierungsarbeiten in Kärnten von Bedeutung sind. Dabei werden allgemeine Prinzipien strategischer Kommunikation, Stakeholder-Management und Kooperationsprozesse dargestellt, um ein vertieftes Verständnis der Rahmenbedingungen zu schaffen, unter denen auch spezifische Kommunikationsmaßnahmen im Verflechtungsbereich wirken können. Das Kapitel schafft somit die Grundlage, um in den folgenden Abschnitten, aufbauend auf Interview- und Rechercheergebnissen, zielgerichtete Handlungsempfehlungen zur Kommunikation bei Baustellen auf Kärntner Autobahnen abzuleiten.

6.1 Informationsvermittlung

Effektive Kommunikation umfasst sowohl die interne Abstimmung zwischen den beteiligten Akteuren:innen als auch die zielgerichtete externe Informationsvermittlung gegenüber Verkehrsteilnehmenden. Transparente und kontinuierliche Kommunikation kann entscheidend dazu beitragen, Verkehrsfluss, Sicherheit und Akzeptanz in Baustellenbereichen zu sichern.

Gelungene Informationsvermittlung setzt die klare Identifikation aller relevanten Akteur:innen voraus. Dazu zählen im Kontext infrastruktureller Sanierungsarbeiten in erster Linie die planende und operative Leitstelle – im vorliegenden Fall die ASFINAG – sowie die Verkehrsteilnehmenden, die die betroffenen Abschnitte befahren. Im Kärntner Autobahnnetz ist dabei die Funktion als stark frequenterter Transitraum für Wirtschafts- und Tourismusströme von zentraler Bedeutung. Reiseintensive Monate führen zu einer deutlichen Zunahme der Verkehrsichte, weshalb rein nationale oder regionale Kommunikationsstrategien unzureichend wären. Die Kommunikationsabteilung der ASFINAG als zentrale Koordinationsstelle trägt Verantwortung für die Entwicklung einer konsistenten Kommunikations- und Medienstrategie. Sie legt fest, welche Medienakteur:innen in welchem Umfang informiert werden und wie eine transparente, gezielte und dennoch umfassende Informationsweitergabe gestaltet werden kann. Ziel ist eine proaktive und kohärente Kommunikationslinie, die konsistente Deutungsrahmen schafft und Fehlinformationen vorbeugt.

Wolfgang Immerschmitt fasst in seiner fachlichen Abhandlung *Kommunikationsmanagement von Bauprojekten* die Bildung einer geeigneten Kommunikationsstrategie wie folgt zusammen: „Bei der Festlegung der Kommunikationsstrategie geht es um die Formulierung der Ziele, [...], die Bestimmung der Positionierung und Kernbotschaften“.² Erst nach dieser internen Klärung sollte die öffentliche Informationsarbeit beginnen. Ein klassisches Mittel der formalen Öffentlichkeitsarbeit sind Pressemitteilungen. Bei der Erstellung von Pressemitteilungen sollten folgende Inhalte immer mitberücksichtigt werden: die Örtlichkeit der Baumaßnahme, die Länge des Bauabschnitts, die Begründung der Maßnahme und der erwartbare Nutzen, Beginn und Ende der Baustelle mit verkehrlichen Einschränkungen und ggf. Kosten der Baumaßnahmen.³

Eine Studie der Universität Hohenheim aus dem Jahr 2024 untersuchte die Ausgestaltung kommunikativer Prozesse in der Projektkoordination. Dabei wurden 224 Infrastrukturprojekte mit einem Gesamtvolumen von 426 Mrd. Euro analysiert, davon 92 Verkehrsprojekte mit durchschnittlich 2,6 Mrd. Euro Investitionsvolumen. Ziel war es, die Bedeutung von Öffentlichkeitsarbeit für Projekterfolg und Akzeptanz zu bewerten.⁴ 79 % der befragten Projektträger:innen im Verkehrsbereich gaben an, ihre Kommunikationsstrategie mit einer Stakeholder-Analyse zu beginnen; rund zwei Drittel entwickelten darauf aufbauend konkrete Maßnahmenpläne. Neben Verkehrsteilnehmenden und Medien wurden Politik und Verwaltung als wichtigste Zielgruppen benannt. Projekte, die im Nachhinein als wenig erfolgreich eingeschätzt wurden, litten häufig unter verspäteter oder unzureichender Kommunikation.⁵ Dennoch bewerteten 72 % der Befragten ihre Kommunikationsmaßnahmen als messbar positiv für den Projektverlauf.⁶

6.2 Stakeholder-Analyse

Eine fundierte Stakeholder-Analyse bildet die Grundlage erfolgreicher Informationsvermittlung. Verkehrsinfrastrukturelle Projekte bringen eigene, zusätzliche Herausforderungen in der Identifikation von Stakeholder mit sich. Ursache hierfür sind die weitreichenden und dynamischen Wirkungsbereiche solcher Vorhaben.⁷ Da Kärntens Straßennetze eine breite, internationale Nutzer:innenschaft betreffen, erweitert sich der Einflussbereich von Bauarbeiten über die unmittelbare lokale Umgebung hinaus.

² Vgl. Immerschitt, Wolfgang: Kommunikationsmanagement von Bauprojekten. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag 2017, S. 21

³ Vgl. Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg: Leitfaden Baustellen auf öffentlichen Straßen des Landes Brandenburg. Potsdam: Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft mbH 2008, S. 32

⁴ Vgl. Brettschneider, Frank et. Al.: Bau- und Infrastrukturprojekte: Erfolgsfaktor Projektkommunikation. In: Universität Hohenheim. Juni 2024. URL: [2024_Studie_Projekt-Kommunikation.pdf](https://www.hohenheim.de/fileadmin/redaktion/Projekte/Projekt-Kommunikation.pdf) (28.07.2025)

⁵ Vgl. Brettschneider et Al. 2024

⁶ Vgl. ebd.

⁷ Vgl. Wadenpohl, Frank: Stakeholder Management bei großen Verkehrsinfrastrukturprojekten. In: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. 2010. S. 38

Für die Bestimmung relevanter Stakeholder existieren etablierte methodische Ansätze. Frank Wadenpohl betont dabei die Unterscheidung zwischen internen und externen Stakeholder⁸. Grundlage jeder einheitlichen Kommunikationsstrategie ist eine klare interne Abstimmung über Zuständigkeiten und Informationswege. Daraus entsteht ein Leitfaden, der festlegt, wer welche Informationen erhält, aus welchem Grund, über welches Medium, wie häufig und durch welche Stelle.⁹ Die konkrete Zusammensetzung der Stakeholder variiert je nach Projektphase und Organisation. Relevante interne Akteur:innen sind insbesondere jene Abteilungen, die direkt mit der Informationsweitergabe oder der operativen Umsetzung von Baustellen befasst sind – etwa das Baumanagement und die ausführenden Bauunternehmen. Auf externer Ebene sind Verwaltungseinheiten, politische Institutionen, Medien und Verkehrsteilnehmende zu berücksichtigen. Eine frühzeitige und systematische Analyse dieser Gruppen ist entscheidend, um Kommunikationsprozesse zielgerichtet und effizient zu gestalten.

Bei den Sanierungsarbeiten im Kärntner Autobahnnetz sind neben der ASFINAG als zentraler koordinierender und ausführender Stelle das Land Kärnten (Verwaltung und Politik) sowie die betroffenen Gemeinden unmittelbare Stakeholder im Projekt. Im weiteren Stakeholder-Kreis sind u.a. regionale Medien, Interessensvertretungen sowie Automobil-Clubs zu nennen.

6.3 Darstellung und Narrativ

Die Darstellungsweise von Baustellenmaßnahmen bewegt sich in einem Spannungsfeld zwischen Kommunikation und Marketing. Ziel dieser Darstellung ist stets die Verhaltenssteuerung adressierter Zielgruppen und damit die Förderung der Akzeptanz geplanter oder laufender Bauarbeiten. Wird das Verständnis für Bauprozesse gestärkt, erhöht sich auch die Bereitschaft zu kooperativem Verhalten im Straßenverkehr.

In diesem Zusammenhang stellt die bereits bestehende Kampagne „Baustellen vergehen – Fortschritt bleibt“ der ASFINAG, den ÖBB und den Wiener Linien ein positives Beispiel dar. Die Kampagne bezeichnet die „alljährlichen Modernisierungsmaßnahmen der heimischen Verkehrsinfrastrukturen als [...] Basis der verlässlichen Mobilität“.¹⁰ Eine klare Benennung von Zielen und Verbesserungen ist entscheidend, um ein konsistentes Kommunikationsbild zu schaffen.

⁸ Vgl. ebd., S. 8

⁹ Vgl. Immerschitt 2017, S. 51

¹⁰ Vgl. Wiener Linien: Baustellen vergehen, Fortschritt bleibt. In: Wiener Linien. URL: [Baustellen vergehen, Fortschritt bleibt: Kampagne von ASFINAG, ÖBB und Wiener Linien unterstreicht Nutzen von Infrastrukturinvestitionen - Wiener Linien](https://www.wienerlinien.at/verkehrswende/baustellen-vergehen-fortschritt-bleibt-kampagne-von-asfinag-obb-und-wiener-linien-unterstreicht-nutzen-von-infrastrukturinvestitionen-wiener-linien). 24.05.2025. (30.07.2025)



Quelle: ASFINAG

Wie Wolfgang Immerschmitt in *Kommunikationsmanagement von Bauprojekten* ausführt, prägt Positionierung das Bewusstsein der Zielgruppen und beeinflusst deren Emotionen und Einstellungen.¹¹ Für die Förderung kooperativen Verhaltens im Verflechtungsbereich ist daher eine bewusste, strategische Darstellung von Bauprojekten notwendig. Dabei müssen Kommunikationsstrategien so konzipiert werden, dass sie unterschiedliche Zielgruppen ansprechen, ohne an Klarheit zu verlieren. Insbesondere im technisch-infrastrukturellen Bereich gilt es, die Diskrepanz zwischen fachlicher Perspektive und der Aufnahmefähigkeit von Laien zu berücksichtigen.¹² Eine adressatengerechte Sprache ist dabei ebenso wichtig wie das Verständnis der besonderen Kommunikationsbedingungen auf Autobahnen – kurze Wahrnehmungszeiten und hohe Geschwindigkeiten erfordern komprimierte, unmittelbar verständliche Botschaften.

In diesem Zusammenhang empfiehlt Immerschmitt, sich auf wenige Kernbotschaften zu konzentrieren, diese konsequent zu wiederholen und kreative, einprägsame Sujets zu entwickeln.¹³ Und: „Ohne Kreativität ist alles Nichts in der Öffentlichkeitsarbeit“.¹⁴

Ein weiterer Ansatz, der auch für Kärnten beispielgebend sein könnte, findet sich in der Kampagne *#mehrAchtung* des deutschen Bundesministeriums für Digitales und Verkehr und des Deutschen Verkehrssicherheitsrats. Sie kombiniert physische und digitale Kommunikationsformate und platziert Inhalte an stark frequentierten Orten wie Raststätten oder öffentlichen Toiletten. Die Kampagne nutzt wiederkehrende, rücksichtsfördernde Botschaften und unterschiedliche Kanäle – von Beschilderung über Online-Beiträge bis hin zu medienwirksamer Unterstützung durch bekannte Persönlichkeiten. Diese multiperspektivische Verbreitung trägt zur hohen Reichweite und Wiedererkennbarkeit der zentralen Botschaften bei.¹⁵

¹¹ Vgl. Immerschitt 2017, S. 26

¹² Vgl. ebd., S. 27

¹³ Vgl. Immerschitt 2017, S. 28

¹⁴ Vgl. ebd., S.28

¹⁵ Vgl. Pakt für Verkehrssicherheit: *#mehrAchtung*. In: Pakt für Verkehrssicherheit. URL: [#mehrAchtung im Straßenverkehr | Deutscher Verkehrssicherheitsrat](#). O.D. (31.07.2025)



Quelle: <https://www.runtervomgas.de/aktuelles-und-downloads/aktuelles/die-autobahnplakate-2023/>

6.4 Transparente Kommunikation

Transparente Informationsweitergabe ist ein wichtiger Ansatz im Aufbau strategischer Kommunikation. Zur ersten Einordnung der Bedeutung von Transparenz kann folgende Einschätzung von Projektträger:innen angeführt werden: 94 Prozent der Befragten geben in der bereits zitierten Studie zu Projektkommunikation der Universität Hohenheim an, dass sie transparente Kommunikation als sehr wichtigen Erfolgsfaktor ihres Projektes ansehen.¹⁶ Die klare, transparente Kommunikation über die Rahmenbedingungen und angestrebten Sanierungsarbeiten ist essentiell für Akzeptanz seitens der Verkehrsteilnehmenden.¹⁷ Wer sich ehrlich informiert fühlt, ist auch eher bereit, sich an Aufforderungen nach mehr kooperativem Verhalten zu beteiligen.

6.5 Expert:inneninterviews zum Thema Kommunikation

Um ein vertieftes Verständnis für die Problemstellungen, Wahrnehmungen und Kommunikationsansätze im Zusammenhang mit Verflechtungsbereichen bei Autobahnbaustellen zu gewinnen, wurden insgesamt vier leitfadengestützte Expert:inneninterviews mit Vertreter:innen aus Forschung, Verwaltung und Verkehrssicherheitsinstitutionen geführt. Die Interviewpartner:innen, auf deren Aussagen sich die in diesem Kapitel zusammengetragenen Ergebnisse stützen, sind:

- Jerome Jacky (ASTRA) – Leiter Kommunikation beim Bundesamt für Straßen (ASTRA, Schweiz), zuständig für Projekt- und Baustellenkommunikation im nationalen Straßenverkehr.
- Frank Brettschneider (Universität Hohenheim, Deutschland) – Professor für Kommunikationswissenschaft, Schwerpunkt Projekt- und Infrastrukturkommunikation. Expertise in strategischer Stakeholder-Kommunikation, Dialogprozessen und öffentlicher Akzeptanz bei Verkehrsprojekten.

¹⁶ Vgl. Brettschneider et Al. 2024

¹⁷ Vgl. ebd.

- Klaus Robatsch (Kfv – Kuratorium für Verkehrssicherheit, Österreich) – Leiter des Bereichs Verkehrssicherheit. Langjährige Erfahrung mit Evaluierung und Wirksamkeitsanalysen von Verkehrssicherheitskampagnen sowie Entwicklung von Kommunikationsstrategien zur Verhaltensänderung im Straßenverkehr.
- Mitarbeiter:in der AFINAG aus dem Bereich Baustellenmanagement.

Im Folgenden werden die Interviews zusammengefasst. Im anschließenden Kapitel 7 werden die gewonnenen Erkenntnisse zu Handlungsansätzen verdichtet.

Interview Jérôme Jacky (ASTRA, CH)

Das Gespräch mit dem Schweizer Bundesamt für Straßen (ASTRA) ermöglichte einen Einblick in die Kommunikationspraxis und -strategie des Schweizer Nationalstraßenmanagements. Es wurde deutlich, dass Baustellenkommunikation in der Schweiz systematisch in eine übergeordnete Kommunikationsstrategie eingebettet ist. Kommunikation wird dort als integraler Bestandteil der Projektorganisation betrachtet. Ein zentraler Erfolgsfaktor ist nach Einschätzung des Gesprächspartners die frühzeitige und transparente Information der Öffentlichkeit über Zweck, Ablauf und Bedeutung von Bauprojekten. Das ASTRA verfolgt dabei das Ziel, Verständnis für Bauarbeiten zu schaffen und deren Notwendigkeit in einen größeren Kontext – etwa die Erhaltung und Modernisierung der Infrastruktur – einzuordnen.

In der praktischen Umsetzung wird die Kommunikation in mehrere Phasen gegliedert: bereits in der Planungsphase informiert das ASTRA über anstehende Projekte, insbesondere rund um das sogenannte Auflageverfahren, bei dem Bürger:innen zu den Projekten Stellung nehmen können. Sobald die Realisierung beginnt, folgt die operative Kommunikationsphase, in der sowohl betroffene Gemeinden, Anwohnende als auch Verkehrsteilnehmende laufend informiert werden. Hierzu werden Medienveranstaltungen, Baustellenbegehungungen und punktuell auch Dialogforen organisiert - häufig auch in Zusammenarbeit mit Kantonen und Kommunen, um Akzeptanz und Verständnis zu fördern.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Information im Straßenraum selbst. Baustellen werden klar signalisiert, und der Verkehr wird durch Plakate, temporäre Hinweistafeln und punktuell durch digitale Wechseltextanzeichen geleitet. Letztere werden als besonders effektiv eingeschätzt, da sie orts- und zeitabhängig angepasst werden können. Ein weiterer Vorteil ist, dass mit den Informationen auf den Straßen die Verkehrsteilnehmenden mit den notwendigen Informationen bedient werden können. Dabei wird Wert auf Einfachheit gelegt: Wenige Worte, große Schrift, klare und bekannte Pikogramme. Baustellenplakate und Informationen auf Wechseltextanzeichen sollen schnell aufgefasst werden, ohne vom Verkehrsgeschehen abzulenken. Besonders in Baustellenbereichen wird auf grafische Kommunikation statt Textbotschaften gesetzt. Im Hinblick auf die Gestaltung Kommunikationsmaßnahmen betonte der Gesprächspartner die Bedeutung von wiederkehrenden visuellen Mustern. Im Autobahnnetz verfolgt das ASTRA jedoch den Ansatz, bei Baustellen nach Möglichkeit auf Fahrstreifenreduktionen und Reißverschluss zu verzichten und stattdessen mit reduzierter Fahrbahnbreite zu arbeiten.

Ähnlich wie in Österreich macht auch in der Schweiz der Transitverkehr einen erheblichen Anteil am Autobahnverkehr aus. Hierin zeigen sich auch beim ASTRA Grenzen der Kommunikation: Internationale Fahrer:innen lassen sich schwer über nationale Kanäle wie Radio oder Zeitungen erreichen. Entsprechend setzt die Behörde auf großflächige, visuell auffällige Hinweise über Bauprojekte und deren

Dauer direkt auf der Autobahn und in seltenen Fällen auf Rastplätzen. Die technischen Möglichkeiten zur Informationssteuerung, etwa durch Navigationsdienste wie Google Maps, scheinen wenig vielversprechend. Die Betreiber:innen solcher Dienste integrieren Informationen über Sperrungen. Eine Verkehrssteuerung über solche Dienste ist aber nicht möglich. Das Ziel der Betreiber:innen ist es, Personen möglichst schnell von A nach B zu bringen. Dies hat zur Folge, dass teilweise Umfahrungs-routen über das nachgelagerte Verkehrsnetz vorgeschlagen werden, während das ASTRA rät, möglichst auf den Autobahnen zu bleiben.

Abschließend wurde die Bedeutung einer ehrlichen, offenen Kommunikation hervorgehoben. Das ASTRA setzt auf eine offenere Sprache, etwa mit Formulierungen im Sinne von: „Bauarbeiten können Stau auslösen.“ Diese Ehrlichkeit habe sich in der Praxis bewährt, da sie realistische Erwartungen schafft und das Vertrauen der Öffentlichkeit stärkt.

Zusammenfassend zeigt das Interview, dass die Schweizer Baustellenkommunikation stark auf Transparenz, Einfachheit und visuelle Verständlichkeit setzt. Maßnahmen vor Ort – insbesondere dynamische Anzeigen, klare Beschilderung und frühzeitige Information – werden als entscheidend angesehen. Klassische Kampagnen oder großflächige Medienarbeit spielen für die Information der Verkehrsteilnehmenden dagegen eine eher untergeordnete Rolle. Insgesamt steht die klare, wiederholte und ehrliche Kommunikation im unmittelbaren Verkehrskontext im Zentrum der Strategie, um Verständnis und Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmenden zu fördern.

Interview Frank Brettschneider (Universität Hohenheim, D)

Das Gespräch mit Prof. Frank Brettschneider half dabei, wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie öffentliche Kommunikation Akzeptanz, Verständnis und richtiges Verhalten bei Infrastrukturmaßnahmen und insbesondere im Baustellenverkehr fördern kann.

Ein zentraler Punkt war die Beobachtung, dass unzureichende und nicht frühzeitige Kommunikation von Infrastrukturprojekten häufig zu Frustration und negativen Reaktionen führt. Besonders bei Bauarbeiten auf Autobahnen entstehen Ausweichverkehre in umliegenden Gemeinden, die dort zu Konflikten führen. Hier sieht Brettschneider großes Potenzial für Dialogformate mit betroffenen Gemeinden, etwa in Form von kommunalen Dialogforen, bei denen auch Bürgermeister:innen und lokale Behörden eingebunden werden können. Solche Dialoge stärken das Vertrauen, reduzieren Missverständnisse und helfen, lokale Probleme frühzeitig zu identifizieren.

Im Hinblick auf die direkte Kommunikation mit Verkehrsteilnehmenden betont Brettschneider im Einklang mit den anderen interviewten Expert:innen die essenzielle Wichtigkeit einer rechtzeitigen und einfachen Informationsstreuung. Diese sollten über verschiedene Kanäle vermittelt werden – idealerweise auch durch Partner:innen wie Automobilclubs (u.a. ÖAMTC und ADAC), die in direktem Kontakt mit vielen Verkehrsteilnehmenden stehen. So könnten auch ausländische Verkehrsteilnehmende erreicht werden. Auch eine Einbindung von Anbieter:innen von Navigations-Programmen und -Apps wird für sinnvoll erachtet. Ein weiteres Thema in Bezug auf den Transitverkehr war die Bedeutung des Vorbildverhaltens. Wenn sich ein Großteil der Einheimischen an Verkehrsregeln halte, könne dies auch Transitfahrende positiv beeinflussen. Das beobachtbare Verhalten anderer habe oft eine stärkere Lenkungswirkung als jede Kampagne.

Zur Gestaltung der Kommunikation im Baustellenbereich hebt er die Bedeutung von klaren, repetitiven Botschaften hervor. Er betont außerdem, dass visuelle Symbole und bekannte Zeichen (etwa das

Piktogramm für das Reißverschlussverfahren) besser wirken als Text. Eine Wiederholung über mehrere Kilometer hinweg steigert die Wirkung zusätzlich. Visuelles sollte mit einer Botschaft verbunden werden, zum Beispiel, warum langsameres Fahren den Verkehrsfluss verbessert.

Zusammenfassend sieht Brettschneider die größten Chancen in frühzeitiger, ehrlicher und dialogorientierter Kommunikation, in der Kombination aus klaren visuellen Botschaften und lokalem Dialog. Entscheidend ist eine direkte, ortsnahe und wiederholte Ansprache, die auf Verständlichkeit und Vertrauen setzt.

Interview Klaus Robatsch (KFV, Ö)

Das Gespräch mit Klaus Robatsch konzentrierte sich auf die Frage, wie Fehlverhalten im Reißverschlussverfahren entsteht und welche Maßnahmen zur Verbesserung geeignet sind. Als zentrale Ursache sieht Robatsch fehlende Regelkenntnis. Hinzu kommt eine soziale Fehlwahrnehmung: Wer die Spur korrekt bis zum Ende nutzt, wird von anderen häufig als rücksichtslos wahrgenommen, was zu Konflikten führt.

Bei den Maßnahmen vor Ort spricht sich Robatsch daher für klare, einfache und physische Lösungen aus. Dazu zählt vor allem das gezielte Setzen von Sperrlinien, um den Einfädelbereich zu verkürzen und einen zu frühen Spurwechsel zu verhindern. Auch eine stufenweise Geschwindigkeitsreduktion vor der Baustelle – etwa von 130 über 100 und 80 bis zu 60 km/h – hält er für wichtig, um abrupte Bremsvorgänge zu vermeiden. Wo möglich, sollten Verkehrsbeeinflussungsanlagen eingesetzt werden, die über LED-Anzeigen situativ Hinweise geben, wie etwa „Vorfahren – jetzt einfädeln“. Ergänzend empfiehlt er grafische Tafeln oder Piktogramme, die schnell verständlich sind und unabhängig von Sprache funktionieren.

Zur Sicherheitslage in Baustellenbereichen stellt Robatsch fest, dass durch verstärkte Radarkontrollen und Überwachung die Unfallzahlen in den letzten Jahren zurückgegangen sind. Baustellenbereiche gelten inzwischen als sicherer als freie Strecken, weil Verkehrsteilnehmende dort aufmerksamer fahren. Problematisch bleibt hingegen das Vorfeld der Baustellen, wo Geschwindigkeitsreduktionen häufig zu spät beachtet werden.

Kampagnen bewertet Robatsch vor dem Hintergrund von Forschungsergebnissen eher kritisch, da deren Wirkung meist wenig nachhaltig ist. Wirklich messbare Effekte seien nur bei klar abgegrenzten Zielgruppen zu erzielen, etwa bei Jugendlichen im Zusammenhang mit Alkohol- oder Drogenkonsum. Breite Verkehrskampagnen erforderten hohe Budgets, erreichten aber nur begrenzte Teile der Bevölkerung. Kosteneffiziente, punktuelle Kommunikationsmaßnahmen, etwa an Raststätten oder Vigettenverkaufsstellen, wo Verkehrsteilnehmende Zeit haben, kurze Botschaften wahrzunehmen, könnten eine bessere Wirkung erzielen. Insgesamt müssen solche Maßnahmen bundesweit koordiniert werden sollten, da Landesinitiativen wie in Kärnten aufgrund des starken Transitverkehrs kaum Wirkung entfalten.

Insgesamt sieht Robatsch die größten Potenziale in klarer Markierung, stufenweiser Temporeduktion, visueller Unterstützung und gezielter Information an Verkehrsknotenpunkten. Klassische Kampagnen sind hingegen wenig effizient und nur ergänzend sinnvoll. Langfristige Verbesserungen hängen vor allem von Ausbildung, Bewusstseinsbildung und einfach verständlicher und direkter Kommunikation ab.

Interview Expert:in Baustellenmanagement (ASFINAG, Ö)

Baustellen mit Spurreduktionen werden laut Expert:in nach Möglichkeit in der Hauptreisezeit vermieden, um Stoßzeiten zu entlasten. Zusätzliche Maßnahmen wie Rumpelstreifen setzt die ASFINAG nicht ein, da sie negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit haben können. Die ASFINAG fungiert als Content Provider, d.h. die Baustellen werden in das Baustellenmanagementsystem der ASFINAG eingetragen und diese Informationen gehen über Schnittstellen zur VAO und zu anderen Verkehrsdiensten. So können viele Verkehrsteilnehmende nicht nur von der ASFINAG direkt, sondern auch über andere Dienste über die Baustellen informiert werden.

Ein wesentlicher Schwerpunkt des Gesprächs lag auf der Gestaltung und Positionierung von Baustellenbeschilderungen. Aufgrund der hohen Geschwindigkeiten im Straßenverkehr im weiteren Zulauf von Baustellen ist die Lesbar- und Wahrnehmbarkeit der Verkehrsteilnehmenden begrenzt. Nach dem Prinzip des „weniger ist mehr“ können wenige, klar lesbare, einfach verständliche und sich fortlaufend wiederholende Botschaften den besten Effekt erzielen. Nur jene Informationen werden vor Ort kommuniziert, die für das richtige Verhalten erforderlich sind. Zum Einsatz kommen bei komplexen Baustellenverkehrsführungen vorzugsweise Überkopfschilder (wenn bestehend und durch Rahmenbedingungen möglich) oder Seitensteher. In Bezug auf das Reißverschlussystem sind Kampagnen mit allgemeinerem Bezug (generelle Beschreibung / Erklärung mit Wirkung) positiv. Eine besondere Herausforderung bleibt die internationale Zusammensetzung der Verkehrsteilnehmenden. Mit deutscher Sprache allein können nicht alle erreicht werden, und selbst Piktogramme werden lt. Expert:in nicht immer einheitlich verstanden. Hier wird weiter an Möglichkeiten gearbeitet und getestet.

Zusammenfassung der Expert:innenaussagen

Die Auswertung der Interviews zeigt deutlich, dass die Herausforderungen im Baustellenbereich insbesondere im Verhalten und der Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmenden liegen. Fehlendes Wissen und fehlerhafte Routinen führen zu ineffizientem und teils gefährlichem Fahrverhalten. Die Expert:innen sehen den größten Hebel in klarer, grafisch gestützter und ortsnaher Kommunikation. Dynamische Anzeigen, eindeutige Leitlinien und einfache Symbole wirken unmittelbar und situationsbezogen. Ergänzende Kampagnen oder Informationsmaßnahmen können unterstützend sein, entfalten ihre Wirkung jedoch nur begrenzt und meist kurzfristig. Eine nachhaltige Verbesserung erfordert langfristig eine Kombination aus besserer Sensibilisierung im Zuge der Fahrprüfung, vereinheitlichter Beschilderung, verständlichen Symbolen und institutioneller Abstimmung.

6.6 Zusammenfassung

Die vier geführten Expert:inneninterviews dienten dazu, einen möglichst breiten fachlichen Wissensstand über eine effektive Kommunikation von korrektem Verhalten im Verflechtungsbereich vor Baustellen zu erhalten. Insgesamt zeigt sich, dass Kommunikation klar, sichtbar, ortsnah und repetitiv sein muss. Dies gilt sowohl für die konkreten Baustellenabschnitte als auch für Kampagnen zur Bewusstseinsbildung.

Allgemeine Empfehlungen

- Durch gelungene Kommunikationsstrategie eine positive Grundhaltung der Verkehrsteilnehmer:innen und Stakeholder zum Bauvorhaben schaffen, als Basis für erwünschtes Verhalten im Baustellenbereich
 - Entwicklungen eines positiven Kommunikationsnarrativs, das den langfristigen und bleibenden Nutzen des Bauvorhabens unterstreicht.
 - Offene Kommunikation und Transparenz auch zu möglichen, negativen Auswirkungen von Baumaßnahmen. Kein Beschönigen, sondern realistische Information über Zweck, Dauer und Nutzen.
 - Frühzeitiges Identifizieren und Einbindung von zentralen Stakeholdern vor Ort: Gemeinden, Behörden und Medien rechtzeitig informieren, z.B. in Form eines regionalen Dialogforums. Dies fördert Verständnis und Mitwirkung und vermeidet Frustration.
- Bewusstseinsbildung
 - Klarstellen, warum das Reißverschlussverfahren notwendig ist und wie es funktioniert.
 - Sichtbarmachen, welchen Nutzen korrektes Verhalten im Verflechtungsbereich bewirkt (besserer Verkehrsfluss, weniger Stau, höhere Sicherheit, letztlich rascheres Vorankommen für alle etc.).
- Einfache und verständliche Kommunikation
 - Internationalen Transitverkehr berücksichtigen: Mehrsprachige Texte oder sprachunabhängige Symbole (Piktogramme) einsetzen.
 - Einheitliche Symbolik: Piktogramme nach Möglichkeit standardisieren.

Maßnahmen im Baustellenbereich

- Beschichterung im Baustellenbereich
 - Weniger ist mehr: Eine klare Botschaft pro Schild mit wenigen Worten oder Symbolen verbinden. Bei komplexeren Inhalten besteht die Gefahr, dass diese von den meisten Verkehrsteilnehmer:innen nicht mehr sinnhaft erfasst werden können.
 - Kurze, eindeutige Formulierungen: Nur wenige Worte, große Schrift, einfache und klare Aufforderung.
 - Wenn möglich grafische Darstellung statt Text, da mit Piktogrammen Sprachbarrieren vermieden werden können.

- Wiederholung: Dieselben Botschaften mehrmals und in gleichbleibender Form entlang der Strecke platzieren.
- Echtzeit- und LED-Anzeigen: Wechseltextanzeigen oder Verkehrsbeeinflussungsanlagen nutzen, um aktuelle Hinweise („Jetzt einfädeln“, „Baustelle in 2 km“) zu geben.
- Weitere Maßnahmen vor Ort
 - Einfädelzonen: Sperr- oder Leitlinien so setzen, dass Einordnen nur im vorgesehenen Abschnitt möglich ist.
 - Stufenweise Geschwindigkeitsreduktion: Geschwindigkeit schrittweise verringern, um sanftes Einfädeln zu ermöglichen.
 - Kontrolle, um Geschwindigkeitsreduktion durchzusetzen.

Maßnahmen außerhalb des Baustellenbereichs

- Kanäle und Orte zur Verbreitung von Informationen
 - Physische Hinweise: Informationsplakate, Displays, Transparente oder Stelen mit gezielten Hinweisen oder grafischen Darstellungen dort platzieren, wo Verkehrsteilnehmende Zeit haben, kurze Botschaften aufzunehmen – z.B. an Raststätten, Tankstellen oder Vignettenverkaufsstellen. An diesen Orten kann auch mit dem gezielten Verteilen von Flyern gearbeitet werden.
 - Medien: Einbindung bestehender Kanäle, z.B. Kooperation mit Automobilclubs (z.B. ÖAMTC, ADAC) oder Radio, um Baustelleninfos über ihre Kommunikationskanäle zu streuen. Die Einbindung von Navigationsdiensten (wie Google Maps) ist anzustreben, aber nicht immer erfolgversprechend.
 - Bestehende Infrastrukturen nutzen: Es bestehen bereits Datenschnittstellen, etwa bei der ASFINAG als Grundlage für eine verbesserte Informationsweitergabe an externe Partner.
- Informationskampagnen
 - Begrenzte Wirksamkeit beachten: Kampagnen wirken laut Expert:inneneinschätzung insbesondere bei klar abgegrenzten Zielgruppen, führen jedoch nicht immer zu langfristiger Verhaltensänderung.
 - Neue Medien nutzen: Kampagnen sollten Social Media mit einbeziehen – sich nicht ausschließlich auf Radio oder Printmedien stützen.
 - Wirkungsvoll handeln: Situationsnahe Kommunikation sollte bevorzugt werden – direkte Hinweise vor Ort sind wirksamer als großflächige Aktionen. Sollte eine Kampagne avanciert werden, so sollte eine überregionale, möglichst bundesweite Abstimmung angestrebt werden.

7 Empfehlungen für eine Anwendung in Kärnten

Sämtliche Maßnahmen, die folgend vorgeschlagen werden, werden in den absoluten Spitzen der Verkehrsmengen (Pfingsten, Samstage im Sommer etc.) vermutlich nur eingeschränkt Wirkung zeigen – hier sind die Verkehrsmengen in Summe zu hoch, um z.B. eine Stausituation komplett zu vermeiden. Die angeführten Maßnahmen sind jedoch auch darüber hinaus anzudenken, da diese vor allem in den restlichen Zeiten höherer Verkehrsbelastung ein großes Potential haben.

Die Empfehlungen sind in die folgenden fünf Teile gegliedert, ergänzt um einen thematischen Exkurs zu möglichen Abfahrtssperren:

- Geschwindigkeit im Vorfeld der Baustelle optimieren
- Verkehrsleitung klar und fehlerfrei gestalten
- Strategische Kommunikationselemente und Kampagnen
- Weitere begleitende Maßnahmen
- Administrativer Ablauf

Sämtliche Maßnahmen sind als Baukasten zu verstehen, aus dem je Anwendungsfall ein Bündel an Maßnahmen zur Anwendung kommen kann. In Kapitel 7.6 ist hierzu ein Beispiel erarbeitet – Tunnelbaustellen auf der A10, Katschberg und Tauerntunnel, im Jahr 2026

(Anmerkung: 2026 gibt es vorgelagerte Maßnahmen, ab 09/2027 erfolgt Hauptbaumaßnahme).

7.1 Geschwindigkeit im Vorfeld der Baustelle optimieren

Ziel:

- Homogener Verkehrsfluss
- Vermeidung abrupter Bremsungen
- Reduktion von Kapazitätsverlusten durch Geschwindigkeitsdifferenzen
- Erhöhung der Verkehrssicherheit

Maßnahmen:

- **Stufenweise Reduktion der Geschwindigkeit** ab > 1.000 m vor der Engstelle / Baustelle (z.B. 120 → 100 → 80 → 60 km/h). 120 km/h in Österreich nicht üblich, ggf. aber sinnvoll, um eine weniger abrupte Reduktion der Geschwindigkeit zu gewährleisten. 60km/h ggf. aus Sicherheitsgründen im Rahmen einer Baustelle sinnvoll bzw. vorgeschrieben. Aus Sicht des Verkehrsflusses nicht sinnvoll, da das reale Geschwindigkeitsniveau aufgrund weniger "vorsichtiger Lenker:innen" in der Praxis auf < 50 km/h fällt und damit auch die Leistungsfähigkeit reduziert.
- Bei zeitlich längeren Baustellen ggf. eine **Section Control** andenken, im Baustellenbereich bzw. ggf. auch schon davor zur Geschwindigkeitsharmonisierung / hier ist die jeweilige Rechtslage (Bescheide, RVS etc.) zu berücksichtigen. Section Control (aus Erfahrungen aus der Praxis) bis 80 km/h sinnvoll – 60 km/h nur aus Verkehrssicherheitsüberlegungen sinnvoll, nicht hinsichtlich der Leistungsfähigkeit – siehe Argumentation im Punkt davor.
- **Verwendung dynamischer Geschwindigkeitsanzeigen** (Verkehrsbeeinflussungsanlagen – VBA) zur Anpassung an Verkehrsbelastung in Echtzeit. Diese bedarf derzeit jedoch eines hohen administrativen Aufwands bis zur Verordnung (seitens des BMIMI), da kein Regelprozess/Regelfall bzw. sind diese ein hoher technischer Aufwand und nicht überall umsetzbar.

Alternativ kann die höchst zulässige Geschwindigkeit auch für fix vorgegebene Zeiträume, mit einer Verordnung gemäß § 43 StVO, eingeschränkt werden. Die Erforderlichkeit dieser vorbereitenden Verkehrsmaßnahme muss aber im Vorhinein gutachterlich nachgewiesen werden. Hierfür braucht es valide Verkehrsprognosen und Nachweise zur Wirksamkeit der Maßnahme. Die Kundmachung ist hier vergleichsweise einfacher, da diese zeitgesteuert erfolgt und keine Verkehrssensorik gebraucht wird. Die Umsetzung mit Blech-Verkehrszeichen könnte auch Wirkung zeigen und ist schneller umsetzbar. Diese könnten auch mit Zusatztafeln ausgestattet werden oder nur zu bestimmten Zeiten sichtbar gemacht werden (in Sichtbereich drehen). So ist eine dynamische Steuerung mit geringerem Aufwand möglich.

- Bei hohem Verkehrsaufkommen: **Radarfeedback-Anzeigen** („Sie fahren XX km/h“) zur Einhaltung des Tempolimits, gut zu kombinieren mit Smileys.
- **Generelle Geschwindigkeitsharmonisierung zu prognostizierten Urlaubsspitzen** mittels z.B. 100 km/h Höchstgeschwindigkeit über längere Strecken bzw. ganze Autobahnabschnitte (Brennerautobahn, Inntalautobahn, Rheintalautobahn, Tauernautobahn) i.S. der bereits umgesetzten Nachtregelung über ein Bundesgesetzblatt. Hierzu bedarf es ebenfalls eines Gutschreibens bzw. einer Verordnung seitens des BMIMI.

7.2 Verkehrsleitung klar und fehlerfrei gestalten

Ziel:

- Sichere Fahrstreifenwahl und stabile Fahrstreifentreue
- Vermeidung unnötiger Fahrstreifenwechsel
- Erhöhte Regelakzeptanz
- Reduktion von Unsicherheiten, stressfreies Verhalten am Engpass

Maßnahmen:

- **Frühzeitige und klare Fahrstreifenzuweisung** – klare Botschaften mit verständlicher Zeit- oder Distanzangabe („Noch nicht wechseln“, „Erst in 500 m wechseln“, „Erst in 300 m wechseln“, „Ab hier wechseln“) – ggf. schon deutlich vor 1.000 m damit beginnen.



- Im Zulauf zur Fahrstreifenreduktion z.B. ab 300 m bis 500 m eine Sperrlinie bis 100 m vor dem Verflechtungsbereich, erst danach ist ein Einordnen möglich. Diese Lösung ist derzeit in der RVS nicht vorgesehen - ggf. in der RVS diskutieren und nachziehen.
- **Verwendung von eindeutigem, durchgängigem Markierungsbild:**
 - **Keine widersprüchlichen Markierungen**, passend zur Beschilderung
 - **Pfeile auf der Fahrbahn** zur Fahrstreifenführung
- **Temporäre Rumpelstreifen oder visuelle Elemente** (z.B. Farbwechsel im Asphalt) derzeit in der Praxis nicht angewandt - bezogen auf die Aufmerksamkeit der Lenker:innen jedoch sinnvoll und zu prüfen, ob und in welcher Form umsetzbar.

Anmerkung: Aus Sicht der ASFINAG ggf. nicht anwendbar, da hohes Risiko insbesondere für einspurige Fahrzeuge.

- **Optimierte Kommunikation mit Verkehrsteilnehmer:innen:** Klare, verständliche und grafisch unterstützte Hinweise erhöhen die Akzeptanz.
- **Unbekannte bzw. neue Anweisungen (z.B. „Fahrstreifen beibehalten“)** benötigen **klare Textbotschaften** mit verständlicher Zeit- oder Distanzangabe („Noch nicht wechseln“, „Erst in 300 m wechseln“ etc.).
- **Vermeidung von unbekannten / unklaren Piktogrammen,** werden oft missverstanden. **Vermeidung überkomplexer Informationen** – maximal zwei Botschaften pro Schild.
- **Klar verständliche Texte auf Tafeln,** z.B.
 - „Beide Fahrstreifen nutzen – hier einfädeln“ statt nur „Reißverschluss“ (wenn dynamisch möglich)
 - Piktogramme müssen sehr klar sein – sind umfassend im Vorfeld zu testen
- **Kombination statischer und dynamischer Schilder:**
 - Statisch: Vorankündigung Fahrstreifenreduktion, einordnen lassen etc.
 - Dynamisch: Geschwindigkeitsanzeige, Rückstauwarnung, Einfädelhinweise
- **Wiederholung** verbessert das Verständnis – entsprechende Maßnahmen zur Wiederholung oder Schulung (z.B. durch Kampagnen) können helfen. Ein „Schilderwald“ ist jedoch zu vermeiden – damit ist ein Optimum hinsichtlich der Menge an Wiederholungen anzustreben.
- Eine **Kombination von verordnungspflichtigen Verkehrszeichen mit Zusatztafeln**, welche nicht verordnete Zusätze wiedergeben, ist **nicht erlaubt**, z.B. Reißverschluss ab hier. Zusatztafeln sind somit immer gesondert i.S. einer Kampagne zu erstellen und anbringen.
- Aus der Praxis gute Erfahrung mit **enger werdender Blockmarkierung**, quer zur Fahrtrichtung, um eine **Trichtersituation** zu verdeutlichen.
Anmerkung: Lt. ASFINAG ist diese Art der Markierung als "Psychobremse" nicht für die Hauptfahrbahn geeignet, sondern nur für Rampen.
- **Reißverschlussystem aktiv fördern:** Besonders bei Stau oder zähfließendem Verkehr soll das **späte Einordnen** (Reißverschlussprinzip) aktiv angezeigt und gefördert werden – dies verbessert Kapazität und Sicherheit erheblich.
 - **Beschilderung:** „Bitte bis zum Ende vorfahren – dann einfädeln!“
 - **Ggf. Ankündigung via Radio / App / VMS**

7.3 Strategische Kommunikationselemente und Kampagnen

Ziel:

- Durch strategische Kommunikation und Kampagnenarbeit Bewusstsein für richtiges Verhalten im Verflechtungsbereich unterstützen.
- Multiplikatoren identifizieren und nutzen

Maßnahmen:

- Berücksichtigung des Themas Verflechtungsbereiche in den Zielen der **übergeordneten Kommunikations- und Medienstrategie**: Verhaltens- und Akzeptanzziele der Strategie sollten auch das richtige Verhalten im Verflechtungsbereich in den Fokus nehmen. Im Zuge der Strategieentwicklung können Elemente aus dem vorliegenden Konzept für eine Kampagne aufgegriffen und weiter vertieft werden.

- **Konkretisierung des Narrativs:** In der Kampagne soll der Nutzen unterstrichen werden, der durch korrektes, rücksichtsvolles und regelkonformes Verhalten im Verflechtungsbereich erzielt werden kann: besserer Verkehrsfluss, weniger Stauereignisse, höhere Sicherheit, weniger Stress, weniger Frustration. Letztlich kann durch Zusammenarbeit und Rücksichtnahme ein rascheres Vorankommen für alle ermöglicht werden.
- **Slogan und Key Message der Kampagne:** In der Kampagne soll mit einer leicht verständlichen, eingängigen Botschaft gearbeitet werden, die eine möglichst breite Resonanz erzeugen kann. Ansätze im Sinne von „Gemeinsam schneller und sicherer ans Ziel“, „Kooperation bringt uns allen was“ oder „Besser durch die Baustelle“ erscheinen vielversprechend und sollen in der weiteren Kampagnenkonzeption weiterverfolgt werden.
- **Originelles Sujet:** Beim Reißverschlussverfahren bietet sich an, auch den buchstäblichen Reißverschluss als visuelles Motiv einzubauen, um ein originelles, einprägsames und ansprechendes Element mit hohem Wiedererkennungswert einzusetzen.
- **Physische Hinweise** wie Informationsplakate, Displays, Transparente oder Stelen empfiehlt es sich dort zu platzieren, wo Verkehrsteilnehmende Zeit haben, kurze Botschaften aufzunehmen. Hier kommen v.a. Raststätten und Rastplätze (u.a. Toilettenanlagen oder Wartebereiche), aber auch Vignettenverkaufsstellen ins Spiel. An diesen Orten kann auch mit dem gezielten Verteilen von Flyern gearbeitet werden, was eine vergleichsweise kostengünstige Verbreitung ermöglicht.
- **Neue und traditionelle Medien nutzen:** Kampagnen sollten Social Media (Facebook, X, Instagram, TikTok) und Lokalmedien, wie den ORF Kärnten (Radio, Fernsehen) und Printmedien (z.B. Kleine Zeitung) gleichermaßen miteinbeziehen, da unterschiedliche Zielgruppen erreicht werden können. Überregional kann zudem über reichweitenstarke Mobilitätsmagazine wie etwa „auto touring“ die passende Zielgruppe effektiv erreicht werden.
- Einsatz von **animierten Visualisierungen**, in denen korrektes Verhalten im Verflechtungsbereich grafisch einfach dargestellt wird. Beispiele hierzu bestehen bereits und können leicht repliziert bzw. angepasst werden.
- **Zusammenarbeit auf allen Ebenen:** Eine Kampagne sollte mit umfassender Beteiligung von ASFINAG, Kuratorium für Verkehrssicherheit und Mobilitätsclubs (ÖAMTC, ARBÖ, VCÖ) angestrebt werden, um starke Multiplikatoren einzubinden. Nutzung von mobilitätsbezogenen Veranstaltungen („Mobilitätstage“), um Kampagne zu kommunizieren.
- Unabhängig von der Kampagnenarbeit könnten folgende Maßnahmen verfolgt werden:
 - Bei wiederholt auftretender Stausituation im Verflechtungsbereich: Bemühungen, einen Lokalaugenschein mit dem Lokalfernsehen inkl. Erklärung der richtigen Verhaltensweisen durchzuführen.
 - Kooperation mit Navigationsdiensten, um über die geplanten Baustellen zu informieren.
 - Frühzeitige Kontaktaufnahmen mit nationalen und internationalen Automobilclubs (ÖAMTC, ADAC etc.).

7.4 Weitere begleitende Maßnahmen

Ziel:

- Zusatzkapazität nutzen
- Fahrverhalten stabilisieren
- Stauanfälligkeit minimieren

Maßnahmen:

- **Temporäre Pannenstreifenfreigabe** in kritischen Abschnitten prüfen und aktivieren bzw. auf die räumliche Situation Rücksicht nehmen: Im Netz der ASFINAG gibt es so gut wie keine Pannenstreifen, die eine ausreichende Breite haben. Wenn die Baustelle eine Breitenzugabe aus den restlichen Fahrstreifen ermöglicht, ist diese Maßnahme zu prüfen. Der Pannenstreifen wird in der Regel bei Baustellen ohnehin als Fahrfläche genutzt – bei Arbeitsstellen kurzer Dauer gäbe es einen RVS-Regelplan für eine temporären Verschwenk auf den Pannenstreifen – hierbei würden man aber nicht mehr von einer Pannenstreifenfreigabe sprechen.
- **Pilotprojekte mit dynamischen Merge-Systemen** (im Kontext einer TSF) starten – z.B. digital anzeigbare Fahrstreifenfreigabe je nach Verkehrsdichte.
- **Vermeidung kurzer Ein-/Ausfahrten** (< 250 m) im Bereich der Engstelle → ggf. temporär schließen oder verlängern.
- **Drohnen oder Kameras** zur Erkennung kritischer Situationen → Auslösung dynamischer Hinweise.
Anmerkung: Der Einsatz von Drohnen ist rechtlich/administrativ/wirtschaftlich/technisch zu prüfen und stößt derzeit auf Barrieren.
- **LKW-Fahrverbot zu den prognostizierten Urlaubsspitzen:** Diese Maßnahme reduziert den LKW-Anteil und erhöht die Leistungsfähigkeit – über Bundesgesetzblatt, Kommunikation über diverse (internationale) Kanäle, nicht im Straßenraum, keine Beschilderung.
- Im Vorfeld einer Verflechtung ein **Überholverbot für LKW, Wohnmobile und Wohnwagen**, wenn der linke Fahrstreifen im Baustellenbereich z.B. auf 2,1 m reduziert wird.
- Auswirkung von **zeitlich festgelegten Abfahrts- und Auffahrtssperren zu Urlaubsspitzen** – politisches Thema – siehe Kapitel 6.5.
- **Kommunikationsoffensive:** ASFINAG-App, Social Media, Verkehrsmeldungen mit Hinweis auf:
 - Reißverschlussverhalten
 - Bedeutung der Fahrstreifenwahl
 - Verhalten in dynamischen Situationen
 - Vorteile von Kooperation im Verkehrsverhalten

7.5 Administrativer Ablauf

Ziel:

- Rechtsichere Situation herstellen
- Kosten für administrative Prozesse minimieren

Grundsätzlicher Prozess:

- **Vor-Abstimmung über alle Zulässigkeitsgrenzen hinweg**, um sämtliche Erfahrungen, Bedürfnisse und Möglichkeiten festzuhalten und ein Projektteam zu bilden. Ein begleitender Schritt ist die laufende Abstimmung im Projektteam (Stellungnahmen, Prüfung der Möglichkeit der Verordnung, Prüfung der Möglichkeit der Kundmachung etc.).
- **Externes verkehrstechnisches Gutachten** beschreibt Situation + empfohlene Maßnahmen.
- ASFINAG leitet diese Gutachten an die **Behörde** weiter (Bezirkshauptmannschaft, Land, BMIMI).
- **Flankierende, ergänzende Maßnahmen** im Landes-/Gemeindestraßennetz können ebenfalls Teil des Maßnahmenbündels sein. Für die rechtliche Verankerung dieser müssen die zuständigen Einheiten beim Land oder Gemeinde bei der Behörde um Verordnung ansuchen.
- **Bescheid / Verordnung** wird seitens der Behörde geprüft und ggf. erlassen. Maßnahmen im Landes- bzw. Gemeindestraßennetz werden von den anderen Kundmachungsverantwortlichen umgesetzt.
- **ASFINAG setzt** diese Maßnahmen im Straßenraum **um**.

Beschränkungen im Vorfeld einer Baustelle:

- Beschränkungen betreffen im Regelfall das **Baufeld = Zuordnung zur Baustelle** (räumlich & inhaltlich).
- **Beschränkungen im Vorfeld einer Baustelle** (über Argumentation der Flüssigkeit des Verkehrs, Leistungsfähigkeit) **bedürfen** ebenfalls eines **Gutachtens**.
- Maßnahmen hierzu sind immer **zeitlich beschränkt**, Basis für solche Maßnahmen sind Verkehrsprognosen.
- Dieses Gutachten geht in das **BMIMI** - dort wird **Bescheid / Verordnung** erstellt.
- ASFINAG setzt diese Maßnahmen im Straßenraum um.

7.6 Konkrete Empfehlung für Tunnelbaustellen A10

Im nächsten Jahr (2026 gibt es vorgelagerte Maßnahmen, ab 09/2027 erfolgt Hauptbaumaßnahme) stehen die beiden großen Tunnelbaustellen auf der A10 an – Katschberg und Tauerntunnel. Im Folgenden sind hierzu konkrete Empfehlungen für den jeweiligen Tunnelzulauf ausgearbeitet – Details zu den jeweiligen Maßnahmen sind auch Kapitel 6.1 bis 6.3 zu entnehmen.

- **Stufenweise Reduktion der Geschwindigkeit** ab 2.000 m vor der Engstelle / Baustelle (z.B. 120 → 100 → 80 km/h) | *Im Detail in Abhängigkeit der Infrastruktur für das Blocken vor dem Tunnel.*
- Einsatz von **Radarfeedback-Anzeigen** („Sie fahren XX km/h“) zur Einhaltung des Tempolimits, zu kombinieren mit Smileys
- Im Vorfeld der Baustelle (ab 2.000 m) ein **Überholverbot für LKW und Wohnmobile und Wohnwagen** | *Im Detail in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten bzw. Notwendigkeit (Auf- und Abfahrten bzw. Verkehrszusammensetzung).*
- **Frühzeitige und klare Fahrstreifenzuweisung** – klare Botschaften mit verständlicher Zeit- oder Distanzangabe („Erst in 1.000 m wechseln“, „Erst in 500 m wechseln“, „Erst in 300 m wechseln“, „Ab hier wechseln“) | *Genaues Wording in Abstimmung mit der ASFINAG festzulegen, ggf. Formulierungen wie „Reißverschluss erst in 400 m“ oder „Bitte bis zum Ende vorfahren – erst dann einfädeln!“.*
- Im **Zulauf zur Verflechtung ab 500 m eine Sperrlinie bis 100 m vor dem Verflechtungsreich**, erst danach ist ein Einordnen möglich. **Pfeile auf der Fahrbahn zur Fahrstreifenführung** – im Zulauf der Verflechtung (500 m bis 100 m) gerade aus, im Verflechtungsbereich in Verflechtungsrichtung (100 m). | *In Summe ein gezielter und aufeinander abgestimmter Einsatz von Bodenmarkierungen (passend zu Beschilderung) – Warnlinie, Sperrlinie und Richtungspfeile – zur Optimierung der Verflechtungsvorgänge. Es muss für alle Fahrstreifenwechselrelationen geprüft werden, welchen Einfluss diese Maßnahme auf den Verkehrsfluss hat und ob diese damit verbundenen Verbote den Verkehrsfluss verbessern könnten.*
- **Verkehrszeichen im Verflechtungsbereich „Einordnen lassen“**

Begleitende Maßnahmen:

- **Kommunikationsoffensive:** ASFINAG-App, Social Media, Verkehrsmeldungen mit Hinweis auf:
 - Reißverschlussverhalten
 - Bedeutung der Fahrstreifenwahl
 - Verhalten in dynamischen Situationen
 - Vorteile von Kooperation im Verkehrsverhalten
- **Beobachtung der Verkehrssituation** bzw. für eine Optimierung der Maßnahmen. | *Die Beobachtung der Verkehrssituation erfolgt, wie derzeit rechtlich möglich, ausschließlich mit straßenseitig verbauten Kameras. Eine standardisierte Ausweitung auf Drohnen ist derzeit nicht geplant, da die Verkehrsbeobachtung mit den bestehenden Kameras nach Erfahrung der ASFINAG ausreichend ist.*

7.7 Thematischer Exkurs: Abfahrtssperren

Die folgenden Inhalte sind die Ergebnisse aus dem Bericht „Möglichkeiten der Verkehrslenkung mittels digitaler Tools in Österreich u.A. bezogen auf Abfahrtssperren von Autobahnen ins untergeordnete Netz“ vom April 2024 – ebenfalls erstellt im Rahmen des Mobility Policy Lab, ebenfalls von den gleichen Autor:innen wie der gegenständliche Bericht:

Mit der **GIP** (GraphenIntegrations-Plattform) als ein multimodaler digitaler Verkehrsgraph der öffentlichen Hand für ganz Österreich, der **VAO (Verkehrsauskunft Österreich)** als eine einzigartige, österreichweite, verkehrsmittelübergreifende Mobilitätsplattform und den darauf aufbauenden Diensten für Endnutzer:innen und der Echtzeit Verkehrsinformation Straße (**EVIS**), als eine Plattform für Echtzeit-Verkehrsdaten, existiert eine breite Basis zur Verkehrslenkung mittels digitaler Tools, auch im Kontext von Abfahrtssperren vom Autobahnen ins untergeordnete Netz. Österreich hat auch eine Vorreiterrolle im Bereich **C-ITS** (kooperative intelligente Verkehrssysteme) übernommen. Diese vernetzte Datenkommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur (V2I) und der zwischen den einzelnen Fahrzeugen (V2V) wird in Zukunft ebenfalls eine wichtige Basis für Verkehrslenkung und Verkehrssicherheit darstellen. Rechtliche und organisatorische Aspekte werden vor allem von der **ITS Austria** und der **AutriaTech** verfolgt – dies umfasst auch die operative Umsetzung diverser, relevanter Verordnungen auf EU-Ebene, der EU-IVS-Richtlinie, des IVS-Gesetzes etc. In Summe ist Österreich somit hoch professionell aufgestellt, den Herausforderungen zur Verkehrslenkung mittels digitaler Tools zu begegnen.

Digitale Tools können Verkehrsteilnehmer:innen in Echtzeit alternative Routen vorschlagen, z.B. wenn bestimmte Autobahnausfahrten gesperrt sind. In diesem Kontext existiert eine Vielzahl von Verkehrsinformationsdiensten. Hierbei ist **TMC** (Traffic Message Channel) ein älterer, vergleichsweise unpräziser Verkehrsnachrichtenkanal über das Radio. Am Markt existieren einige große, internationale Player wie **Here we Go**, **Google Maps**, **Tomtom Traffic** oder **Inrix XD Traffic**. Diese Anbieter haben meist die großen Automobilhersteller wie Audi, BMW, Daimler etc. im Hintergrund und beziehen Verkehrsdaten z.B. von Autobahnbrücken, Fahrbahnsensoren und aus Fahrzeugen mit eingebauten GPS-Geräten. Google arbeitet in erster Linie mit den Standortdaten von Android-Geräten, TomTom u.A. mit jenen der eigenen Navigationsgeräte.

Diese **internationalen Navigations-Dienste** sind vor allem an Informationen bzw. Daten zu **Sperren** interessiert. Wenn sie ihre Kund:innen in eine Sperre leiten, fällt das auf sie und damit auf die Qualität des eigenen Dienstes zurück, Stichwort „Routing in die Illegalität“. Basis solcher Sperren ist immer ein **gesetzlicher Hintergrund** (z.B. ein Bescheid). Wenn man somit derzeit international in Navigationsgeräte kommen möchte, dann derzeit nur über den Weg mittels gesetzlichem Hintergrund. Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass Navigationsgerätehersteller auf internationaler Ebene wenig Rücksicht auf „Empfehlungen“ nehmen. Bei den Abfahrtssperren ist eine gesetzliche Verordnung der Hintergrund – daher ist es möglich, in das Routing internationaler Navigationsanbieter zu kommen. Dies gilt auch für Baustellmeldungen, Sperrmeldungen, Fahrstreifenverengung, Wintersperren etc.

Im Fall der VAO und den daran angeschlossenen Diensten (**VAO-basierten Navigationssystemen**) wäre es einfacher, auch **Empfehlungen einzubinden**, da hier alles in österreichischer Hand liegt. Endnutzer:innen müssen auf jeden Fall zwischen Empfehlung und Verordnung klar unterscheiden können – es sollte hier keine bewusste oder unbewusste Vermischung erfolgen. Für die nächsten Monate und Jahre ist es das Ziel, EVIS-Daten in die internationalen Navi-Systeme zu bringen. Kontakte dazu werden laufend (u.A. über die ASFINAG) über interationale Projekte geknüpft.

In diesem Zusammenhang ist **ESTRAL** (Ecological and Safe TRAffic systems by digitizing Law) ein zentrales Projekt – Zielsetzung hierbei ist die Entwicklung von **Handlungsempfehlungen zur Erstellung digitaler Rechtsvorschriften** im Straßenverkehr. Es konnte der gesamte Prozess von den Verordnungen der Bezirkshauptmannschaften bzw. des Bundesministeriums (über die Digitalisierung in DATEX II), die Publikation auf der Datenplattform EVIS.AT bis hin zur Übernahme in die VAO demonstriert werden – der gesamte Prozess kann österreichweit für digitalisierte Verordnungen genutzt werden. Offen ist nach wie vor die **digitale, maschinenlesbare Erfassung der Verordnungen durch die Behörden**. Da die Erlassung und damit auch die Formulierungen bzw. die Gestaltung der jeweiligen Verordnung(en) den zuständigen Bezirkshauptmannschaften obliegt, kommt es zu uneinheitlichen Verordnungen, was zu einem erhöhten Digitalisierungsaufwand führt. Darüber hinaus können inhaltliche Fehler in den Verordnungen vorkommen und einen erhöhten Abstimmungsbedarf notwendig machen. Zukünftig ist auch zu überlegen, **welche Art von Verordnung von den Ländern bzw. den Bezirkshauptmannschaften mit welchem System** erfasst werden soll. Derzeit werden Verordnungen (vor allem langfristig gültige, statische) mit dem Maßnahmenassistenten in der GIP erfasst. Des Weiteren gibt es temporär gültige wie Baustellen, die über den EVIS.AT-Meldungsclient erfasst werden. Die Verordnungen der Durchfahrtssperren sind dazwischen angesiedelt (temporär gültig, aber doch eher statisch). Daher sollte definiert werden, mit welchem Werkzeug welche Art von Verordnung erfasst werden sollte.

Im Kontext des gegenständlichen Berichts ist ergänzend der Vorschlag entstanden, eine **Anzeige der Reisezeitverluste direkt auf der Autobahn (z.B. vor einer Anschlussstelle)** vorzusehen: Wenn man (a) auf der Autobahn bleibt oder (b) ins untergeordnete Netz ausweicht. Beispiel: *Reisezeitverlust auf der Autobahn: 15 Minuten, Reisezeitverlust auf der Landstraße: 30 Minuten*. Wenn die Reisezeit somit auf der Autobahn länger ist, als jene auf dem untergeordneten Netz, sollte dies nicht angezeigt werden. Dies ist eine weitere mögliche Maßnahme, die immer mit den Auswirkungen / Problemen im niederrangigen Straßennetz abgewogen werden muss, im Vergleich zu jenen auf der Autobahn – muss auch zum Gesamtmaßnahmenpaket passen (sollte z.B. keine Abfahrtssperren konterkarieren).

8 Anhang

8.1 Grundlagen >Leistungsfähigkeit<

In der Grundlagenrecherche wird auf die maximale Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens (auf Autobahnen) an Überleitungs- und Einengungsbereichen (Engstellen) und im Verflechtungsbereich eingegangen. Die Rechercheergebnisse geben einen Überblick über nationale und internationale Regelwerke, die entweder direkte Kapazitätswerte oder methodische Ansätze zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Autobahnen bzw. autobahnähnlichen Straßen enthalten. Der Fokus liegt zunächst auf den Bestimmungen in den deutschsprachigen Ländern (Österreich, Deutschland, Schweiz), anschließend werden die Regelungen in den USA dargestellt und auf weitere Ergebnisse im Rahmen der Recherche eingegangen.

 **Hinweis:** Die im Rahmen der gesamten Recherche erarbeiteten Informationen zur Kapazität (von Fahrstreifen) von Autobahnen und Verflechtungsbereichen stammen u.A. auch aus verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten, Studien und Veröffentlichungen, die auf Richtlinien Bezug nehmen oder diese auswerten – teilweise auch direkt aus den Originalrichtlinien.

8.1.1 Kapazität auf Autobahnen in den österreichischen Richtlinien

In Österreich werden verkehrsbezogene Regelwerke von der FSV (Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr) erarbeitet und herausgegeben. Dabei wird zwischen den **Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS)** sowie jenen für das Eisenbahnwesen unterschieden. Die RVS stellen das zentrale technische Regelwerk für Planung, Bau und Betrieb von Straßen in Österreich dar. Die RVS sind nicht frei im Internet zugänglich, sondern können über die Website der FSV erworben werden: <https://www.fsv.at/cms/default.aspx?ID=9815dd09-f5a8-41a8-9fb5-b1197ffb1cd2>

RVS 03.01.11 (Beurteilung des Verkehrsablaufs auf Straßen, 2012)

Quelle: https://www.researchgate.net/publication/329152271_Ermittlung_von_Kapazitätsbeschränkungsfunktionen_anhand_empirischer_Verkehrsdaten, Zugriff am 10.07.2025; ab Seite 26

Kernaussagen | Zahlen

Die RVS 03.01.11 verwendet dabei anstatt des Begriffs der Kapazität den Begriff Leistungsfähigkeit. Die Leistungsfähigkeit bezieht sich hier auf die Richtungsfahrbahn und ist abhängig von der Anzahl der Fahrstreifen und dem Schwerverkehrsanteil. Für Strecken mit Steigungen bis zu 2% sowie Gefällestrecken errechnet sich die Leistungsfähigkeit lt. RVS 03.01.11 anhand Formel 22:

$$L = -20 + 1969 \times FStr - 33 \times SV$$

Formel 22

Mit

<i>L</i>	Leistungsfähigkeit der Richtungsfahrbahn	[Kfz/h]
<i>FStr</i>	Anzahl der Fahrstreifen	[]
<i>SV</i>	Schwerverkehrsanteil	[-]

Unter Anwendung von Formel 22 ergeben sich Kapazitätswerte für Autobahnen mit Steigungen von bis zu 2% in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsanteil und der Anzahl Fahrstreifen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Leistungsfähigkeit auf mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen mit Steigungen bis zu 2 % Steigung laut der österreichischen Richtlinie RVS 03.01.11

Schwerverkehrsanteil SV [%]	Anzahl der Fahrstreifen FStr [-]		
	2	3	4
0	3900	5900	7850
10	3600	5550	7500
20	3250	5200	7200

Für Autobahnstrecken mit Steigungen größer 2% gibt die Richtlinie Abminderungsfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsanteil an (Tabelle 7).

Tabelle 7: Abminderung der Leistungsfähigkeit auf mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen in Prozent aufgrund der Steigung laut der österreichischen Richtlinie RVS 03.01.11

Steigung s [%]	Schwerverkehrsanteil SV [%]		
	0	10	20
$s \leq 2$	0 %	0 %	0 %
$2 < s \leq 4$	5 %	7,5 %	10 %
$s > 4$	10 %	15 %	20 %

Verflechtungsbereiche: RVS 03.05.13 (Knoten – Gemischte und Planfreie Knoten)

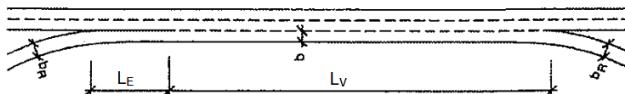
Quelle:

<https://fti-mobilitaetswende.at/resources/pdf/projektberichte/odimak-endbericht.pdf>, Zugriff am 09.07.2025, Seite 25-27

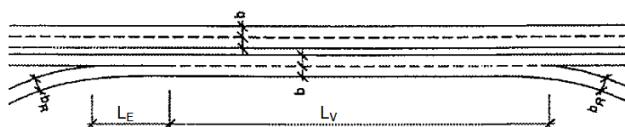
Kernaussagen | Zahlen

Die Bestimmung einer Kapazität und eines Auslastungsgrades sind hier nicht vorgesehen. Die hier verwendete Methode (Highway Capacity Manual [HCM 1985]) beschreibt ein reines Qualitätsbewertungsverfahren mit der Verkehrsgeschwindigkeit als Indikator.

a) Verflechtung auf der Hauptfahrbahn:



b) Verflechtung auf der Kollektorfahrbahn:



c) Verflechtung auf der Hauptfahrbahn mit 2-streifigen Rampenfahrbahnen:

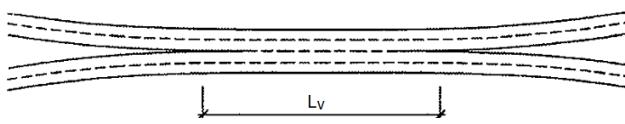
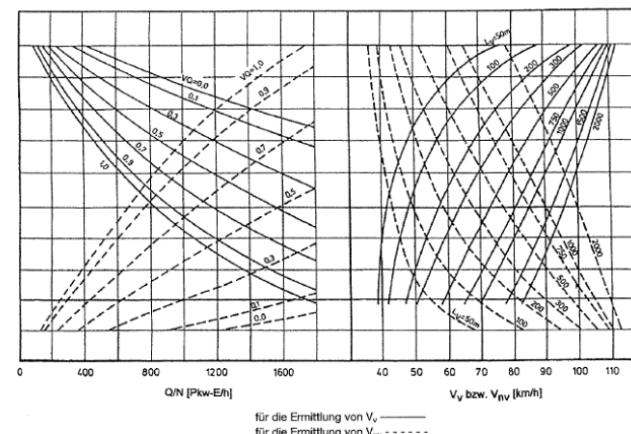


Abbildung 3: Verflechtungstypen nach RVS 03.05.13



ODIMAST (Optimierung von Anschlussstellen im Hinblick auf Kapazität und Verkehrssicherheit); 2015

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, ÖBB-Infrastruktur AG, ASFINAG

Auftragnehmer: IKK Kaufmann-Kriebernegg ZT-GmbH, TU Graz, Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Quelle:

https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/Mobilitaet/ODIMAST.pdf, Zugriff am 08.07.2025, Factsheet und Seite 121 und 122

Kernaussagen | Zahlen

Der Verkehrsablauf am hochrangigen Straßennetz in Österreich (Autobahnen und Schnellstraßen) wird maßgeblich durch die Gestaltung und Dimensionierung der Anschlussstellen bestimmt. Demnach besteht ein großes sowohl wissenschaftliches als auch gesellschaftliches Interesse daran, bessere Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen den Anschlussstellenmerkmalen und der Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit zu erlangen. Anhand der Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Gesamt- und Detailanalyse wurden Empfehlungen zur Ermittlung der Dimensionierungsbelastungen sowie Empfehlungen zur Leistungsfähigkeit berechnung und zur Verkehrssicherheit ausgearbeitet.

Gewonnene Erkenntnisse aus ODIMAST bezüglich Leistungsfähigkeit in der Clusteranalyse:

Höhere Belastungswerte führen zu einer Häufung von Leistungsfähigkeitsproblemen

- Bei Belastungen von **700 Fz/h/FSt auf der Ausfahrtsrampe oder 1.500 Fz/h/FSt**

Gesamt (gemittelte Fahrstreifenbelastung der Hauptfahrbahn und Ausfahrtsrampe gemeinsam) erhöht sich die Problemwahrscheinlichkeit signifikant (jede zweite Anschlussstelle ist problematisch)

- Bei Ausfahrtsrampen deren **Belastungen kleiner 700 Fz/h/FSt auf der Ausfahrtsrampe bzw. kleiner 1.500 Fz/h/FSt Gesamt** sind, liegt der Problemanteil unter 5%

• Kürzere Ausfahrtsrampen wirken sich ab mittlerer Verkehrsbelastung negativ auf den Verkehrsfluss aus

• Bei **höheren Verkehrsbelastungen** sollten Ausfahrtsrampenlängen kürzer als 250 m vermieden werden bzw. sind **Ausfahrtsrampenlängen von mindestens 400 m**

wünschenswert

- VLSA werden häufig bei hochbelasteten Kreuzungspunkten eingesetzt
- Die Kategorisierung nach Kategorisierungsdienstanweisung (BMVIT, Fassung 2012) hat keinen Einfluss auf Leistungsfähigkeitsprobleme, jedoch lassen Kategorien mit Zusatz „a“ (Kategorien im Ballungsraum) auf hohe Verkehrsbelastungen und somit höhere Überlastungswahrscheinlichkeit schließen

ODIMAK (Optimierte Dimensionierungsverfahren für Autobahnknoten); 2014

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, ÖBB-Infrastruktur AG, ASFINAG

Auftragnehmer: IKK Kaufmann-Kriebernegg ZT-GmbH, TU Graz, Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Quelle:

<https://fti-mobilitaetswende.at/resources/pdf/projektberichte/odimak-endbericht.pdf>, Zugriff am 09.07.2025, Seite 9 -10

Kernaussagen | Zahlen

Für die Bestimmung der Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit von Anschlussstellen an Autobahnen und Schnellstraßen sind die Verflechtungsstrecken, nämlich jene Bereiche mit erforderlichem Fahrstreifenwechsel und Durchsetzen mehrerer Verkehrsströme in gleicher Richtung von besonderer Bedeutung. Berechnungsmethoden für verschiedene Verflechtungstypen sind in der RVS 03.05.13 (Stand 2001) beschrieben. Jedoch umfasst die RVS 03.05.13 ausschließlich einstreifige Verflechtungen und kann daher nicht für komplexe Knotenpunkte mit mehrstreifigen Ein- oder Ausfahrten angewendet werden. Für den immer häufiger vorkommenden Fall der Durchsetzung dreier Verkehrsströme mit dem daraus resultierenden mehrmaligen Fahrstreifenwechsel für Fahrzeuge ist in Österreich derzeit keine gültige Bemessungsvorschrift vorhanden. Um mehrstreifige Verflechtungsvorgänge ausreichend genau abbilden zu können, wurden bestehende Dimensionierungsverfahren (HBS, HCM) für Verflechtungen an gemischten und planfreien Knotenpunkten analysiert.

*In Abhängigkeit der unabhängigen Variablen Verflechtungstyp, Fahrstreifenbelastungen, Verflechtungsgrad, Lkw-Anteil, Verflechtungslänge und zulässige Geschwindigkeit wurde die Verkehrsgeschwindigkeit im Verflechtungsbereich als Zielgröße mittels einer multiplen linearen Regression ermittelt. Aufgrund der geringen Signifikanz der Summe aller Einflussgrößen ($R^2 = 47\%$) ist eine **statistisch gesicherte Bestimmung der Verflechtungskapazität über die Verkehrsgeschwindigkeit in Abhängigkeit aller Einflussgrößen nicht möglich**. Stattdessen erfolgte die Umsetzung des Ansatzes, wonach die Kapazität im Verflechtungsbereich durch Erreichen einer kritischen Geschwindigkeit festgelegt ist. Die kritische Geschwindigkeit wurde in Abhängigkeit der zulässigen Geschwindigkeit vZUL festgelegt: **70 km/h bei einer vZUL von 100 km/h und 60 km/h bei vZUL von 80 km/h**. Sobald die **kritische Geschwindigkeit dauerhaft unterschritten wird**, ist die Kapazität der Verflechtungsstrecke erreicht und ein **Wechsel vom stabilen in den instabilen Verkehrszustand** zu beobachten.*

8.1.2 Kapazität auf Autobahnen in den deutschen Richtlinien

In Deutschland sind Angaben zur Leistungsfähigkeit und Kapazität von Autobahnen im **Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)** enthalten.

Das HBS wird von der **Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)** herausgegeben und stellt das zentrale technische Regelwerk für die Planung und Auslegung von Straßenverkehrsanlagen dar. Die derzeit gültige Fassung stammt aus dem Jahr 2015. Das Handbuch ist nicht frei zugänglich, sondern kann kostenpflichtig über den FGSV-Verlag bezogen werden: <https://www.fgsv-verlag.de/hbs>

HBS (Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, 2015)

Quelle:

https://www.researchgate.net/publication/329152271_Ermittlung_von_Kapazitätsbeschränkungsfunktionen_anhand_empirischer_Verkehrsdaten, Zugriff am 10.07.2025; ab Seite 27

https://die-gueterbahnen.com/assets/files/news/2023/studie-regio-consult_auswirkungen-der-erweiterung-der-strasseninfrastruktur-auf-die-kapazitaet.pdf?utm.com, Zugriff am 9.07.2025, Seite 12 und Seite 14, Seite 35

https://www.fgsv-verlag.de/pub/media/pdf/299_Geistefeldt.pdf, Zugriff am 11.07.2025 (Erläuterungen der Änderungen im HBS 2015)

Kernaussagen | Zahlen

Im Teil A3 des HBS 2015 werden Kapazitäten von Autobahnteilstrecken angegeben, wobei hier folgende Einflussgrößen genannt werden:

- Anzahl der Fahrstreifen
- Längsneigung
- Geschwindigkeitsregelung
- Lage in Bezug zu Ballungsräumen
- Bemessungsrelevanter Schwerverkehrsanteil

Unter Berücksichtigung der Einflussgrößen gibt das HBS 2015 zwei Tabellen mit Kapazitätswerten gültig für 1-Stunden-Intervalle an. Die erste Tabelle bezieht sich dabei auf Strecken mit einer Längsneigung von bis zu 2 % und Gefällestrecken (Tabelle 8). Das HBS 2015 klassifiziert hier zusätzlich in Gruppen mit verschiedener Geschwindigkeitsbeschränkung und berücksichtigt Abschnitte mit temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF), dazu zählen:

- „ohne“: Strecken ohne Geschwindigkeitsbeschränkung
- „T120“: Strecken mit Geschwindigkeitsbeschränkung 120 km/h
- „T100/T80/SBA“: Strecken mit Geschwindigkeitsbeschränkung 100 km/h, 80 km/h sowie Abschnitte innerhalb einer Streckenbeeinflussungsanlage (SBA)
- „Tunnel“: Strecken innerhalb von Tunnelabschnitte
- „2+TSF“: Strecken mit zwei Fahrstreifen plus einer temporären Seitenstreifenfreigabe
- „3+TSF“: Strecken mit drei Fahrstreifen plus einer temporären Seitenstreifenfreigabe

Tabelle 8: Kapazitäten auf Autobahnen für Strecken mit Längsneigungen bis zu 2 % nach dem deutschen HBS 2015

Fahr-strei-fen-anzahl	Geschwindigkeits-beschränkung	Kapazität C [Kfz/h]							
		außerhalb von Ballungsräumen				innerhalb von Ballungsräumen			
		SV-Anteil b _{SV}		SV-Anteil b _{SV}		SV-Anteil b _{SV}		SV-Anteil b _{SV}	
		≤ 5 %	10 %	20 %	30 %	≤ 5 %	10 %	20 %	30 %
2	ohne	3700	3600	3400	3200	3900	3800	3600	3400
	T120	3800	3700	3500	3300	3900	3800	3600	3400
	T100/T80/SBA	3800	3700	3500	3300	4000	3900	3700	3500
	Tunnel	3700	3600	3400	3200	3900	3800	3600	3400
3	ohne	5300	5200	4900	4600	5700	5500	5200	4900
	T120	5400	5300	5000	4700	5700	5500	5200	4900
	T100/T80/SBA	5400	5300	5000	4700	5800	5600	5300	5000
	Tunnel	5300	5200	4900	4600	5700	5500	5200	4900
4	ohne	7300	7100	6700	6300	7800	7600	7100	6600
	T120	7400	7200	6800	6400	7800	7600	7100	6600
	T100/T80/SBA	7400	7200	6800	6400	8000	7800	7300	6800
	2+TSF	T100/SBA	4700	4600	4400	4200	5200	5000	4700
3+TSF	T100/SBA	6300	6200	5900	5600	7000	6800	6400	6000

Tabelle 9: Kapazitäten auf Autobahnen für Strecken mit Längsneigungen von 3 %, 4 % und 5 % nach dem deutschen HBS 2015

Fahr-strei-fen-anzahl	Längsneigung	Kapazität C [Kfz/h]							
		außerhalb von Ballungsräumen				innerhalb von Ballungsräumen			
		SV-Anteil b _{SV}		SV-Anteil b _{SV}		SV-Anteil b _{SV}		SV-Anteil b _{SV}	
		≤ 5 %	10 %	20 %	30 %	≤ 5 %	10 %	20 %	30 %
2	3 %	3600	3500	3300	3100	3800	3700	3500	3300
	4 %	3400	3300	3100	2900	3600	3500	3300	3100
	5 %	3100	3000	2800	2600	3300	3200	3000	2800
3	3 %	5200	5100	4800	4500	5600	5400	5100	4800
	4 %	4900	4800	4500	4200	5300	5100	4800	4500
	5 %	4500	4400	4100	3800	4900	4700	4400	4100
4	3 %	7100	6900	6500	6100	7600	7400	6900	6400
	4 %	6800	6600	6200	5800	7300	7100	6600	6100
	5 %	6200	6000	5600	5200	6700	6500	6000	5500
2+TSF	3 %	4600	4500	4300	4100	5100	4900	4600	4300
	4 %	4400	4300	4100	3900	4900	4700	4400	4100
	5 %	4100	4000	3800	3600	4600	4400	4100	3800
3+TSF	3 %	6200	6100	5800	5500	6900	6700	6300	5900
	4 %	5900	5800	5500	5200	6600	6400	6000	5600
	5 %	5500	5400	5100	4800	6200	6000	5600	5200

Die zweite Tabelle im HBS 2015 für Kapazitäten auf Autobahnen behandelt Steigungen von 3 %, 4 % und 5 % (Tabelle 9). Kapazitäten auf Strecken mit dazwischenliegenden Längsneigungen dürfen hier interpoliert werden. Im Vergleich zur ersten Tabelle (Steigungen bis zu 2 %) werden hier Geschwindigkeitsbeschränkungen nicht mitberücksichtigt. Es wird jedoch erneut nach den Gruppen für zwei-, drei- und vierstreifige Streckenabschnitte sowie zwei- und dreistreifige Streckenabschnitte mit temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF) unterschieden.

Tabelle 20: Erhöhungen der Kapazität an den ausgewählten Zählstellen

Autobahn	Zählstelle	SV-Anteil 2019 in %	Erweiterung von 2 auf 3	Steigung	Kapazität je h und Rtg.	Zunahme in %	Ballungsraum
			Annahme	vorher	nachher		
A2	Oelde (5102)	19,0	4%	3.100	4.500	45,2%	außerhalb
A2	Peine (3306)	22,6	4%	3.100	4.500	45,2%	außerhalb
A3	AD Würzburg-West (W) (9034)	21,5	4%	3.300	4.800	45,5%	innerhalb
A7	Düderode (4602)	19,2	4%	3.100	4.500	45,2%	außerhalb
A7	Wülfersode (3440)	17,2	4%	3.100	4.500	45,2%	außerhalb
A8	Pforzheim-Ost (8077)	16,9	4%	3.300	4.800	45,5%	innerhalb
A8	Leipheim (O) (9966)	17,0	4%	3.100	4.500	45,2%	außerhalb
A8	Augsburg-West (W) (9131)	13,9	4%	3.500	5.100	45,7%	innerhalb
A8	Sulzemoos (O) (9003)	12,2	4%	3.300	4.800	45,5%	außerhalb
Erweiterung von 3 auf 4							
A3	AD Heumar (N) (5672)	12,2	4%	5.100	7.100	39,2%	innerhalb

Quelle: FGSV (2015): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Teil A Autobahnen, Tabelle A 3-2 und A 3-3, Seite A3-8
 Fett markierte Werte: Hier wurde zur Ermittlung der Kapazität ein Wert von 20 % angesetzt, bei den anderen Werten von 10 %.

Verflechtungsbereiche: HBS (Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, 2001, 2005, 2014 & 2015 (aktuelle Ausgabe)

Quelle:

<https://fti-mobilitaetswende.at/resources/pdf/projektberichte/odimak-endbericht.pdf>, Zugriff am 09.07.2025, Seite 28-32

https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobileplatform/normenpool/21718_1639_Inhalt.pdf, Zugriff am 10.07.2025, Seite 32-41

<https://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-034-1.volltext.frei.pdf>, Zugriff am 09.07.2025, Seite 27-28

Kernaussagen | Zahlen

Im HBS 2001 werden unterschiedliche Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) definiert. Diese werden über den Auslastungsgrad errechnet. Es werden zwei Typen von Verflechtungsstrecken unterschieden.

Tabelle 1: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (Quelle HBS 2001)

Qualitätsstufe (QSV)	Auslastungsgrad
A	$\leq 0,30$
B	$\leq 0,55$
C	$\leq 0,75$
D	$\leq 0,90$
E	$\leq 1,00$
F	$> 1,00$

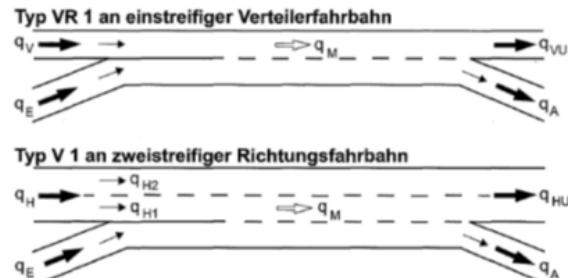


Abbildung 5: Verflechtungstypen nach HBS 2001

Tabelle 3: Zulässige Verkehrsstärke auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung (Quelle HBS 2001)

QSV	Zulässige Verkehrsstärke [KFZ/h]					
	Außerhalb von Ballungsräumen			Innerhalb von Ballungsräumen		
	Schwerverkehrsanteil					
A	≤ 1620	≤ 1530	≤ 1440	≤ 1710	≤ 1620	≤ 1530
B	≤ 2970	≤ 2805	≤ 2640	≤ 3135	≤ 2970	≤ 2805
C	≤ 4050	≤ 3825	≤ 3600	≤ 4275	≤ 4050	≤ 3825
D	≤ 4860	≤ 4590	≤ 4320	≤ 5130	≤ 4860	≤ 4590
E	≤ 5400	≤ 5100	≤ 4800	≤ 5700	≤ 5400	≤ 5100
F	-	-	-	-	-	-

Tabelle 4: Zulässige Verkehrsstärke auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung (Quelle HBS 2001)

QSV	Zulässige Verkehrsstärke [KFZ/h]					
	Außerhalb von Ballungsräumen			Innerhalb von Ballungsräumen		
	Schwerverkehrsanteil					
A	≤ 1080	≤ 1050	≤ 1020	≤ 1200	≤ 1140	≤ 1080
B	≤ 1980	≤ 1925	≤ 1870	≤ 2200	≤ 2090	≤ 1980
C	≤ 2700	≤ 2625	≤ 2550	≤ 3000	≤ 2850	≤ 2700
D	≤ 3240	≤ 3150	≤ 3060	≤ 3600	≤ 3420	≤ 3240
E	≤ 3600	≤ 3500	≤ 3400	≤ 4000	≤ 3800	≤ 3600
F	-	-	-	-	-	-

Tabelle 5: Zulässige Verkehrsstärke auf Richtungsfahrbahnen mit Geschwindigkeitsbeschränkung (Quelle HBS 2001)

QSV	Zulässige Verkehrsstärke [KFZ/h]			
	Schwerverkehrsanteil = 10%			
	dreistreifig		zweistreifig	
	Tempo 120	Tempo 100/80	Tempo 120	Tempo 100/80
A	≤ 1620	≤ 1650	≤ 1140	≤ 1170
B	≤ 2970	≤ 3025	≤ 2090	≤ 2145
C	≤ 4050	≤ 4125	≤ 2850	≤ 2925
D	≤ 4860	≤ 4950	≤ 3420	≤ 3510
E	≤ 5400	≤ 5500	≤ 3800	≤ 3900
F	-	-	-	-

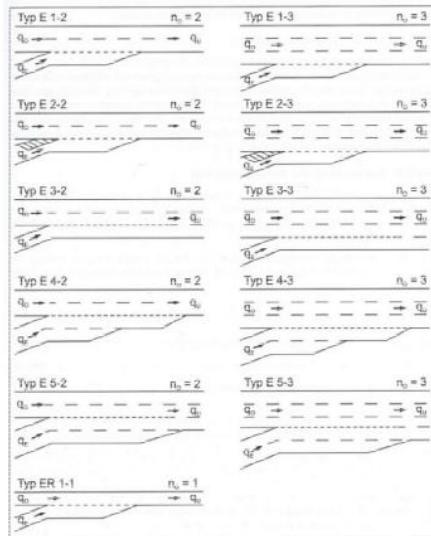


Abb. 14 Einfahrtstypen (schematisch) und Bezeichnung der Verkehrsstärken (Quelle: HBS 2015)

Tabelle 6: Zulässige Verkehrsstärke auf der Ausfahrt (Quelle HBS 2001)

QSV	Zulässige Verkehrsstärke auf der Ausfahrt [KFZ/h]		
	Typ A1	Typ A2	Typ A3 / A4
A	≤ 450	≤ 770	≤ 900
B	≤ 830	≤ 1400	≤ 1650
C	≤ 1130	≤ 1910	≤ 2250
D	≤ 1350	≤ 2300	≤ 2700
E	≤ 1500	≤ 2550	≤ 3000
F	-	-	-

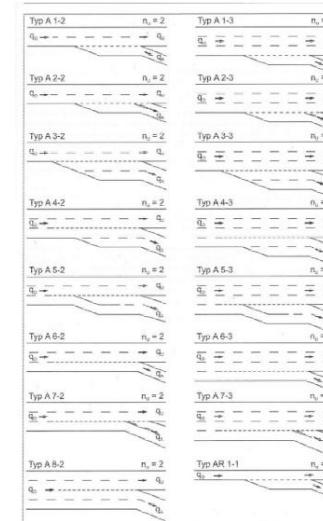


Abb. 15 Ausfahrtstypen (schematisch) und Bezeichnung der Verkehrsstärken (Quelle: HBS 2015)

Für alle in Abb. 14 und Abb. 15 ersichtlichen Fälle werden die Kapazitätswerte in den nachfolgenden Tabellen (Abb. 20, 21) aufgelistet.

Typ	Bild	a [-]	$C_{PE,E}$ [Pkw-E/h]	$C_{PE,O}$ [Pkw-E/h]
VR 1-1	Bild A4-20	1,4	1800	2000
V 1-2	Bild A4-21	1,5	1800	4000
E 1-2 / E 2-2	Bild A4-23	1,5	1800	4000
E 1-3 / E 2-3	Bild A4-24	2,1	1800	5800
E 3-2	Bild A4-25	2,7	2000	4000
E 3-3	Bild A4-26	3,8	2000	5800
E 4-2	Bild A4-27	1,05	3600	4000
E 4-3	Bild A4-28	1,3	3600	5800
E 5-2	Bild A4-29	1,8	3800	4000
E 5-3	Bild A4-30	2,4	3800	5800
ER 1-1	Bild A4-31	1,2	1800	2000

Abb. 20 Kapazitäten und Parameter a für Einfahrts- und Verflechtungsbereiche. Quelle: HBS (2015)

Details zu den Berechnungen siehe Quellen.

Typ	Bild	a [-]	$C_{PE,A}$ [Pkw-E/h]	$C_{PE,U}$ [Pkw-E/h]
A 1-2	Bild A4-5	1,9	1800	4000
A 1-3	Bild A4-6	1,9	1800	5800
A 2-2	Bild A4-7	1,2	3060	4000
A 2-3	Bild A4-8	1,4	3060	5800
A 3-2	Bild A4-9	1,1	3600	4000
A 3-3	Bild A4-10	1,3	3600	5800
A 4-2/A 5-2	Bild A4-11	1,9	3600	4000
A 4-3/A 5-3	Bild A4-12	2,5	3600	5800
A 6-2	Bild A4-13	2,7	2000	4000
A 6-3	Bild A4-14	4,0	2000	5800
A 7-2	Bild A4-15	2,0	3060	4000
A 7-3	Bild A4-16	2,9	3060	5800
A 8-2	Bild A4-17	6,0	3600	4000
AR 1-1	Bild A4-18	1,2	1800	2000

Abb. 21 Kapazitäten und Parameter a für Ausfahrtsbereiche. Quelle: HBS (2014)

Richtwerten für die Kapazität von Baustellenengpässen (DE)

Quelle:

<https://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-034-1.volltext.frei.pdf>, Zugriff am 09.07.2025, Seite 27-28

Kernaussagen | Zahlen

Literaturquelle	Grenzwerte in Kfz/h		Bemerkungen
	einspurig	zweispurig	
TRB (HCM 2000) (USA)	1550	1860	Arbeitsstellen ohne FS-Überleitung
MAZE et al. (2000) (USA)	1400-1600 in Pkw-E/h		bei Abbau von 2 auf 1 Fahrstreifen
RUTISHAUSER et al. (1994) (CH)	1600		bei Abbau von 2 auf 1 Fahrstreifen
OECD (1990)	1540 - 1650		VF 2+0 bei SV 15% (GB)
	1540		VF 2+1 bei SV 15% (GB)
	3280		VF 3+2 bei SV 15% (GB)
	2980		VF 5+0 bei SV 15% (GB)
	1340		VF 2+1 in USA [TRB, 1994]
	2980		VF 3+2 in USA [TRB, 1994]
	1100		VF 2+1 in D und CH
	2400		VF 3+2 in D und CH
	2650		VF 5+0 in D und CH
	1330		Verkehrsführung 2+1 bei Dichte < 20 Kfz/km
MORALES (1987) (USA)	1300	2700	bei Reduktion eines Fahrstreifens
MATHEWS (1984) (GB)	1480-1650	2970-3270	verschiedene VF (15% SV)

Tab. 3-3: Zusammenstellung von Richtwerten für die Kapazität von Baustellenengpässen aus verschiedenen ausländischen Literaturquellen

Literaturquelle	Grenzwerte in Kfz/h		Bemerkungen
	einspurig	zweispurig	
Dauerbaustellen			
Ressel (1996)	915-1460	2075-3210	differenziert nach Verkehrsführung, GV-Anteil und Längsneigung
RBAP (1996)	1400-1830 in Pkw-E/h	2800-3660 in Pkw-E/h	differenziert nach Verkehrsführung und dem Anteil Ortsunkundiger
RSA (1995)	1500	3000	durchschn. Lkw-Anteil, geringe Längsneigung
BRILON et al. (1994)		3350	Lkw-Anteil 5-10%
Ressel (1994)	1175-1460	2380-2920	diff. nach Verkehrsführung und GV-Anteil
BAST (1992)		2800	ohne Stau
KAYSER et al. (1991)	1100 - 1500	2400 - 3000	abhängig von SV-Anteil und Längsneigung
HEIDEMANN et al. (1990)		3000	Verkehrsführung 3+1 und 4+0
SCHMUCK et al. (1984)	1400	2400 - 2900	differenziert nach Verkehrsführung
BOLTE et al. (1984)		2160 - 2325	differenziert nach Verkehrsführung; nach HCM 1965
HOFFMANN et al. (1981)		3000-3200	VF 3+1; Stadtautobahn
LENZ et al. (1970)	1200		bei Stau vor dem Engpass
Tagesbaustellen			
STÖCKERT et al. (1999)	1500 - 1750 in Pkw-E/h	2300 - 3500 in Pkw-E/h	differenziert nach Verkehrsführung
AUGUST et al. (1991)	1200 - 2000		ländliche Gebiete - Ballungszentren

Tab. 3-2: Zusammenstellung von Richtwerten für die Kapazität von Baustellenengpässen aus verschiedenen deutschen Literaturquellen

8.1.3 Kapazität auf Autobahnen in den Schweizer Richtlinien

In der Schweiz findet man Kapazitätsangaben für Autobahnen in der Schweizer Norm SN 640 018a (VSS 2006). Diese Normen stehen nicht zum Downloaden bereit, sondern können in bestimmten Auflagestellen in der Schweiz eingesehen werden. Nähere Informationen unter: <https://www.snv.ch/de/>

Schweizer Norm SN 640 018a (VSS 2006)										
Quelle:										
https://www.researchgate.net/publication/329152271_Ermittlung_von_Kapazitätsbeschränkungsfunktionen_anhand_empirischer_Verkehrsdaten , 10.07.2025; ab Seite 29										
Kernaussagen Zahlen										
<p>Als Einflussgrößen auf die Kapazität werden hier die Anzahl der Fahrstreifen (2 oder 3), die zulässige Höchstgeschwindigkeit (120, 100 oder 80 km/h), der Schwerverkehrsanteil ($\leq 5\%$, $5 - 15\%$ oder $> 15\%$) und die Steigung der Autobahn berücksichtigt. Die folgende Tabelle 10 gibt einen Überblick über die Richtwerte der Leistungsfähigkeit von 2- und 3-dreistreifigen Autobahnen abhängig von den Einflussgrößen laut der Schweizer Norm SN 640 018a. Auffallend ist, dass die Leistungsfähigkeit bei ebenen zweistreifigen Strecken (Steigung $< 2\%$) hier unabhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei allen drei Klassen des Schwerverkehrsanteils ist. Diese Unabhängigkeit geht bei Steigungsstrecken $\geq 2\%$ verloren, die Leistungsfähigkeit nimmt hier mit zunehmender zulässiger Höchstgeschwindigkeit ab (gilt sowohl für zwei- als auch dreistreifige Autobahnen).</p>										
<p>Tabelle 10: Leistungsfähigkeiten in [Kfz/h] für zwei- und dreistreifige Autobahnen abhängig von zulässiger Höchstgeschwindigkeit, Schwerverkehrsanteil und Steigung lt. Schweizer Norm SN 640 018a (VSS 2006)</p>										
Fahr-streifen-anzahl	Schwer-verkehrs-anteil	zulässige Höchstgeschwindigkeit								
		120 km/h			100 km/h			80 km/h		
		Steigung			Steigung			Steigung		
< 2 %	2-4 %	> 4 %	< 2 %	2-4 %	> 4 %	< 2 %	2-4 %	> 4 %		
2	$\leq 5\%$	4000	3800	3550	4000	3800	3600	4000	3800	3650
	5-15 %	3800	3500	3150	3800	3600	3350	3800	3700	3450
	15-25 %	3600	3200	2800	3600	3400	3000	3600	3500	3200
3	$\leq 5\%$	5800	5450	5050	5800	5600	5250	5800	5650	5500
	5-15 %	5450	5050	4500	5550	5250	4950	5600	5500	5200
	15-25 %	5100	4600	4000	5400	5000	4300	5500	5300	4550

Verflechtungsbereiche: Schweizer Norm SN 640 019 (Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Einfahrten in Hochleistungsstraßen)

Quelle:

https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobilityplatform/normenpool/21718_1639_Inhalt.pdf, Zugriff am **08.07.2025**; ab Seite 175

Kernaussagen | Zahlen

In Ländern wie beispielsweise der USA oder Deutschland wurde erkannt, wie maßgebend diese Autobahnabschnitte sind und es wurden bereits eigene Normen dafür entwickelt („Highway Capacity Manual“ (HCM) in den USA und „Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ (HBS) in Deutschland. In der Schweizer Norm SN 640 019 (Stand 2018) wird jedoch kein anwendbares Berechnungsverfahren für Verflechtungsstrecken aufgeführt. Ebenso fehlen Rampen bisher in der Normensystematik. Beides sollte in eine SN 640 019 als neue Norm für „niveaufreie Knoten“ aufgenommen werden.

Die angegebene Forschungsarbeit (Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität von Verflechtungsbereichen auf Hochleistungsstraßen, ETH Zürich) präsentiert die Ergebnisse der Studie über Verflechtungsstrecken auf Hochleistungsstraßen in der Schweiz. Dabei wurden Verflechtungsstrecken in der Schweiz mit empirischen Untersuchungen und Simulationsstudien analysiert. Basierend auf diesen Resultaten werden in diesem Bericht eine Bemessungsmethodik und ein Normenvorschlag für die Schweiz aufgezeigt. Dies ist eine Ergänzung zur bestehenden Normengruppe des VSS aus dem Jahre 1999, welche die Basis zur Bemessung und Bewertung von verschiedenen Verkehrssystemen und -anlagen in der Schweiz bildet. Zurzeit werden Verflechtungsstrecken in dieser Normengruppe noch nicht behandelt.

Verflechtungsstrecke des Typs B0 (nach alter Norm):

- Verkehrsstärke Zuflüsse Stammfahrbahn/Rampe: QF = 3000 Mfz/h, QR = 900 Mfz/h
- Verflechtungsanteil Stammstrecke: 50%; Verflechtungsanteil Rampe: 80%
- Längsneigung $i = 0\%$ (eben) mit einem Schwerverkehrsanteil (SVA) im Verflechtungsbereich von 5%

Verflechtungsstrecke des Typs A0 (nach alter Norm):

- Verkehrsstärke Stammfahrbahn/Rampe: QF = 1000 Mfz/h, QR = 800 Mfz/h
- Verflechtungsanteil Stammstrecke: 30%; Verflechtungsanteil Rampe: 50%
- Strecke mit leichter Steigung $i = 3\%$ mit einem Schwerverkehrsanteil (SVA) gesamthaft von 10%

Empfehlungen zum Normtext siehe Kapitel 5.4.7 Leistungsfähigkeit (ab Seite 175)

8.1.4 Kapazität auf Autobahnen in den Regelwerken der USA

In den Vereinigten Staaten (USA) werden Kapazitäten auf Autobahnen im Highway Capacity Manual (HCM) angegeben. Die aktuellste Version Highway Capacity Manual 7 th Edition wurde 2022 veröffentlicht und kann hier als pdf heruntergeladen werden: <https://www.jpautoceste.ba/wp-content/uploads/2022/05/Highway-Capacity-Manual-2010-PDFDrive-.pdf>

HCM 2016 (Transportation Research Board 2016)

Quelle:

https://www.researchgate.net/publication/329152271_Ermittlung_von_Kapazitätsbeschränkungsfunktionen_anhand_empirischer_Verkehrsdaten, 10.07.2025; ab Seite 30

Kernaussagen | Zahlen

Das HCM 2016 (Transportation Research Board 2016) unterscheidet hier zwischen freien Strecken und verschiedenen Verflechtungsstrecken an Autobahnanschlussstellen oder Autobahnknoten (Einfahrt, Ausfahrt, Einfahrt mit anschließender Ausfahrt). All diesen Fällen liegt eine Basiskapazität zu Grunde. Diese Basiskapazität gilt fahrstreifenfein unter der Annahme, dass kein Schwerverkehr vorhanden ist, und ist nur abhängig von der Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss (Tabelle 11).

Tabelle 11: Basiswerte für die Kapazität auf Autobahnen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss anhand HCM 2016 (USA)

Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss in [mph] Werte in Klammern in [km/h]	Basiskapazität [Pkw/h]
75 (121)	2400
70 (113)	2400
65 (105)	2350
60 (97)	2300
55 (89)	2250

Die Basiskapazitäten laut dem HCM 2016 gelten dabei für ein 15-min-Intervall und repräsentieren daher keine stündliche Kapazität. Für die Schätzung der Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss (free-flow-speed, FFS) gibt das HCM 2016 folgende Formel an:

$$FFS = 75,4 - f_{LW} - f_{LC} - TRD^{0,84} \quad \text{Formel 23}$$

Mit

FFS	Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss (free-flow-speed)	[mi/h]
f _{LW}	Anpassungsfaktor für die Fahrstreifenbreite	[mi/h]
f _{LC}	Anpassungsfaktor für die seitliche Begrenzung (Lichtraum)	[mi/h]
TRD	Anzahl Rampen je Abschnitt (Anschlussstellendichte)	[#/h]

Die Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss und damit auch die Kapazität einer Autobahn ist nach dem HCM 2016 vom Querschnitt der Straße (Fahrstreifenbreite, Lichtraum) und der Anschlussstellendichte abhängig. Für Fahrstreifenbreiten unter 12 ft (3,66 m) und seitliche Begrenzungen (Seiten- oder Pannenstreifen) unter 6ft (1,83 m) auf der Autobahn gibt das HCM 2016 die Anpassungsfaktoren f_{LW} und f_{LC} zur Reduktion der Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss an. Bei der Anschlussstellendichte werden sowohl Abfahrts- als auch Aufahrtsrampen gezählt. Beispielsweise bei vier Rampen innerhalb einer Meile (1,6 km) beträgt die Geschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss 65 mph (105 km/h) und damit die Kapazität 2350 Pkw/h je Fahrstreifen, sofern es keine Reduktion aufgrund der Fahrstreifenbreite oder des Lichtraumes gibt (Faktoren f_{LW} und f_{LC}).

Als weitere Kenngröße reduziert der Schwerverkehrsanteil die Basiskapazität laut HCM 2016. Hier unterscheidet das HCM 2016 in zwei Fahrzeugkategorien: Lkw und Busse (Trucks) sowie Wohnmobile (recreational vehicles). Aus den Anteilen der beiden Fahrzeugkategorien und deren äquivalenter Pkw-Fahrzeuglänge ergibt sich folgender Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses des Schwerverkehrs laut dem HCM 2016:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T * (E_T - 1) + P_R * (E_R - 1)}$$
Formel 24

Mit

f _{HV}	Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs	[-]
P _T	Anteil an Lkw plus Busse am Gesamtverkehr	[-]
E _T	Äquivalente Fahrzeuglänge in Pkw-Einheiten für Lkw plus Busse	[-]
P _R	Anteil an Wohnmobilen am Gesamtverkehr	[-]
E _R	Äquivalente Fahrzeuglänge in Pkw-Einheiten für Wohnmobile	[-]

Die äquivalenten Fahrzeuglängen sind laut HCM 2016 abhängig von der Topografie, bei ebenen Geländeverhältnissen werden für Lkw plus Busse 1,5 Pkw-Einheiten und für Wohnmobile 1,2 Pkw-Einheiten angesetzt. Je nach Länge und Ausmaß der Steigung sind größere äquivalente Fahrzeuglängen zu wählen, mit der Folge eines geringeren Faktors für f_{HV} zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs. Mit diesem Ansatz wird die Längsneigung der Autobahn bei der Ermittlung der Kapazität miteinbezogen. Zum Beispiel ergibt sich aus einem Schwerverkehrsanteil von 10 % (ohne Wohnmobile) ein Abminderungsfaktor f_{HV} von 0,95 bei ebenen Geländeverhältnissen (bis zu 2 % Steigung); dies entspricht einer Reduktion der Basiskapazität um 5 %.

Verflechtungsstrecken HCM 2010

Quelle:

<https://fti-mobilitaetswende.at/resources/pdf/projektberichte/odimak-endbericht.pdf>, Zugriff am 09.7.2025, Seite 33-46

https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobilityplatform/normenpool/21718_1639_Inhalt.pdf, Zugriff am 10.07.2025, Seite 21-32

Kernaussagen | Zahlen

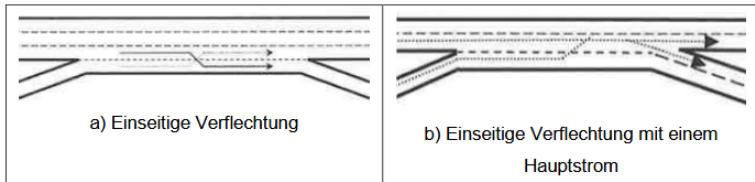


Abbildung 9: Einseitige Verflechtung nach HCM 2010

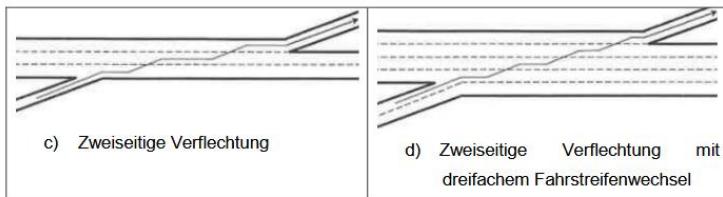


Abbildung 10: Zweiseitige Verflechtung nach HCM 2010

Kapazitätsbestimmung mittels Verkehrsstärke

Der Zusammenbruch einer Verflechtungsstrecke wird mit

- 2400 PKW-E/h für $N_{WL}=2$, oder
- 3500 PKW-E/h für $N_{WL}=3$

Weitere Details zu den Berechnungen siehe Quellen.

Das Vorgehen des HCM2010 ist in Abb. 2 in einem Ablaufschema dargestellt.

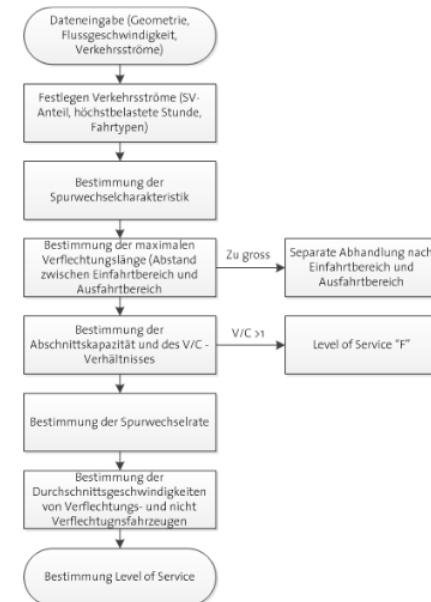


Abb. 2 Ablaufschema der Vorgehensweise. Quelle: HCM(2010)

Internationaler Vergleich der Kapazitätsangaben in Regelwerken (DE, A, CH und USA)

Quelle:

https://www.researchgate.net/publication/329152271_Ermittlung_von_Kapazitätsbeschränkungsfunktionen_anhand_empirischer_Verkehrsdaten, 10.07.2025; ab Seite 32

Kernaussagen | Zahlen

Tabelle 12: Vergleich der Kapazitäten für verschiedene Ausprägungen an Autobahnen aus den Regelwerken in den Ländern Österreich, Deutschland, Schweiz und USA

Fahr-strei-fen-anzahl	SV-Anteil	Kapazität [Kfz/h] bei ebenen Strecken < 2 % Längsneigung											
		Höchstgeschwindigkeit 120 km/h				Höchstgeschwindigkeit 100 km/h							
		Länder		Länder		AT	D (innerh. BR)	CH	USA*	AT	D (innerh. BR)	CH	USA*
2	5 %	3753	3800 (3900)	4000	4683	3753	3800(4000)	4000	4488				
	10 %	3600	3700 (3800)	3800	4571	3600	3700 (3900)	3800	4381				
	20 %	3250	3500 (3600)	3600	4364	3250	3500 (3700)	3600	4182				
3	5 %	5722	5400 (5700)	5800	7024	5722	5400 (5800)	5800	6732				
	10 %	5550	5300 (5500)	5450	6857	5550	5300 (5600)	5550	6571				
	20 %	5200	5000 (5200)	5100	6545	5200	5000 (5300)	5400	6273				
4	5 %	7691	7400 (7800)	-	9366	7691	7400 (8000)	-	8976				
	10 %	7500	7200 (7600)	-	9143	7500	7200 (7800)	-	8762				
	20 %	7200	6800 (7100)	-	8727	7200	6800 (7300)	-	8364				

* Die Kapazitätsangaben der USA beziehen sich hier auf ein 15-min-Intervall ohne Reduktion aufgrund verminderter Fahrstreifenbreite oder eingeschränktem Lichtraum

Vergleich der Kapazitäten hinsichtlich Methode und Betrachtungsgebiet (A, D)

Quelle:

https://verlag.fgsv-datenbanken.de/media/upload/tagungsbaende/FGSV_002_116/FGSV_002_116-157.pdf, Zugriff am 09.07.2025, Seite 13 u. 15

Kernaussagen | Zahlen

Tabelle 1: Ermittelte Kapazitäten für Messquerschnitte auf der A2 Fahrtrichtung Wien und der A99 Fahrtrichtung Stuttgart inkl. Vergleich mit den Richtlinien (RVS bzw. HBS)

Messquer-schnitte	FS [-]	SV [%]	C RVS / HBS [Kfz/h]	Kapazität auf Basis Fundamentaldiagramm [Kfz/h]						Erwartungswert der Kapazitätsverteilung [Kfz/h]						
				1min 4707	vs. C -18%	4343 4199	-25%	4189 4168	-27%	4063 4149	-30%	5156 5931	-11%	4513 5157	-22%	
A2 bei Wien - Fahrtrichtung 2 Wien	001,555	3	3.6	5768	4707	-18%	4343	-25%	4189	-27%	4063	-30%	5156	-11%	4513	-22%
	002,360	2	7.3	3676	4199	14%	4168	13%	4149	13%	4394	20%	5931	61%	5157	40%
	002,960	3	7.3	5647	6100	8%	5660	0%	5918	5%	5762	2%	11966	>1	7350	30%
	003,160	2	7.7	3664	4434	21%	4383	20%	4370	19%	4351	19%	4780	30%	4464	22%
	005,178	4	8.1	7588	7846	3%	7732	2%	7732	2%	7790	3%	9576	26%	8699	15%
	006,525	4	10.6	7506	8504	13%	8154	9%	8327	11%	8190	9%	12729	70%	10194	36%
	007,496	4	8.3	7583	7545	-1%	7700	2%	7530	-1%	7454	-2%	12177	61%	10001	32%
	007,621	4	8.4	7577	8437	11%	8341	10%	8298	10%	8125	7%	11107	47%	9528	26%
	008,600	4	6.7	7634	8046	5%	8201	7%	8275	6%	7880	3%	13849	81%	10098	32%
	009,685	4	6.7	7636	7851	3%	7913	4%	8006	5%	7777	2%	17437	>1	10988	44%
A99 München - Fahrtrichtung Stuttgart	532-Stg	3	9.6	5513	4877	-12%	4554	-17%	4458	-19%	4872	-12%	5611	2%	5227	-5%
	540-Stg	3	9.5	5516	4888	-11%	4661	-15%	4528	-18%	4584	-17%	7474	35%	5397	-2%
	560-Stg	3	8.3	5550	4665	-16%	4534	-18%	4519	-19%	4583	-17%	6264	13%	5121	-8%
	590-Stg	3+	15.8	6569	5366	-18%	5181	-21%	5189	-21%	5055	-23%	6606	1%	6621	1%
	640-Stg	3+	10.8	6770	4972	-27%	5279	-22%	5456	-19%	5190	-23%	8392	24%	7363	9%
	714-Stg	3+	12.7	6690	5452	-19%	5183	-23%	4921	-26%	4873	-27%	6081	-9%	5470	-18%
	730-Stg	3+	14.8	6609	5551	-16%	5738	-13%	5651	-14%	5650	-15%	6369	-4%	5549	-16%
	760-Stg	3+	13.9	6644	4821	-27%	4838	-27%	4890	-26%	4971	-25%	7474	12%	7287	10%
	780-Stg	4	16.2	7290	5821	-20%	5409	-26%	5538	-24%	5361	-26%	8475	16%	7748	6%
	800-Stg	2	17.7	3646	2571	-29%	2480	-32%	2319	-36%	2236	-39%	4050	11%	2988	-15%
	810-Stg	3	11.4	5459	3759	-31%	4021	-26%	3693	-32%	3690	-32%	8904	63%	4641	-15%

Tabelle 2: Mittlere Kapazitäten und Parameter verschiedener CR-Funktionen für diverse Streckentypen auf Autobahnen auf Basis der Auswertungen mit 5 min Intervallen (rote Werte in Klammer entsprechen den Standardangaben im Verkehrsmodell)

Gebiet	# Fahrstreifen	Geschwindigkeitsbegrenzung [km/h]	# Querschnitte	Freifahrtsgeschwindigkeit v ₀ [km/h]	Berechnete Kapazität C [Kfz/h]	Kapazität lt. Richtlinie [Kfz/h]	Parameter für CR-Funktionen				
							BPR ($\alpha=0,8$)	BPR ($\alpha=1,0$)	Conical-Spiess	Akcelik	
Wien A2,A4,A23,S1	2	80	13	90 (80)	4180 (3200)	3658	5,6	7,0 (8,5)	10,6	1,05	2,89
		100	12	99 (100)	3827 (3200)	3489	4,8	5,9 (7,3)	9,9	1,06	2,41
		130	2	122 (120)	3553 (3300)	3549	3,1	4,0 (3,9)	5,9	1,11	3,33
	3	80	4	86 (80)	4942 (5000)	5686	5,6	7,2 (5,0)	11,2	1,06	3,69
		100	2	109 (100)	4609 (5000)	5616	4,4	5,2 (5,0)	7,9	1,07	3,19
		130	3	121 (120)	4756 (5000)	5611	3,3	4,0 (4,3)	6,4	1,09	4,11
München A99	4	80	8	89 (80)	7841 (5600)	7676	7,4	8,6 (3,0)	12,1	1,05	4,31
		130	8	121 (120)	8146 (6000)	7628	4,6	6,1 (3,0)	8,5	1,07	4,96
		2	-	2	124	2790	3,703	3,0	4,2	1,21	3,78
	3+	3	-	11	125	4712	5498	3,8	5,2	6,9	1,09
		3+ (TSF)	-	11	130	5309	6673	2,7	3,4	4,6	1,17
		3+ inaktiv	-	11	131	5155	5394	2,6	3,2	4,4	1,17
	3+ aktiv	100	10	114	5567	7464	8,2	9,5	12,8	1,06	2,71
	4	-	2	126	4641	7413	1,8	2,3	3,0	1,36	6,31

Kapazität von Arbeitsstellen auf Autobahnen

Quelle:

<https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/5502/file/diss.pdf>, Zugriff am 18.07.2025, Seite 25, 40

Kernaussagen | Zahlen

	Reduktionsfaktor	Kapazität C_{PE} [Pkw-E/h/FS]	
		$b_{FS,Lkw} \geq 3,25 \text{ m}$ oder $b_{FS,Pkw} \geq 2,75 \text{ m}$	$b_{FS,Lkw} < 3,25 \text{ m}$ oder $b_{FS,Pkw} < 2,75 \text{ m}$
Grundwerte der Kapazität in Abhängigkeit von der Fahrstreifenbreite	1,0	1830	1720
Reduzierung der Kapazität durch:			
ÜL oder RFS	0,95	1740	1630
ÜL und RFS	0,95 · 0,95	1650	1550
OU	0,9	1640	1550
OU und ÜL / OU und RFS	0,9 · 0,95	1560	1470
OU und ÜL und RFS	0,9 · 0,95 · 0,95	1480	1400
ÜL: Überleitung auf die Gegenfahrbahn			
RFS: Reduktion der Anzahl der Fahrstreifen vor der Baustelle			
OU: Ortsunkundige, d. h. der geschätzte Anteil des berufsbedingten Verkehrs liegt unter 50 %			

Tab. 3-2: Richtwerte für die Ermittlung der Kapazität C_{PE} eines Fahrstreifens an Arbeitsstellen (BMVBS, 2011b)

S_{Diff} [Pkw-E/h/FS]	Verkehrliche Auswirkungen	Maßnahmen
≤ -100	keine Verkehrsbehinderung	Maßnahmen nicht unbedingt erforderlich
> -100 ≤ 200	geringe Verkehrsbehinderung	Medien-Information
> 200	starke Verkehrsbehinderung	alternative Ausführungsvarianten prüfen und darstellen, Medien-Information

Tab. 3-3: Beurteilung der Größe S_{Diff} hinsichtlich der verkehrlichen Auswirkung einer Arbeitsstelle (BMVBS, 2011b)

Literaturquelle	Grenzwerte in Kfz/h			Bemerkungen zu Auswertemethodik und Untersuchungskollektiv
	einstufig	zweistufig	dreistufig	
Arbeitsstellen längerer Dauer				
HOFFMANN et al. (1981)		3000-4000		Werte aus q-v-Diagramm geschätzt; VF 3+1
SCHMUCK, BECKER (1984)		2000-2900		Werte aus Trendextrapolationen; VF 3+1 und 4+0
WEINSPACH (1988)		2700		keine Angabe zur Methodik
RESSEL (1994)	1175-1460	2380-3190		berechnete Kapazitätswerte aus gemessenen Bruttozeitlücken; abhängig von Verkehrsführung und SV-Anteil
BMV (1995), RSA	1500	3000		durchschnittlicher Lkw-Anteil, geringe Längsneigung
SCHÖNBORN, SCHULTE (2012)		3100-5500		maximale Verkehrsstärken; abhängig vom SV-Anteil
BMV (1996), RBAP	1400-1830			aus Abminderungsfaktoren in Pkw-E/h/FS, differenziert nach Verkehrsführung und Ortskundigkeit
OBER-SUNDERMEIER (2003)	1070-1484	2316-3436	4618	mittlere Verkehrsstärken im Stau; abhängig von VF, SV-Anteil, Längsneigung und Fahrerkollektiv
BRILON et al. (2006)			5950-6350	Medianwerte aus stochastischer Kapazitätsanalyse, ohne Fahrstreifenreduktion
SÜMMERMANN (2012)		2500-3700		Werte nach VAN AERDE-Modell, differenziert nach SV-Anteil, Verkehrsführung und Längsneigung
Arbeitsstellen kürzerer Dauer				
STÖCKERT, KLOTZ (1999)	870-1830			aus Abminderungsfaktoren; abhängig von FS-Reduktion und Verschwenkung
OBER-SUNDERMEIER (2003)	1187-1820	2692-3606		mittlere Verkehrsstärken im Stau, VF 2n+1 bzw. 3n+2
NORKAUER (2004)	1500-1820	2760		zweistufig mit Seitenstreifenmitbenutzung

Tab. 3-9: Zusammenstellung von Kapazitätswerten für Arbeitsstellen aus verschiedenen deutschen Literaturquellen

Literaturquelle	Grenzwerte in Kfz/h			Bemerkungen zu Auswertemethodik und Untersuchungskollektiv
	einstufig	zweistufig	dreistufig	
Arbeitsstellen längerer Dauer				
MATHEWS (1984, GB)	1720-1900			Werle in Pkw-E/h/FS; SV-Anteil von 15-20 %
	1540-1650			VF 2+0 bei SV 15 % (GB)
	1540			VF 2+1 bei SV 15 % (GB)
		3280		VF 3+2 bei SV 15 % (GB)
		2980		VF 5+0 bei SV 15 % (GB)
OECD (1990)	1340			VF 2+1 (USA)
		2980		VF 3+2 (USA)
	1100			VF 2+1 (D und CH)
		2400		VF 3+2 (D und CH)
		2650		VF 5+0 (D und CH)
RÜTISHÄUSER et al. (1994, CH)	1600			Schätzung aus Fundamentaldiagramm
JIANG (1999, USA)	1521-1688			Werle in Pkw-E/h; VF 3+0 und 2+1
TRB (2000, USA), HCM	1550-1860			
MAZE et al. (2000, USA)	1400-1600			
AL-KAISY und HALL (2001, USA)	1853-2252			
YOUSIF (2002, GB)	2250			Werle in Pkw-E/h/FS; 1 Lkw entspricht 2 Pkw
HCM (2010, USA)	1350-1500			gemittelte Werle aus einer Reihe von Untersuchungen aus verschiedenen US-Staaten
YEOM et al. (2015, USA)	1145-2139			Werle in Pkw-E/h/FS
RIJKSWATERSTAAT (2015, NL)	1300-1500	3000-3600 (2600-3400)	4300-4500	SV-Anteil: 15 %, Klammerwerte bei versetztem Fahren
GREIBE und KJEMTRUP (2016, DK)	1600-2000	3000-4000	4500-6000	Werle in Pkw-E/h
STRÖMGREN und OLSTAM (2016, SE)		3650	5150	Werle in Pkw-E/h
Arbeitsstellen kürzerer Dauer				
KRAMMES und LOPEZ (1994, USA)	1600			
SARASUA et al. (2004, USA)	1460			
TRB (2010, USA), HCM	1600			Grundkapazität; Abminderung nach Gleichung (3-17)
RIJKSWATERSTAAT (2015, NL)	1000-1200			SV-Anteil: 15 %
GREIBE und KJEMTRUP (2016, DK)	1225-1675	2875-3375		Werle in Pkw-E/h

Tab. 3-10: Zusammenstellung von Kapazitätswerten für Arbeitsstellen aus verschiedenen internationalen Literaturquellen

8.1.5 Weitere Rechercheergebnisse zur maximalen Leistungsfähigkeit

Titel (Herausgeber, Datum)	Region Land	Kernaussagen Zahlen	Quelle
Fachliche Stellungnahme zur Anhebung des Tempolimits auf 140 km/h auf Österreichs Autobahnen Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang J. BERGER (BOKU, Department für Raum, Landschaft und Infra-struktur Institut für Verkehrswesen) Februar 2019	Österreich	<i>Die maximale Kapazität eines Fahrstreifens auf österreichischen Autobahnen liegt bei etwa 2.000 Fahrzeugen pro Stunde pro Fahrstreifen bei einer Verkehrsdichte von 25–30 Fahrzeuge pro Kilometer und bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von etwa 65–80 km/h.</i>	https://boku.ac.at/fileadmin/da/H03000/H85000/H85600/News/Tempo140_Argumente1.pdf , Zugriff am 07.07.2025
Das universelle Staugesetz der Straße ÖAMTC auto touring Juni 2015	Österreich	<i>Die Kapazität einer Straße liegt bei 1.500 bis 2.500 Fahrzeugen pro Stunde und Fahrstreifen, wenn sich die Fahrzeuge mit einer Geschwindigkeit von 80–100 km/h bewegen.</i>	https://www.oeamtc.at/autotouring/club/das-universelle-staugesetz-der-strasse-8745298 , Zugriff am 07.07.2025
Wie entsteht Stau? ASFINAG Blog Mai 2024	Österreich	<i>Statische Staufaktoren: Hier ist es primär die Kapazität der Straße. Diese liegt durchschnittlich bei 1.500 bis 2.500 Fahrzeugen pro Stunde und Spur. So lässt sich simpel berechnen, wo die Grenze eines Streckenabschnitts liegt. Diese Kapazität verringert sich zusätzlich durch variable und punktuelle Staufaktoren.</i>	https://blog.asfinag.at/auf-der-autobahn/wie-entsteht-stau/ , Zugriff am 10.07.2025
Viele Baustellen, ein Ziel: mehr Sicherheit, bessere Verfügbarkeit ASFINAG Blog April 2025	Österreich	<i>Selbstverständlich führt auch ein starker Verkehr, etwa in der Ferienzeit oder in Ballungsräumen, zu Staus und Behinderungen. Hier stoßen wir auf Kapazitätsgrenzen unserer Straßen. Eine Fahrspur kann im Normalfall bis zu 1.500 Fahrzeuge in der Stunde fassen. Kommt es zu einem größeren Ansturm, staut es. Es gibt bestehende Strecken, die bereits zu gewissen Zeiten hoch ausgelastet sind, müssen wir hier sanieren, ist Staubildung nicht zu vermeiden.</i>	https://blog.asfinag.at/auf-der-autobahn/viele-baustellen-ein-ziel/ , Zugriff am 14.07.2025

Capacity Analysis

Dr Neeraj Saxena, Senior Professional Leader, Australian Road Research Board (ARRB)

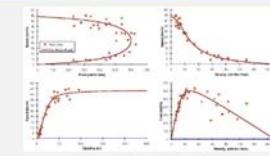
Australien

Single-lane Roads

Peak Flow Capacity (using Greenshields Model)

$$C = \frac{v_f \cdot k_f}{4}$$

See Section 4.1,
Austroads (2020)



Source: Rakha and Gao (2010)

- Varies between 1000 and 4800 pc/h/ln, mostly within 1500 to 2400 pc/h/ln
- Capacity reduction due to presence of heavy vehicles

$$C = 1800 \cdot f_W \cdot f_{HV}$$

Freeways

See Section 4.1
Austroads (2020)



- Divided road with two or more lanes per direction with no grade intersections and full access control

Criteria	A	B	C	D	E
FFR = 120 km/h					
Maximum density (pc/km/m)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	100.0	120.0	114.8	98.8	87.7
Maximum (v/c)	0.35	0.55	0.77	0.90	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	640	1020	1840	2200	2400
FFR = 100 km/h					
Maximum density (pc/km/m)	2	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	110.0	110.0	108.5	107.2	83.9
Maximum (v/c)	0.33	0.51	0.74	0.91	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	770	1250	1760	2185	2300
FFR = 90 km/h					
Maximum density (pc/km/m)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	100.0	100.0	100.0	98.8	82.1
Maximum (v/c)	0.30	0.46	0.70	0.98	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	700	1100	1600	2005	2200

Source: Austroads (2020)

As per VicRoads (2013):

- At 100 km/h free-flow speed,
- 15% reduction in capacity when traffic comprises 10% HV
 - Maximum flow can be maintained through ramp metering

11

8.2 Grundlagen >Optimierung der Verkehrsleitung<

Die vorliegende Recherche umfasst internationale Studien und Pilotprojekte zur Verkehrsleitung, Beschilderung und verhaltenswirksamen Kommunikation in und vor Autobahn-Verflechtungsbereichen, insbesondere im Kontext temporärer Engstellen durch Baustellen. Untersucht wurden wissenschaftliche Arbeiten und praktische Anwendungen zu dynamischen Merge-Systemen, geschwindigkeitssteuernden Maßnahmen, Bodenmarkierungen, visueller Fahrleitung sowie innovativen Technologien wie vernetzte Fahrzeuge (CAV).

Titel (Autoren, Datum, Land)	Kernaussagen	Quelle
<p>Siriwardene et al. (2025), Australia – “An observational study of understanding the factors influencing merging behaviour in work zones”</p>	<p>Dieses Paper untersuchte das Verschmelzenverhalten von Fahrern in Arbeitszonen mit zwei Arten von Spurperrungen (SLC und FLC) in Bezug auf ihre Zusammenlegungsstandorte, Geschwindigkeiten während der Fusion und Beschleunigungs-/Absperrungsraten bei der Fusion. Die Verwendung von Beobachtungsdaten aus realen Arbeitszonen beim Verständnis des Zusammenföhrens Verhaltens und die Untersuchung des Verhaltens durch die Unterscheidung zwischen SLC- und FLC-Lansensschließtypen kennzeichnen die wichtigsten Beiträge dieses Papiers. Die Ergebnisse zeigten, dass das Verschmelzen des Verhaltens zwischen den SLC- und FLC-Typen der Spurperrung in Arbeitszonen deutlich variierte. In einem SLC-Setup fusionierten die meisten Fahrzeuge näher am Taper-Ende, während die meisten Fahrzeuge in einem FLC-Setup weit vor dem Taper-Start zur Durchgangsspur verschmolzen. Verkehrs- und Fahrzeugmerkmale, wie Fahrzeugtyp, Fahrzeugtyp vor dem Zusammenbaufahrzeug, die Lücke zwischen dem Zusammenbaufahrzeug und dem Zielspurlag-Fahrzeug, dem Verkehrsaufkommen, der Anteil der schweren Fahrzeuge und die Reihenfolge eines fusionierenden Fahrzeugs in einem Zug beeinflussten das Zusammenführen des Fahrers über beide Arten von Standorten. Die Wahrscheinlichkeit, spät zu verschmelzen (d.h. in der Nähe des Verjüngungsgrades) war in einem SLC-Setup für schwere Fahrzeuge niedriger als leichte Fahrzeuge und beim Folgen eines schweren oder leichten Fahrzeugs im Vergleich zu nichts. Bei einem FLC-Setup war die Wahrscheinlichkeit, früh zu verschmelzen (d. h. im Vorab-Warnbereich) für schwere Fahrzeuge niedriger als leichte Fahrzeuge, aber höher, wenn man einem schweren Fahrzeug folgt und niedriger ist, wenn man einem leichten Fahrzeug folgt, im Vergleich zu keinem Fahrzeug. Schwere Fahrzeuge verschmolzen auch bei höheren Geschwindigkeiten mit geringerer Geschwindigkeitsschwankungen in einem SLC-Setup als leichte Fahrzeuge. Die Auswirkungen des Verkehrsaufkommens auf die Verschmelzung von Standort und Verschmelzungsgeschwindigkeit waren in SLC- und FLC-Setups unterschiedlich. Mit einem Anstieg des Verkehrsaufkommens im SLC-Setup waren die Verschmelzungsgeschwindigkeit und die</p>	<p>https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847824003693?via%3Dihub, Zugriff am 17.07.2025</p>

	<p>Wahrscheinlichkeit, im Taper-Endbereich zu verschmelzen, höher, während dies für die Zusammenlegung der Fahrzeuggeschwindigkeit im Vorabwarcbereich in einem FLC-Setup galt.</p> <p>Die neuen Erkenntnisse, die in dieser Studie hinsichtlich des Verschmelzensverhaltens und deren Faktoren für SLC- und FLC-Setups erzielt wurden, deuten darauf hin, dass Spurschließungskonfigurationen und Verkehrsfaktoren das schlüsselfertige Verhalten der Fahrer in Arbeitszonen erheblich beeinflussen. Neben dem Verkehrsaufkommen sollten fahrverschmelzendes Verhalten, Zusammenführen von Standorten und deren Faktoren in zukünftigen Arbeitszonen berücksichtigt werden, bevor die Umsetzung von Strategien zur Verbesserung der Sicherheit und Effizienzergbnisse umgesetzt werden kann. Die Studienergebnisse haben auch erhebliche Auswirkungen auf die realistische numerische Simulation des Verkehrs in Arbeitszonen mit SLC- und FLC-Setups.</p>	
<p>Kim et al. (2024), Korea– “PID-Based Freeway Work Zone Merge Control with Traffic State Prediction under Mixed Traffic Flow of Connected Automated Vehicles and Manual Vehicles”</p>	<p>Aktuelle Merge-Strategien (Einfädelstrategien) für Baustellen sind nicht in der Lage, dynamisch den geeigneten Einfäelpunkt sowie die optimale Anzahl an Fahrzeugen zu bestimmen, die einfädeln sollten. Diese Studie entwickelt daher eine Steuerungsstrategie für das Einfädeln in Baustellenbereichen, die dynamisch bestimmt, wie viele Fahrzeuge in jedem Abschnitt vor der Baustelle einfädeln sollen. Dabei kommen kurzfristige Verkehrsflussprognosen und eine PID-Regelung zum Einsatz.</p> <p>Die Verkehrszustandsprognose mit Hilfe von GRU-Modellen (Gated Recurrent Units) zeigte eine hohe Genauigkeit – selbst unter komplexen Bedingungen, die vom Verkehrsfluss in benachbarten Abschnitten und Fahrstreifen beeinflusst werden. Das Prognosemodell wurde auf mehrere Abschnitte vor der Baustelle angewandt und bestimmte, ob das Einfädeln in offene Fahrstreifen erlaubt werden kann, indem die prognostizierte Verkehrsdichte mit einem Schwellenwert verglichen wurde, ab dem schwere Staus entstehen.</p> <p>Da Fahrzeuge in einer Baustellensituation nur durch offene Fahrstreifen fahren können, ist es entscheidend, dort schwere Staus zu vermeiden. Deshalb umfasst die vorgeschlagene Merge-Steuerung für jeden Abschnitt eine PID-Regelung, mit dem Ziel, den Durchfluss (Kapazität) zu maximieren. Während die „Merge“-Strategie aktiv ist, verhindert die PID-Regelung ein übermäßiges Einfädeln. Zudem wird der Fehler der Regelung überwacht, um sicherzustellen, dass die Dichte in den offenen Fahrstreifen den Stauschwellwert nicht überschreitet.</p> <p>In einer VISSIM-Mikrosimulation wurde die vorgeschlagene Merge-Steuerung in einem kalibrierten, realitätsnahen Netzwerk umgesetzt, das eine echte Baustellensituation mit einer Reduktion von vier auf drei Fahrstreifen abbildet. Diese Steuerung wurde mit einer konventionellen Merge-Strategie verglichen, die eine Kombination aus Early Merge und Late Merge auf Basis von Belegungsgraden dynamisch umsetzt.</p>	<p>https://www.researchgate.net/publication/382089623_PID-Based_Freeway_Work_Zone_Merge_Control_with_Traffic_State_Prediction_under_Mixed_Traffic_Flow_of_Connected_Automated_Vehicles_and_Manual_Vehicles, Zugriff am 17.07.2025</p>

	<p>Obwohl die herkömmliche Merge-Steuerung den Verkehrsfluss leicht verbesserte, konnte sie nicht präzise die optimale Anzahl an einfädelnden Fahrzeugen bestimmen oder spezifische Einfädelpositionen zuweisen. Die vorgeschlagene Strategie hingegen verteilte die Einfädelmanöver auf vorgelagerte Abschnitte, was zu einer höheren Einfädelgeschwindigkeit und weniger Konflikten führte – ohne Nachteile für manuelle Fahrzeuge (MVs). Gleichzeitig blieb die Dichte auf den offenen Fahrstreifen unter dem kritischen Schwellenwert, sodass schwere Staus vermieden wurden.</p> <p>Darüber hinaus zeigte die Analyse unterschiedlicher Anteile von CAVs (Connected Automated Vehicles), dass die vorgeschlagene Merge-Steuerung eine vielversprechende Strategie für die Verkehrsführung in Baustellen ist, wenn CAVs eingesetzt werden. Je höher der CAV-Anteil, desto größer waren die Verbesserungen bei Reisezeit, Durchsatz am Engpass und Anzahl der Konflikte.</p> <p>Einschränkungen: Die vorgeschlagene Steuerung gibt nur Einfädelhinweise für CAVs und greift nicht bei manuell gesteuerten Fahrzeugen (MVs) ein, die keine Konnektivität aufweisen. MVs könnten die Hinweise über dynamische Verkehrstafeln oder Navigationssysteme erhalten, jedoch könnten Probleme mit der Akzeptanz auftreten. Wenn MVs mit WAVE oder LTE vollständig vernetzt sind und die Akzeptanz steigt, wäre die vorgeschlagene Steuerung sofort einsetzbar. Zudem könnte bei Bekanntheit der Akzeptanzrate eine noch umfassendere Einfädelstrategie entwickelt werden, die besser an die Umgebungsbedingungen angepasst ist.</p> <p>Auch der in dieser Studie verwendete Dichteschwellenwert bietet Potenzial für weitere Forschung. Obwohl viele Forschungen über Übergangszustände und deren Merkmale existieren, fehlt bislang eine systematische Methode zur Bestimmung dieser Schwellenwerte. Zukünftige Forschung könnte sich darauf konzentrieren, wie ortsbezogene Dichteschwellen in vernetzten Verkehrsumgebungen bestimmt werden können.</p>	
Duan et al. (2022), China – “Research on work zone vehicle queuing behavior based on cellular automata”	<p>Während Straßenbauarbeiten führen Spurensperrungen zu einer deutlichen Verringerung der Straßenkapazität und beeinträchtigen die Verkehrssicherheit in den vorausliegenden Abschnitten erheblich. Diese Studie stellt eine Einfädelsteuerungsstrategie für Baustellen auf Autobahnen vor, die darauf abzielt, schwere Staus zu verringern und den Verkehrsfluss in einem Umfeld zu verbessern, in dem manuelle Fahrzeuge (MVs) und vernetzte automatisierte Fahrzeuge (CAVs) gemeinsam unterwegs sind.</p> <p>Durch die Kombination eines kurzfristigen Vorhersagemodells mit einem Proportional-Integral-Derivat (PID)-Regler passt diese Strategie das Einfädelverhalten dynamisch an die aktuellen Verkehrsbedingungen an. Der PID-Regler berechnet die Fehlerwerte als Differenz zwischen dem aktuellen und dem Zielzustand und steuert die Reaktion anhand proportionaler, integraler und differenzierlicher Anteile. Die Verkehrszustandsvorhersagen, basierend auf der Dichte der offenen Fahrspuren in jedem Segment, steuern die Entscheidung des Reglers, eine „Einfädel“- oder „Nicht</p>	https://www.researchgate.net/publication/362429951_Research_on_work_zone_vehicle_queuing_behavior_based_on_cellular_automata , Zugriff am 17.07.2025

	<p><i>Einfädel</i>-Anweisung zu geben.</p> <p>Wenn das <i>Einfädeln</i> notwendig ist, schätzt der Regler die optimale Anzahl von Fahrzeugen, die in jedem Segment einfädeln sollen, wobei er als Referenzpunkt eine Schwelle für schwere Staus verwendet. Dieser Ansatz wurde mittels mikroskopischer Simulation auf einem kalibrierten, realen Verkehrsnetz unter gemischten Verkehrsbedingungen getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die vorgeschlagene Strategie das <i>Einfädeln im Vorfeld effektiv verteilt, die Einfädelgeschwindigkeit erhöht und die Spurdichte unter kritischen Stauwerten hält, wodurch die Betriebseffizienz und Sicherheit in Baustellenbereichen verbessert werden.</i></p>	
<p>Iowa DOT (2000), USA – „Evaluation of Work Zone Speed Reduction Measures“</p>	<p>Zentrale Erkenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geschwindigkeitsreduktionen von 7–13 mph durch den Einsatz von Flaggers (Einweisern) und Polizeipräsenz in Baustellenbereichen - Polizeikontrollen gelten als am effektivsten - Einsatz ist jedoch kosten- und personalintensiv - Technologien wie Drohnenradar, CMS, Foto-Radar als mögliche Alternativen - Kombination mehrerer Maßnahmen ist am wirksamsten - In einer Umfrage unter US-Bundesstaaten: Polizei-Einsatz wird von 70 % als sehr effektiv eingeschätzt, reguläre Tempolimitschilder nur von 7 % 	<p>https://publications.iowa.gov/21265/1/IADOT_CTRE_99_44_Evaluation_Work_Zone_Speed_Reduction_Measure_2000.pdf?utm_medium=Zugriff am 17.07.2025</p>
<p>Center for Transportation Research and Education (2008), USA – „Traffic Management Strategies for Merge Areas in Rural Interstate Work Zones“</p>	<p>Zur Datenerhebung wurden in einer Baustelle auf der Interstate 80 in Iowa Verkehrsdaten mit speziellen Anhängern gesammelt. Diese Anhänger, die im Rahmen des Projekts gebaut wurden, sind gemeinsames Eigentum des Iowa DOT und des Center for Transportation Research and Education. Sie verfügen über einen pneumatischen Mast, der Kameras 9 Meter über der Fahrbahn anhebt, um Videoaufnahmen des Verkehrs zu erstellen. Die Videos werden anschließend mittels Bildverarbeitungstechnologie in Verkehrsflussdaten umgewandelt.</p> <p>Mit Hilfe dieser Anhänger wurden an einer Baustelle auf der Interstate 80, an der zwei Fahrstreifen auf einen reduziert werden, Verkehrsdaten erhoben. Die Analyse dieser Daten ergab eine geschätzte Kapazität der Baustellenfahrstreifensperrung von 1.374 bis 1.630 Pkw-Äquivalenten pro Stunde.</p> <p>Der begleitende Bericht dokumentiert die Entwicklung eines Simulationsmodells für Baustellen mit einer Animationsoberfläche. Das Simulationsmodell bietet eine Plattform zur Analyse des Verkehrsverhaltens im Verflechtungsbereich und zur Untersuchung von Verzögerungen bei unterschiedlicher Verkehrs nachfrage.</p>	<p>https://publications.iowa.gov/21265/1/IADOT_CTRE_99_44_Evaluation_Work_Zone_Speed_Reduction_Measure_2000.pdf?utm_medium=Zugriff am 17.07.2025</p>

Han et al. (2023), China – „Multilane free-way merging control via trajectory optimization in a mixed traffic environment“

Die Zusammenführung von Fahrstreifen auf Autobahnen – insbesondere im Bereich von Einfahrten (Verflechtungsbereiche) – kann zu erheblichen wiederkehrenden und nicht-wiederkehrenden Staus führen, da Fahrzeuge zu seitlichen Konflikten gezwungen werden. **Vernetzte und automatisierte Fahrzeuge (CAVs)** verfügen über Fähigkeiten zur Echtzeitkommunikation und präzisen Trajektoriensteuerung und bieten daher großes Potenzial zur Vermeidung oder Abschwächung solcher kritischen Konflikte in Einfädelungsbereichen.

Allerdings kann die Leistungsfähigkeit von CAVs im **Mischverkehr** (also gemischter Verkehr mit CAVs und menschlich gesteuerten Fahrzeugen – HDVs) beeinträchtigt werden – etwa durch eine ungleichmäßige Spurflächennutzung oder nicht-kooperatives Verhalten von HDVs.

Diese Studie stellt einen **neuartigen, zweistufigen hierarchischen Verkehrssteuerungsrahmen** für mehrspurige Einfädelbereiche unter Mischverkehrsbedingungen vor. Dabei geht das Modell davon aus, dass die Reihenfolge der Zusammenführung auf höherer Steuerungsebene bestimmt wird, während die untere Ebene für die konkrete Umsetzung zuständig ist.

Die untere Steuerungsebene enthält drei Komponenten:

1. **Spurwechsel-Optimierung für CAVs:** Um sowohl die Spurflächennutzung im Hauptverkehr zu balancieren als auch ausreichend Platz für Fahrzeuge von der Auffahrt zu schaffen, werden bestimmte Hauptfahrbahn-CAVs frühzeitig zu Spurwechseln angeregt.
2. **Kooperative Einfädelkontrolle für CAVs:** Diese koordiniert die Längsbewegungen (Bremsen/Beschleunigen) von CAVs auf Haupt- und Auffahrt, wobei auch das Verhalten von HDVs berücksichtigt wird.
3. **Menschähnliches Einfädelverhalten für HDVs:** Kombiniert wird hier das **Gipps-Car-Following-Modell** mit heuristischen Steuerungen zur Simulation realistischer menschlicher Fahrmanöver.

Der Algorithmus wurde in einem typischen zweispurigen Autobahnverflechtungsbereich getestet – unter variierenden Bedingungen wie Verkehrsaufkommen, Aufteilung des Verkehrsflusses und CAV-Durchdringungsraten (Penetration Rate, PR).

Die **Simulationsergebnisse zeigen**, dass der vorgeschlagene Steuerungsansatz effektive Einfädelmanöver ermöglicht, die **Gesamtfahrzeit (Total Travel Time, TTT)** signifikant reduziert und die **durchschnittliche Reisegeschwindigkeit (Average Travel Speed, ATS)** im Vergleich zu anderen Steuerungsstrategien deutlich erhöht.

Insbesondere im Vergleich zu einer rein kooperativen Einfädelsteuerung kann der vorgeschlagene Algorithmus:

<https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/itr2.12382>, Zugriff am 17.07.2025

	<ul style="list-style-type: none"> • die TTT um 25,5 % senken • die ATS um 33,38 % steigern <p>Mit zunehmender CAV-Durchdringung steigt die Wirksamkeit des vorgeschlagenen Steuerungssystems weiter an.</p>	
Jiao et al. (2024) , China – „Empirical Studies on Merging Characteristics in Temporary Highway Work Zones with Different Traffic States and Layouts“	<p>Diese Studie liefert eine empirische Analyse des Einfädelverhaltens von Fahrzeugen in temporären Autobahnbaustellen basierend auf Fahrzeugtrajektorien. Zunächst wurden mit Drohnen (UAVs) Videos über Autobahnbaustellen aufgenommen. Es wurden zehn Standorte sowie drei Typen von Baustellenlayouts berücksichtigt. Mithilfe eines neu entwickelten Frameworks zur Trajektorienextraktion namens OpenVTER wurden die Rohvideos in Fahrzeugtrajektorien umgewandelt und daraus der sogenannte "wzone dataset" erstellt.</p> <p>Für die Analyse wurden acht verschiedene Baustellenstandorte ausgewählt und in drei Szenarien unterteilt. Neben dem Standardszenario mit drei Fahrstreifen wurden zwei weitere Varianten untersucht: eine mit durchgezogenen weißen Linien und eine mit reduzierter Anzahl an Fahrstreifen.</p> <p>Zuerst wurde das Einfädelverhalten bei unterschiedlichen Verkehrsbelastungen im ersten Szenario analysiert.</p> <p>Bei leichtem Verkehr lag die häufigste Position für den Spurwechsel etwa 300 m vor dem Verflechtungsbereich (Taper), was bedeutet, dass viele Fahrer:innen frühzeitig vor der Baustelle einfädeln.</p> <p>Bei hohem Verkehrsaufkommen zeigte sich ein entgegengesetzter Trend: Das Einfädeln erfolgte deutlich später. Die Ergebnisse zu Lückenverhalten und Einfädelgeschwindigkeit stimmten mit früheren Studien überein.</p> <p>Unter leichtem Verkehr nahm die durchschnittliche Geschwindigkeit von innen (Merge Lane) nach außen ab; bei starkem Verkehr wurde das gegenteilige Muster beobachtet.</p> <p>Im zweiten Teil der Untersuchung wurde das Standardszenario mit den beiden Alternativen verglichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Ersetzung der gestrichelten durch durchgezogene Linien rückte der Einfädepunkt nicht weiter nach vorne. • Bei Reduktion auf zwei Fahrstreifen nahm hingegen der Anteil an frühzeitigen Einfädelmanövern zu. <p>Der entscheidende Unterschied lag in der Verteilung der Fahrstreifengeschwindigkeiten und den Auswirkungen auf die nachfolgenden Fahrzeuge. Im Zwei-Spur-Szenario sank die Geschwindigkeit der Nachfolgenden am stärksten. Die Geschwindigkeitsreduktion und die Endgeschwindigkeit</p>	https://www.mdpi.com/1999-4893/17/10/450?utm.com , Zugriff am 17.07.2025

	<p>digkeit der einfahrenden Fahrzeuge waren nahezu linear verteilt.</p> <p>Diese Studie liefert somit einen hochauflösenden Datensatz zu temporären Autobahnbaustellen und bietet fundierte empirische Erkenntnisse zum Einfädelverhalten unter verschiedenen Bedingungen. Die Ergebnisse zeigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dynamische Spurmanagement-Strategien (z.B. Früh- vs. Späteinfädelung) lassen sich je nach Verkehrslage optimieren, um Staus zu reduzieren. • Flexiblere Spurwechselmöglichkeiten sind oft effektiver als starre Spurvorgaben. • Die Auswirkungen des Einfädelns auf nachfolgende Fahrzeuge sind zentral für die Verkehrssicherheit. Klare Empfehlungen zur Einfädelposition können plötzliche Bremsmanöver vermeiden und das Unfallrisiko senken. <p>Einschränkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Datensatz basiert ausschließlich auf Baustellen derselben Autobahn, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse einschränken könnte. • Es könnte eine Verzerrung bei der Standortauswahl vorliegen, da bestimmte Baustellen (z.B. mit hohem Verkehrsaufkommen oder bestimmten Layouts) bevorzugt untersucht wurden. <p>Ausblick:</p> <p>Zukünftige Forschung sollte vielfältigere Baustellenszenarien aus verschiedenen geografischen Regionen und mit unterschiedlichen Straßentypen einbeziehen. Eine Erweiterung des Datensatzes sowie die Entwicklung prädiktiver Modelle für das Einfädelverhalten könnten das Verkehrsmanagement in Baustellenbereichen weiter verbessern.</p>	
<p>Iowa State University (2011), USA – „Behavior Study of Merge Practices for Drivers at Work Zone Closures“</p>	<p>Zentrale Erkenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmte Fahrverhalten wie „spätes Einfädeln“ (late merge), „Vordräängeln“ (queue jumping) und „Spurlinienüberschreiten“ (lane straddling) beeinträchtigen den Verkehrsfluss und führen zu Sicherheitsproblemen in Baustellenbereichen. • Diese Verhaltensweisen führen zu erzwungenen Einfädelvorgängen, Verzögerungen und aggressivem Fahrverhalten. • Das tatsächliche Unfallrisiko ist zwar nicht umfassend erfasst, aber solche Verhaltensweisen können zu gefährlichen Situationen führen. 	<p>https://www.intrans.iastate.edu/wp-content/uploads/2018/03/work_zone_merge_behaviors_w_cvr2.pdf?utm.com, Zugriff am 17.07.2025</p>

	<p>Empfohlene Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Einführung des „Late Merge“-Systems, bei dem Fahrer bis kurz vor der Engstelle beide Spuren nutzen und sich dann abwechselnd einfädeln. Das fördert Kooperation und reduziert Konflikte.</i> • <i>Anbringung von längsverlaufenden Rüttelstreifen entlang der Trennlinie zwischen den Spuren, um das Überschreiten der Linie zu verhindern und Vordrängeln zu erschweren.</i> • <i>Einsatz von quer verlaufenden Rüttelstreifen vor der Einfädelstelle, um späte Spurwechsel zu verringern (mit entsprechender Beschilderung).</i> • <i>Prüfung eines Spurwechsels auf der linken Spur statt der rechten, um die Anzahl der Einfädelvorgänge und aggressives Verhalten zu reduzieren.</i> • <i>Weitere Forschung und Evaluation der Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird empfohlen, da bisher nur begrenzte Erfahrungen vorliegen.</i> 	
<p>Oregon DOT (2013), USA – „Safe and Effective Speed Reductions for Freeway Work Zones“</p>	<p>Zentrale Erkenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der Durchschnittsgeschwindigkeit: Die Einführung der 35 mph Geschwindigkeitsanzeigetafeln führte zu einer signifikanten Verringerung der Durchschnittsgeschwindigkeit um ca. 4,2 mph (ca. 6,8 km/h) bei Pkw und 0,8 mph (ca. 1,3 km/h) bei Lkw. • Wirksamkeit von Radar-Geschwindigkeitsanzeigen: Radar-Geschwindigkeitsanzeigen, die den Fahrern ihre aktuelle Geschwindigkeit anzeigen, trugen ebenfalls zur Geschwindigkeitsreduktion bei. • Einfluss von PCMS: Mobile Wechselverkehrszeichen (PCMS) auf Rollwagen oder Anhängern wurden eingesetzt, um Verkehrsinformationen bereitzustellen und das Bewusstsein der Fahrer zu schärfen. • Unterschiede zwischen Pkw und Lkw: Pkw reagierten stärker auf die Geschwindigkeitsreduzierungsmaßnahmen als Lkw. <p>Empfehlungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von 35 mph Geschwindigkeitsanzeigetafeln: Die regelmäßige Platzierung dieser Tafeln entlang der Baustelle wird empfohlen, um die Geschwindigkeit der Fahrzeuge zu reduzieren. • Integration von Radar-Geschwindigkeitsanzeigen: Die Verwendung von Radar- 	<p>https://www.oregon.gov/ODO/T/Programs/ResearchDocuments/SPR769_HighSpeed_Final.pdf Zugriff am 17.07.2025</p>

	<p>Geschwindigkeitsanzeigen kann das Fahrverhalten positiv beeinflussen und sollte in zukünftigen Projekten berücksichtigt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimierung der Platzierung von PCMS: Die strategische Platzierung von PCMS kann dazu beitragen, die Aufmerksamkeit der Fahrer zu erhöhen und die Verkehrssicherheit zu verbessern. • Berücksichtigung von Fahrzeugtypen: Bei der Planung von Geschwindigkeitsreduzierungsmaßnahmen sollte der Unterschied im Verhalten zwischen Pkw und Lkw berücksichtigt werden. 	
Chennupati, S. & Shirke, A. (2023), USA – „Enhancing Work Zone Safety: Evaluating Static Merge Strategies Through Microscopic Traffic Simulation“	<p>Diese Studie untersuchte die Leistungsfähigkeit zweier statischer Merge-Strategien – Early Merge (EM) und Late Merge (LM) – bei einer 2-zu-1-Spurreduzierung in einer Autobahnbaustelle mittels der mikroskopischen Verkehrssimulation VISSIM. Die Simulationsergebnisse wurden verglichen, um die wichtigsten VISSIM-Parameter zu identifizieren, die den Durchsatz in der Baustelle beeinflussen.</p> <p>Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Parameter CC1 und CC2 des Car-Following-Modells einen stärkeren Einfluss auf den Durchsatz haben als der SDRF-Parameter aus dem Spurwechselmodell. Insbesondere führt eine Erhöhung der Werte von CC1 und CC2 in beiden Szenarien (EM und LM) zu einem geringeren Durchsatz im Baustellenbereich. Der SDRF-Parameter hat dagegen nur einen geringen Einfluss auf die Netzeleistung.</p> <p>Darüber hinaus legt die Studie nahe, dass Early Merge besser geeignet ist, wenn Fahrer aggressiv fahren und kurze Sicherheitsabstände einhalten (also niedrige CC1-Werte aufweisen). Late Merge ist hingegen effektiver, wenn Fahrer vorsichtig sind und größere Sicherheitsabstände einhalten (also höhere CC1-Werte aufweisen).</p>	https://opentransportationjournal.com/contents/volumes/V18/e18744478330254/e18744478330254.pdf , Zugriff am 17.07.2025
Wolshon, B., Ishak, S. & Idewu, W. (2012), USA – „Design of Lane Merges at Rural Freeway Construction Work Zones“	<p>Empfehlungen:</p> <p>Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten keinen signifikanten Unterschied bei der Abflussrate der Fahrzeuge im Übergangsbereich der Fahrstreifenreduzierung. Modifikationen einzelner Elemente, wie z.B. wiederholte Beschilderung im Verkehrsführungsplan des „Joint Merge“, könnten jedoch zu klareren Ergebnissen führen.</p> <p>Es wird empfohlen, das Schild „Both Lanes Merge“ (Beide Fahrstreifen fädeln ein) durch die Formulierung „Stay in Your Lane“ (Bleiben Sie in Ihrer Spur) zu ersetzen. Dies könnte Fahrer:innen dazu motivieren, in ihrer jeweiligen Spur zu bleiben, was den Verkehrsfluss ordnet und das teilweise beobachtete „Weben“ (Wechseln zwischen den Spuren) verringern könnte, das durch Unsicherheit ausgelöst wurde.</p>	https://www.ltrc.lsu.edu/pdf/2012/fr_484.pdf , Zugriff am 17.07.2025

	<p>Zudem sollte am experimentellen „Joint Merge“-Schild (siehe Abbildung 2 der Studie) ein ergänzender Text angebracht werden, etwa „Ahead“ (in Kürze) oder „1.000 ft.“, um die verbleibende Strecke bis zur Engstelle anzugeben. Das könnte Fahrer:innen ermutigen, ihre Spur bis zur Verjüngung beizubehalten. Diese Änderung an der Beschilderung wird für künftige Anwendungen empfohlen.</p> <p>Das Konzept des „Joint Merge“ wurde nicht durch begleitende Öffentlichkeitsarbeit oder Medienkampagnen kommuniziert. Um die Effizienz der Maßnahme zu steigern, wird vorgeschlagen, die Idee des „Joint Merge“ gezielter an Verkehrsteilnehmende zu kommunizieren, z.B. durch Informationstafeln, Broschüren oder digitale Kanäle.</p> <p>Im Vergleich zur herkömmlichen Merge-Konfiguration zeigte sich beim „Joint Merge“ eine gleichmäßige Verteilung der Fahrzeuge auf beide Spuren. Dies begünstigte ein „natürliches“ Reißverschlussverfahren am Übergang. Diese Gleichverteilung konnte bei steigendem Verkehrsaufkommen zwar nicht vollständig aufrechterhalten werden, war aber über alle Verkehrsstärken hinweg ausgeglichener als bei der Standardlösung – was auch zu weniger Spurwechseln führte.</p> <p>Eine gleichmäßige Verteilung der Fahrzeuge erhöhte vermutlich den Durchfluss beider Spuren und trug so zu einem effizienteren Design der Engstelle bei. Die gesperrte Spur wurde beim Joint Merge effizienter genutzt, da die Fahrgeschwindigkeiten sowohl bei niedrigem als auch bei hohem Verkehrsaufkommen besser gehalten werden konnten. Dies führte allerdings zu dichterem Verkehr in der Nähe der Engstelle, was wiederum die Effizienz der offenen Spur etwas verringerte. In Summe war die Gesamtleistung beider Konzepte im Hinblick auf den Durchfluss vergleichbar.</p> <p>Auch wenn keine eindeutigen Aussagen zur Gesamtkapazität getroffen werden konnten, deuten Videoaufnahmen und Spurwahldaten darauf hin, dass das Konzept von den meisten Fahrer:innen verstanden und positiv aufgenommen wurde – ein Zeichen für eine funktionierende Gestaltung. Dieses Feedback wurde auch in Gesprächen mit (potenziellen) Nutzer:innen der Joint-Merge-Konfiguration bestätigt. Zwar wurde keine formelle Befragung durchgeführt, aber es gingen Rückmeldungen von Verkehrsteilnehmenden ein, die die Maßnahme als hilfreich empfanden.</p> <p>Fazit: Das „Joint Merge“-Verkehrsführungskonzept eignet sich besonders für Baustellen mit einer Reduktion von zwei auf einen Fahrstreifen, da es die Zahl der Spurwechsel sowie aggressives Fahrverhalten reduziert und den Verkehrsfluss vor der Engstelle ordnet.</p> <p>Für die Zukunft wird weitere Forschung empfohlen – insbesondere zu ergänzender Beschilderung und Optimierung des Joint-Merge-Konzepts –, um die Verständlichkeit, Akzeptanz und Verkehrssicherheit weiter zu verbessern.</p>	
--	--	--

DYNAMIC MERGES Systems in Workzones ENTERPRISE Program (2014): <i>Dynamic Merge Systems in Work Zones – Summary Report</i> Texas A&M Transportation Institute (o. J.): <i>Dynamic Merge Control – Technical Summary</i>	<p>Dynamic Merge Systems</p> <p>Dynamische Anzeigetafeln und Beschilderung regeln in Echtzeit das Einfädelverhalten, etwa durch Aufforderung, beide Spuren bis zur Merge-Stelle zu nutzen („Use both lanes – merge here“).</p> <p><i>Beide Studien belegen, dass dynamisch gesteuerte Merge-Systeme:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • die Verkehrssicherheit in Baustellenverengungen signifikant erhöhen, • zu gleichmäßigeren Geschwindigkeitsverläufen führen, • und vor allem bei hoher Verkehrsdichte eine bessere Ausnutzung der Fahrbahnkapazität ermöglichen. <p><i>Für eine erfolgreiche Umsetzung braucht es jedoch technologische Infrastruktur, klare Kommunikation an die Verkehrsteilnehmenden und eine gute Abstimmung zwischen Verkehrsmanagement und Öffentlichkeitsarbeit.</i></p>	https://enterprise.prog.org/Projects/2010_Present/iwz/DynamicMerge_Summary_FINAL_June2014.pdf , Zugriff am 17.07.2025 https://mobility.tamu.edu/mip/strategies-pdfs/active-traffic/technical-summary/Dynamic-Merge-Control-4-Pg.pdf , Zugriff am 17.07.2025
Rümmel, N., Machate, N., & Proppe, B. (2023), Israel – Effects of highway work zone temporary countermeasures – A driving simulator study.	<p>Autobahnarbeitszonen sind mit erheblichen negativen Auswirkungen auf die Sicherheit verbunden. Die Milderung dieser Auswirkungen kann durch die Umsetzung mehrerer Gegenmaßnahmen erreicht werden. Dieses Papier verwendet kontrollierte Experimente in einem Fahrsimulator, um die Auswirkungen physischer und digitaler temporärer Verkehrskontrollen gegen die Arbeitszonen sicherheit zu untersuchen. Dazu gehören variable Nachrichtenzeichen, dynamische Geschwindigkeitsanzeigen, Rumpelstreifen und Spurbreiten. 116 Teilnehmer wurden für das Experiment rekrutiert. Es wurde ein lineares Mischeffektmodell entwickelt, um die Auswirkungen dieser Gegenmaßnahmen auf durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit und Standardabweichung der Geschwindigkeiten im erweiterten Warnbereich und in der Arbeitszone selbst zu erfassen. Die Ergebnisse zeigen, dass Rumpelstreifen, die in der Arbeitszone installiert wurden, die stärksten Geschwindigkeitsreduzierungen verursachen. Engere Fahrspuren führen zu kleineren Geschwindigkeitsreduzierungen. Im Allgemeinen waren die Auswirkungen der provisorischen Verkehrssteuerungs-Gegenmaßnahmen auf Geschwindigkeiten lokal und wurden nicht über ihre Nähe hinaus beibehalten.</p>	https://link.springer.com/article/10.1186/s12544-023-00593-2?utm.com , Zugriff am 17.07.2025
Masterarbeit Bachlmayr F. (2025), Graz - „Modellierung von Baustellenführungen am Knoten A1 – A7“	<p>Die vorliegende Masterarbeit untersucht unterschiedliche Verkehrsführungen während einer Baustelle auf einem Autobahnabschnitt in Oberösterreich.</p> <p>Die Ergebnisse zeigen, dass Szenario 1, welches die Gleichsetzung der Verkehrsströme beider Rampen verfolgt, auf der Richtungsfahrbahn Salzburg die effizienteste Verkehrsabwicklung aufweist. Allerdings kommt es durch das erhöhte Verkehrsaufkommen auf der Richtungsfahrbahn</p>	https://share.google/88bGmqYWC3JQCoVen , Zugriff am 14.07.2025

	<p><i>Wien zu einem erheblich längeren Rückstau.</i></p> <p><i>In Szenario 2 werden im Bereich der Hauptfahrbahnen der A1 die Pannenstreifen genutzt, wodurch auf Rampe 1 durchgängig zwei Fahrstreifen und auf Rampe 4 für einen Abschnitt 3 Fahrstreifen zur Verfügung stehen. Zwei Fahrstreifen der Rampe 4 werden in weiterer Folge als Hauptfahrstreifen durch die Baustelle auf der A7 geführt, wodurch es in diesem Szenario zum geringsten Rückstau auf der Richtungsfahrbahn Wien kommt.</i></p> <p><i>Szenario 3 ähnelt der ursprünglichen Verkehrsführung ohne Baustelle am meisten. Da die Pannenstreifen nicht genutzt werden, kommt es zu weniger Stau- und Aufstellfläche, wie in Szenario 2. Dennoch verhalten sich die Ergebnisse dieser beiden Szenarien ähnlich.</i></p> <p><i>Der Vergleich der Simulationsergebnisse zeigt, dass die Verkehrsführung aus Szenario 2 die leistungsfähigste Variante darstellt. Der zusätzliche Fahrstreifen auf Rampe 4 stellt eine Reserve dar, die bei entsprechender Verkehrsbelastung darüber entscheiden kann, ob sich ein Rückstau auf die A1 Richtungsfahrbahn Wien bildet oder nicht. Seitens des Betreibers gilt abzuwägen, ob die geringfügigen Kapazitätsgewinne im Vergleich zu Szenario 3 den Sicherheitsverlust durch das Fehlen des Pannenstreifens im Knotenbereich rechtfertigen.</i></p>	
<p>Ullmann et al. (2008), Texas – “STUDIES TO IMPROVE TEMPORARY TRAFFIC CONTROL AT URBAN FREEWAY INTERCHANGES AND PAVEMENT MARKING MATERIAL SELECTION IN WORK ZONES”</p>	<p>Temporäre Verkehrsführung an und in der Nähe von städtischen Autobahnkreuzen</p> <p>In diesem Projekt identifizierten die Forscher:innen eine Reihe von Problemen und Herausforderungen im Zusammenhang mit der temporären Verkehrsführung an und um städtische Autobahnkreuze. Mehrere Laborstudien wurden durchgeführt, um Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren, mit denen diese Probleme adressiert werden können. Auf Grundlage der Studienergebnisse lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Versuch, bestehende Wegweiser weiterhin zu verwenden, indem man z.B. Fahrstreifenpfeile entfernt oder abdeckt, die aufgrund von Fahrbahnverschwenkungen oder anderen temporären Änderungen nicht mehr mit den tatsächlichen Fahrstreifen übereinstimmen, verschlechtert signifikant die Fähigkeit von Fahrer:innen, rasch den richtigen Fahrstreifen für ihre Route zu erkennen. • Temporäre diagrammatische Wegweiser und/oder die Verwendung von Bodenmarkierungssymbolen, die die Fahrstreifen den jeweiligen Fahrtrichtungen zuordnen, verbessern die Fähigkeit der Fahrer:innen zur Fahrstreifenwahl in solchen Situationen erheblich. • Wenn Bodenmarkierungssymbole zu diesem Zweck verwendet werden, dann liefern Routensymbole (Route Shields) (oder alternativ Textangaben zu Route und Richtung) eine bessere Verständlichkeit und Entscheidungssicherheit für Fahrer:innen als einfache Pfeile. 	<p>https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/0-5238-2.pdf, Zugriff am 18.07.2025</p>

	<p>che Bodenpfeile, die lediglich Durchfahrt- oder Ausfahrttrichtungen anzeigen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Anbringen von Bodenmarkierungssymbolen auf allen Fahrstreifen, die auf ein Autobahnkreuz zuführen, verbessert die Fahrstreifenwahl und das Verständnis der Fahrer:innen nicht signifikant im Vergleich dazu, wenn die Symbole nur auf den Ausfahrtstreifen angebracht werden. Wenn jedoch hohe Verkehrsdichten die Sicht auf die Bodenmarkierungen für einen Großteil der Fahrzeuge behindern könnten, kann die Markierung aller Fahrstreifen notwendig sein, um sicherzustellen, dass alle Fahrer:innen zumindest teilweise Hinweise auf die korrekte Spur erhalten. Auch mehrfache Markierungssätze vor dem Knotenpunkt könnten notwendig sein, auch wenn dies in der vorliegenden Studie nicht explizit untersucht wurde. • Fahrstreifensperrungen auf Durchgangsfahrstreifen unmittelbar nach dem Abzweig von Ausfahrtsstreifen lassen sich mit den derzeit verfügbaren Vorwarnzeichen nur schwer effektiv kommunizieren, ohne sowohl Durchfahrts- als auch Ausfahrtsstreifen bereits stromaufwärts der Ausfahrt zu sperren. Solche frühzeitigen Sperrungen führen jedoch oft zu erheblichen Rückstaus, was wiederum Auffahrunfälle und andere Unfalltypen zur Folge haben kann. Wenn ein signifikanter Anteil des Verkehrs auf die Ausfahrt zielt, kann es helfen, die Sperrung der Durchgangsfahrstreifen erst nach der Ausfahrt vorzunehmen, um Stau zu reduzieren oder zu vermeiden. Studien im Rahmen dieses Projekts zeigen, dass die Verwendung von variablen LED-Anzeigen (PCMS) mit der Nachricht „RIGHT/THRU LN CLOSED“ oder ähnlichen Texten das Verständnis der Fahrer:innen in dieser Situation gegenüber der Standardbeschilderung nach MUTCD verbessert. Eine grafische PCMS-Nachricht nach dem Vorbild des texanischen „LANE BLOCKED“-Schilds könnte das Verständnis sogar noch weiter verbessern – allerdings wurde die Lesbarkeit grafischer Inhalte auf LED-Displays mit Vollmatrixanzeige in dieser Studie nicht geprüft. Dennoch bleibt das Verständnis der Fahrer:innen für diese Situation unter dem gewünschten Niveau für einen effizienten Verkehrsfluss, selbst bei Einsatz von PCMS. • Auf mehrspurigen Straßen, bei denen Fahrstreifenverschwenkungen erforderlich sind, kann die Verwendung von Kurvenschildern mit mehreren Pfeilen (entsprechend der Anzahl der Fahrstreifen) das Verständnis der Fahrer:innen für das erforderliche Fahrmanöver (nämlich im Fahrstreifen bleiben und der Kurve folgen) etwas verbessern im Vergleich zum Standardzeichen mit einem einzelnen dicken Pfeil. Zudem wird das Mehrpfeil-Format von Fahrer:innen deutlich bevorzugt gegenüber dem Einpfel-Format. <p>→ Richtlinien zur Verbesserung der temporären Verkehrsleitung an und in der Nähe von Autobahnknotenpunkten im urbanen Raum ausgearbeitet, siehe Anhang C Seite 207</p>	
--	---	--

Auswahl von Bodenmarkierungsmaterialien für Baustellenbereiche

Im Rahmen dieses Projekts untersuchten die Forscher:innen zudem eine objektive Methodik zur Auswahl des **geeignetsten Bodenmarkierungsmaterials für Baustellen**, basierend auf:

- der **Dauer** des Projekts oder der Projektphase, für die die Markierung benötigt wird,
- der **Art der Fahrbahnoberfläche**, auf der die Markierung angebracht wird, sowie
- der **Haltbarkeit** der verfügbaren Markierungsmaterialien für den Einsatz in Baustellen.

Nachfolgend sind die **wichtigsten Erkenntnisse** aus diesem Teil des Projekts zusammengefasst:

- Eine Analyse zeitbezogener Daten aus **614 Monatsberichten** ergab, dass der durchschnittliche Unterschied zwischen geschätztem und tatsächlichem Projektfortschritt **3,9 %** betrug. Das bedeutet, dass im Durchschnitt die Projekte um 3,9 % mehr Arbeitsfortschritt aufwiesen, als vertraglich vorgesehene Zeit verstrichen war. Die **Schwankungsbreite** war jedoch beträchtlich: Sie reichte von **-90 % bis +150 %**. Manche Projekte waren deutlich im Verzug oder dem Plan voraus, aber insgesamt verliefen die meisten wie erwartet. Statistisch entsprach diese Schwankung einer **Standardabweichung von 25,9 %**. Es konnten **keine klaren Zusammenhänge** zwischen diesen Abweichungen und der Projektdauer oder dem Arbeitstyp festgestellt werden.
- Auf Basis von **NTPEP-Daten** und anderen Quellen zur Leistungsfähigkeit von Bodenmarkierungen konnten die Forscher:innen **Nutzungsdauermodelle** für verschiedene Markierungsmaterialien entwickeln. Diese basieren auf der **Fahrbahnoberfläche**, dem **durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (ADT)** und der **Materialart**. Auch die **Streuung der Lebensdauer** wurde modelliert.
- Die **Gesamtkosten** für verschiedene Bodenmarkierungsmaterialien wurden unter Berücksichtigung von Oberflächenart, Projektdauer und ADT mithilfe einer **Monte-Carlo-Simulation** geschätzt. Dabei wurden die **Schwankungen** in Projektdauer, Lebensdauer der Markierungen und Materialkosten explizit einbezogen. Die Ergebnisse ermöglichen es den Forscher:innen, **kosteneffiziente Empfehlungen** zur Materialwahl für jede Kombination dieser Bedingungen abzugeben.
- Die Monte-Carlo-Analyse ermöglichte zudem eine **Bewertung der Unsicherheit** in Bezug auf die empfohlenen Materialien. Daraus wurden zusätzliche Empfehlungen abgeleitet – etwa für Entscheidungsträger:innen, die eine **liberalere (optimistischere)** oder **konservativere (vorsichtigere)** Herangehensweise bevorzugen, z.B. bei erwarteter besserer o-

	<p>der schlechterer Markierungsleistung bzw. Projektdauer.</p> <ul style="list-style-type: none"> Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass temporäre Klebebänder (temporary tapes) nicht empfohlen werden – aufgrund hoher Kosten und geringer Leistung. Einzig in Anwendungen auf finalen Fahrbahnoberflächen, bei denen keine Knöpfe oder reflektierende Markierungen (RRPMs) verwendet werden können und die Linienführung nur temporär ist, kann Klebeband die praktikabelste Lösung darstellen. <p>→ Leitfaden mit Empfehlungen zur Auswahl von Bodenmarkierungen sowie weiteren zu berücksichtigenden Faktoren siehe Anhang D, Seite 211</p>	
Smart Work Zone Deployment Initiative (2018) , Wisconsin – “Orange Work Zone Pavement Marking Midwest Field Test”	<p>Dieser Bericht wurde von der University of Wisconsin-Madison unter der Leitung von Madhav V. Chitturi erstellt und vom Wisconsin Department of Transportation (WisDOT) unterstützt. Untersucht wurde der Einsatz von orangefarbenen Bodenmarkierungen in Baustellenbereichen, insbesondere bei Spurverschwenkungen und schwierigen Fahrmanövern. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass orange Markierungen die Sichtbarkeit erhöhen und die Fahrerakzeptanz verbessern können, insbesondere in komplexen Verkehrssituationen.</p>	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/66550/dot_66550_DS1.pdf , Zugriff am 15.07.2025
Gambatese et al. (2023) , Oregon – “Best Practices for Work Zone Safety During Traffic Control Setup and Removal”	<p>Die Studie beschäftigt sich mit der sicheren Einrichtung und dem Rückbau von Baustellenverkehrsführungen („Work Zones“) auf Autobahnen und anderen Straßen. Im Fokus stehen die praktischen Vorgehensweisen zur Anordnung von Verkehrszeichen, Bodenmarkierungen und sonstigen Absicherungsmaßnahmen, die sowohl den Schutz der Arbeiter:innen als auch die Sicherheit und den Verkehrsfluss der Verkehrsteilnehmer:innen gewährleisten sollen.</p> <p>Die Forschenden empfehlen den praktischen Einsatz der drei Maßnahmen – elektronische Leuchtsignale (flares), PCMS (Portable Changeable Message Signs, tragbare, veränderbare Nachrichtentafeln) und Radarspeed-Anzeigen – im Feldversuch. Diese Maßnahmen sollten stromaufwärts der Warnzeichen („RWA signs“) platziert werden und die ersten sein, die im Zuge der Verkehrslenkung aufgestellt werden. In Kombination helfen sie, die Aufmerksamkeit der Fahrer:innen zu erhöhen und sie auf die weiteren Verkehrslenkungsmaßnahmen stromabwärts hinzuweisen. Beim Abbau der Verkehrslenkung sollten diese zusätzlichen Maßnahmen als letzte entfernt werden. Es wird empfohlen, die Verkehrslenkungsrichtlinien der ODOT entsprechend zu aktualisieren und die Verwendung sowie die Positionierung dieser zusätzlichen Einrichtungen aufzunehmen.</p>	https://www.oregon.gov/odot/Programs/ResearchDocuments/SP_R839_WZ-Traffic-Control-Setup-and-Removal-Part2.pdf?utm.com , Zugriff am 15.07.2025
Banerjee et al. (2019) , Washington DC – “Impact of Work Zone Signage on Driver Speeding Behavior: A Driving Simulator	<p>Diese Studie untersuchte den Einfluss von Beschilderungen in Baustellenbereichen auf das Geschwindigkeitsverhalten von Fahrer:innen unter Verwendung eines hochrealistischen Fahrsimulators. Eine ANOVA-Analyse zeigte, dass die anfänglichen Schilder vor Beginn der Baustelle nur dann wirksam sind, wenn sie durch nachfolgende Schilder ergänzt werden, die zu einer allmäh-</p>	https://workzonesafety.org/publication/impact-of-work-zone-signage-on-driver-speeding-behavior-a-driving-simulator-

Study, transportation Research Board"	<p>lichen Reduktion der Geschwindigkeit führen. Die durchschnittlichen Geschwindigkeiten in der Kontrollsituation – also ohne jegliche Beschilderung – zeigen, dass die im Rahmen dieser Studie getesteten Schilder tatsächlich wirksam sind, um die Geschwindigkeit der Fahrzeuge in der Baustelle zu senken.</p> <p>Unter den getesteten Maßnahmen erwiesen sich Hinweisschilder auf Geschwindigkeitsüberwachung mit Kamera („speed photo enforced signs“) als am effektivsten – im Vergleich zu dynamischen Geschwindigkeitsanzeigesystemen (DSDS) und reduzierten Tempolimitschildern –, wenn es darum geht, die Geschwindigkeit in Baustellenbereichen zu verringern. Eine t-Test-Analyse ergab außerdem, dass weibliche Versuchspersonen bei Vorhandensein von kameragestützten Geschwindigkeitskontrollen tendenziell stärker abbremsen.</p> <p>Die Autor:innen schlagen vor, insbesondere in Hochgeschwindigkeitsbaustellen – etwa in Tunnels, wo das Baustellenpersonal besonders gefährdet ist – Geschwindigkeitsüberwachungskameras zusammen mit geeigneter Beschilderung zu installieren.</p> <p>Zukünftige Studien sollten die Wirkung einer Kombination von kameragestützten Geschwindigkeitskontrollschildern und DSDS in Baustellenbereichen untersuchen und die Ergebnisse mit realen Verkehrsdaten validieren.</p>	study/?utm.com , Zugriff am 15.07.2025
Dissertation: Köhler, B. (2017), Karlsruhe – „Auswirkungen der Wahrnehmung von Markierungskonstellationen auf das Fahrverhalten in Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen“	<p>Diese Dissertation befasst sich mit der subjektiven Wahrnehmung und dem objektiven Fahr- und Blickverhalten in Abhängigkeit von der Markierungskonstellation in Arbeitsstellen längerer Dauer (AID) auf Bundesautobahnen (BAB). Gelbe Markierung zeigt in AID die geänderte Verkehrsführung an. Die dauerhaft weiße Markierung wird meist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und des Bauablaufs nicht vor der Einrichtung von AID entfernt bzw. bereits unmittelbar nach dem Ende der Arbeiten auf die Fahrbahn aufgebracht. Dadurch entstehen Markierungskonstellationen aus gelber und weißer Markierung, die sich ungünstig auf das Fahrverhalten und dadurch auch auf die Verkehrssicherheit auswirken. Mit einem dreistufigen Untersuchungskonzept, bestehend aus einer Online-Befragung, Probandenfahrten mit einem Versuchsfahrzeug und mehreren Fahrsimulationen, wird die Wahrnehmung sowie das Fahr- und Blickverhalten in AID auf BAB analysiert.</p> <p>In der Online-Befragung wird zwar angegeben, dass die Markierungskonstellation keinen Einfluss auf das Fahrverhalten hat, beim objektiv gemessenen Fahrverhalten wird jedoch ein Einfluss nachgewiesen: Liegt in der linken Hälfte des Fahrstreifens weiße ungültige Markierung, so wird weiter rechts gefahren. Weiße ungültige Markierung in der rechten Fahrstreifenhälfte führt dazu, dass weiter links gefahren wird. Je näher die weiße ungültige an der gelben gültigen Markierung liegt, desto größer ist deren Einfluss auf die Position im Fahrstreifen. Auch im Blickverhalten ist nachweisbar, dass die ungültige weiße Markierung häufiger fixiert wird als die gültige gelbe Markierung. Parallel zu unterschiedlichen Markierungskonstellationen wird</p>	https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000068212 , Zugriff am 18.07.2025

	<p>auch die Wirkungsweise verschiedener für sich liegender Markierungen sowie von transportablen Schutzeinrichtungen erhoben.</p> <p>Die gewonnenen Erkenntnisse sind in einem Modellansatz zusammengeführt, der es ermöglicht, in Abhängigkeit von den eingesetzten Arbeitsstellen-elementen die Position im Fahrstreifen abzuschätzen. Es besteht aber weiterer Forschungsbedarf, um die genauen Einflussgrößen der Arbeitsstellenelemente bestimmen und quantifizieren zu können. Liegt das Modell mit den wesentlichen Kenngrößen vor, kann bereits vor Einrichtung einer ALD die wahrscheinliche durchschnittliche laterale Position der Fahrzeuge ermittelt werden. Damit können Gefährdungspotenziale durch ungünstiges Fahrverhalten minimiert und ein Beitrag zur Verkehrssicherheit geleistet werden.</p>	
<p>Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrs-wesen (2025), Bergisch Gladbach – „Ver-flechtungsstrecken zwischen Knotenpunk-ten an Autobahnen“</p>	<p>In der Untersuchung wurden der Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit von Verflechtungsstrecken zwischen Knotenpunkten an Autobahnen empirisch analysiert. Grundlage der Analysen bildeten Daten von Dauerzählstellen, Floating Car Data und Fahrzeugtrajektorien aus drohnenbasierten Videoerhebungen sowie Unfalldaten von Verflechtungsstrecken mit unterschiedlichen baulichen und verkehrstechnischen Randbedingungen. Im Ergebnis der Analyse des Verkehrsablaufs zeigte sich, dass Verflechtungsstrecken eine hohe Kapazität aufweisen. Dabei konnte ein Einfluss der Verflechtungslänge auf die Kapazität für dreistufige Verflechtungsstrecken vom Typ V 1 ermittelt werden. Anhand der Ergebnisse der Verkehrserhebungen wurde festgestellt, dass ein- und ausfahrende Fahrzeuge die zur Verfügung stehende Verflechtungslänge für den notwendigen Fahrstreifenwechsel grundsätzlich ausnutzen. Jedoch wird der notwendige Fahrstreifenwechsel – unabhängig von der Verflechtungslänge – größtenteils bereits bis 200 m vor dem Ende der Blockmarkierung durchgeführt.</p> <p>Aus den Erkenntnissen zum Verkehrsablauf und zum Unfallgeschehen wurden ein Kapazitätsmodell für Verflechtungsstrecken des Typs V 1 entwickelt sowie Empfehlungen für die Entwurfsgestaltung und die verkehrstechnische Bemessung von Verflechtungsstrecken abgeleitet.</p>	<p>https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/3162/file/V401+Gesamtversion+BA.pdf, Zugriff am 18.07.2025</p>

Allgemeine Rechercheergebnisse zu Baustellen (A, DE)

Titel (Herausgeber, Datum)	Region Land	Kernaussagen Zahlen	Link Fundstelle
Häufige Fragen rund um Baustellen ASFINAG	Österreich	<p><i>Die Geschwindigkeiten im Baustellenbereich müssen immer den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen, kurz RVS (nicht frei zugänglich, zu erwerben unter: https://www.fsv.at/shop/produktliste.aspx?ID=76b8e427-d3b2-4c25-8baa-00ae618e258e), entsprechen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Gemäß diesen Vorschriften ist bei einer Fahrstreifenreduktion immer eine Geschwindigkeitsbeschränkung erforderlich.</i> <i>Des Weiteren dient eine Geschwindigkeitsbeschränkung dem Schutz des Baustellenpersonals welches oft Tätigkeiten in der Nähe von Absicherungen durchführt.</i> <p><i>Zudem wird dadurch auch die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer:innen innerhalb der Baustellenverkehrsführungen gewährleistet</i></p> <p><i>Untersuchungen haben ergeben, dass eine Baustellenlänge von ca. 10 km für Autofahrer:innen durchaus akzeptabel ist und mehr Sinn macht als 2 oder 3 Baustellen zeitlich hintereinander.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Eine längere Baustelle ist wirtschaftlicher als mehrere kleine.</i> <i>Manchmal bestimmen topografische Verhältnisse die Länge einer Baustelle.</i> <i>Wir richten bei jeder Baustelle eine Wiederaufbereitungsanlage für das Abrissmaterial ein. Bei einer längeren Baustelle bleibt diese und auch das Material vor Ort. Das spart vor allem den Baustellen-Fahrzeugen Zeit, da sich die Anlage samt Material vor Ort befindet.</i> <p><i>Es wird versucht, den Verkehrsfluss so wenig wie möglich durch unsere Baustellen zu beeinträchtigen und Staus zu verhindern. Daher möchten wir die Anzahl der Fahrstreifen möglichst beibehalten. Die Fahrspuren selbst müssen hierfür jedoch eingeengt werden. Grundsätzlich wird dem Lkw der rechte Fahrstreifen mit 3,25 m und dem Pkw der zweite bzw. linke Fahrstreifen mit 2,75 m zur Ver-</i></p>	https://www.asfinag.at/bauen-erhalten/faqs-baustellen/ , 14.07.2025

		<p>fügung gestellt. Die Angabe "2,10 m" für den linken Fahrstreifen im Baustellenbereich bedeutet, dass das Befahren für Lkw, Busse und breitere Pkw nicht möglich und somit nicht erlaubt ist. Tatsächlich ist der mit 2,10 m gekennzeichnete Fahrstreifen jedoch etwas breiter. Dies ist notwendig, damit zwei Kraftfahrzeuge nebeneinander fahren können ohne sich zu „berühren“.</p> <p>Die Länge einer Absperrung ist von mehreren Faktoren abhängig:</p> <ul style="list-style-type: none"> Der Verkehr muss vor und nach der Baustelle sicher auf- und abgeleitet werden. Wir informieren Fahrer:innen schon früh mit Hinweisen zur Baustelle, damit sie sich rechtzeitig auf die Situation auf der Straße einstellen können und sicher durch die Baustelle geführt werden. Vor dem eigentlichen Baubereich setzen wir immer einen Sicherheitsbereich von mindestens 100 Metern. Dieser dient der Sicherheit der Arbeiter:innen, sollte etwa ein Fahrzeug beim Schwenk in den Baustellenbereich von der Fahrbahn abkommen. Längere Absperrungen sind aber auch dann notwendig, wenn innerhalb eines bestimmten Streckenabschnitts Arbeiten „wandern“ und ein Verlegen der Absperrung unter Verkehr schwierig, riskant oder nicht möglich ist. Darunter fallen zum Beispiel kleine Ausbesserungsarbeiten oder auch Mäharbeiten. 	
Viele Baustellen, ein Ziel: mehr Sicherheit, bessere Verfügbarkeit ASFINAG Blog April 2025	Österreich	<p>Konkrete Kriterien der Baustellenplanung:</p> <p>Gesamtlänge aller Baustellen: Die maximale Länge von Baustellen ist mit 20 Kilometer pro 100 Kilometer Strecke beschränkt. Das entspricht einem 5-Minuten-Zeitverlust bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeitsreduzierung durch Baustellen.</p> <p>Durchgängige Länge einer Baustelle: Die maximale, durchgehende Länge einer Baustelle beträgt 10 Kilometer.</p> <p>Anzahl an Baustellen: Die maximale Anzahl von Baustellen ist mit 5 wesentlichen Baustellen auf 100 Kilometer Strecke beschränkt.</p>	https://blog.asfinag.at/auf-der-autobahn/viele-baustellen-ein-ziel/ , Zugriff am 14.07.2025
Geschwindigkeitsüberschreitung in der Baustelle März 2025	Deutschland	<p>Schilder und Markierungen in und vor Baustellen</p> <p>Vor der Einfahrt in einen Baustellenbereich wird rechtzeitig durch Beschilderung auf die nahende Baustelle verwiesen. Auf der Autobahn findet sich dann häufig das Baustellenschild in Kombination mit einem Schild, das die Entfernung bis zur</p>	https://www.bussgeldkatalog.net/baustelle/#allow , Zugriff am 16.07.2025

		<p>Baustelleneinfahrt angibt.</p> <p>Hinzu kommen gegebenenfalls auch Fahrbahnschilder, die die Sperrung einer Fahrspur oder einer ganzen Straße ankündigen und zum rechtzeitigen Spurwechsel auffordern – bzw. Umleitungen empfehlen.</p> <p>Vor der Baustelleneinfahrt wird zudem die Geschwindigkeitbegrenzung schrittweise herabgesenkt. In der Regel sind bei Baustellen auf der Autobahn Begrenzungen von 60 bzw. maximal 80 Stundenkilometern aufgestellt.</p> <p>Ein wichtiger Aspekt ist, dass die Fahrbahnen im Baustellenbereich meist schmäler sind als üblich: Die rechte Fahrspur ist bis zu 3,25 Meter, die linke bis 2,50 Meter breit. Zu beachten ist dann die gelbe, zeitlich begrenzt gültige Fahrbahnmarkierung. Die ursprüngliche, weiße Fahrbahnmarkierung ist während des Bestehens der Baustelle ungültig. Zusätzlich zu den Straßenmarkierungen können auch Betonbegrenzungen oder Baken aufgestellt sein.</p>	
Mehr Sicherheit in Baustellen auf Bundesautobahnen April 2012	Deutschland	<p>Im Einzelnen werden folgende Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in Autobahnbaustellen empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baustellen sind nach den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen (RSA) so einzurichten, dass sie mit einer Regelgeschwindigkeit von 80 km/h befahren werden können. • Neue Pkw sind inklusive Außenspiegeln inzwischen überwiegend breiter als 2,0 m. Um einen sicheren Betrieb einer Baustelle bei 80 km/h zu gewährleisten, soll die Mindestbreite linker Fahrstreifen daher 2,70 m, in Ausnahmen 2,60 m betragen. Rechte Fahrstreifen sollen mindestens 3,25 m breit sein. • Wenn diese Mindestbreiten nicht einzuhalten sind, ist eine geringer zulässige Höchstgeschwindigkeit von maximal 60 km/h anzugeben. • Die Empfehlung zum versetzten Fahren kann zusätzlich zu einer Sicherheitsverbesserung beitragen. • Am Baustellenbeginn sollen verstärkt Überwachungsmaßnahmen zur Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit durchgeführt werden. Die Überwachungsstandorte sollten gut erkennbar sein und im Vorfeld angekündigt werden. • In besonderen Gefahrenbereichen, die erhöhte Anforderungen an die Fahr-aufgaben erfordern, sollte fluoreszierende gelbgrüne Reflexfolien der Ret-oreflexionsklasse RA3 als Grundfolie verwendet werden. Zu diesen Gefah- 	https://www.dvr.de/politik/beschluesse/mehr-sicherheit-in-baustellen-auf-bundesautobahnen , Zugriff am 14.7.2025

		<p>renbereichen zählen z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - der Baustellenbeginn, wenn in einer Überleitung die Fahrstreifen mit einem von den RSA abweichenden Maß verschwenkt werden, - Fahrstreifenüberleitungen mit starkem Querneigungswechsel, - extreme Fahrstreifenverschwenkungen und Engstellen innerhalb der Baustelle. <ul style="list-style-type: none"> • Im gesamten Baustellenbereich sollen Pfeilbaken zum Einsatz kommen. • Bei Überleitungen und Verschwenkungen soll die Mittelmarkierung aufgeweitet werden. • Weisse Markierungslinien sind bei der Baustelleneinrichtung zu entfernen bzw. bei neuen Fahrbahnen erst nach dem Ende des Bauzeitraums aufzutragen. • Innerhalb von Baustellen sollten Beschleunigungs- und Verzögerungsstreifen immer in ausreichender Länge eingerichtet werden. • Das Baustellenende sollte mit einer stufenweisen Aufhebung der Geschwindigkeitsbeschränkung sowie einer gleichzeitigen Verlängerung der Überholverbote für den Schwerverkehr verbunden sein 	
Verkehrssicherheits- und Verkehrsablaufuntersuchungen in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen in Deutschland Mai 2012	Deutschland	<p>Die Verkehrsablaufanalysen führen zu folgenden wesentlichen Erkenntnissen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsstellen mit 3+1-VF haben eine größere Kapazität als 4+0-Arbeitsstellen. Insbesondere bei SV-Anteilen über 15 % ermöglichen 3+1-Arbeitsstellen eindeutlich höheren maximalen Durchsatz. • Die Kombination aus Längsneigung, Fahrstreifenbreite und SV-Anteil beeinflussen die Kapazität maßgeblich. Auf schmalen Fahrbahnen ist die Kapazität niedriger als auf breiten Fahrbahnen. Ein wesentlicher Einfluss der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf die Kapazität kann nicht festgestellt werden. • Es ist möglich, die Eintrittswahrscheinlichkeit von Verkehrszusammenbrüchen nach der Product Limit-Methode mit Weibullverteilung analog zum Vorgehen auf Autobahnstreckenabschnitten für Arbeitsstellen zu übernehmen. • Im Zulauf erweist sich das sogenannte modifizierte Reißverschlussverfahren als geeignet, um die Auslastung des im weiteren Verlauf einzuhaltenden 2. Überholfahrstreifens zu verbessern. • An Einfahrten mit langen Beschleunigungsstreifen kommt es zu einem erheblich höheren Anteil an Einfahrvorgängen ohne auslösendes Störmanöver auf der durchgehenden Hauptfahrbahn. • Bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h wird zwar im Mit- 	https://core.ac.uk/download/pdf/36431635.pdf , Zugriff am 14.07.2025

		<p><i>tel langsamer gefahren als bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h, die mittleren Geschwindigkeitsübertretungen sind aber höher. Auf schmalen Fahrstreifen wird deutlich langsamer gefahren als auf breiteren Fahrstreifen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><i>Aufgebrachte Trennlinsen erhöhen den seitlichen Abstand zwischen den Fahrzeugen beim Durchfahren der Überleitung.</i> <p><i>Im Zuge der Arbeitsstellendurchfahrt ist eine deutliche Tendenz der Fahrzeuge zum rechten Fahrstreifen festzustellen, welche sich mit zunehmender Baustellenlänge noch weiter verstärkt.</i></p>	
--	--	---	--

Das Policy Lab wird gefördert aus den Mitteln des Programms „Mobilität der Zukunft“ – eine Initiative des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI).